Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University
Journal of Watershed Management Research, Vol. 16, Issue 1, 2025 p: 43-58
OPEN ACCESS

Research Paper

Hydromorphological Comparison of the Pahnehkola River in Iran and the Hardau River in Germany Using the River Structural Quality Classification Method (LAWA-OS)

Asal Abbaspour[1], Mohsen Masoudian[2], Klaus Rottcher[3] and Niayesh Fendereski[4]

1- M.Sc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran,
(Corresponding author: Mohsen_masoudian@yahoo.com)
3- Professor, Faculty of Civil Engineering, Ostfalia University of Applied Sciences, Suderburg, Germany
4- Ph.D. in Water Structures, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 30 April 2024 Revised: 02 August 2024 Accepted: 17 August 2024

Extended Abstract

Background: Improving the hydromorphological conditions of a river is a very important issue in the sustainable management of rivers. In December 2000, the European Union Framework Directive (WFD) was presented and published in the official journal (OJL327), and the most appropriate way to achieve this goal has been left to the discretion of the EU member states. A guideline published in Germany in 2000 by the Water Management Group for small to medium-sized rivers was developed as the River Structural Quality Classification Method (LAWA-OS) in the framework of the WFD. A review of previous studies indicates that the LAWA-OS method in domestic studies has been done in the form of evaluating only one river, but in this research, two Pehnehkola and Hardau rivers were compared with each other. The mentioned method has also been investigated on large rivers in Iran with a high width and flow. This research aims to investigate the "Structural Quality Classification of Rivers in Germany (LAWA-OS)" method and to compare the hydromorphological status of the Hardau River in Germany and the Pahnehkola River in Iran.

Methods: The River Structure Classification Method in Germany (LAWA-OS) examines the damage and negative changes caused by human factors over time. The evaluation of the mentioned method consists of four stages. The first stage is data collection and preparation of basic maps, such as a topography map, a soil science map, and a land use map. The mentioned information for the Pahnehkola River was obtained from the Sari City Regional Water Company and the General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Mazandaran Province. The topographic map of the Hardau River was prepared from the Topografic-Map.Com website. The second step is to determine the range and its type, which according to the location of the Pahnehkola River in the mountains and the Hardau River in the plains, the range type was determined and 1 km from both rivers was selected and divided into 100 m intervals. The third stage is a field visit. The forms related to the LAWA-OS method are filled by visiting the left and right banks and river elements. A set of 25 individual parameters is available in six groups from the main parameter in the mentioned form. The fourth step is to evaluate the results. Determining the river class is a process to evaluate it, and it is classified into five classes, which are calculated according to the points assigned to each parameter, and the structural quality class of the river is determined in the end. The final evaluation includes two evaluation parts based on functional units (the performance of individual parameters with a specialized evaluation of the water zone structure by an expert) and index-based evaluation (the performance of individual parameters based on index values). If the difference in the two evaluations is greater than one structural class, re-examination to determine the existing errors is on the agenda.

Results: The evaluations showed that the highest negative degradation score in the Hardau River belonged to individual parameters of flow curvature, special bank cover, special flow structures, depth changes, the type of river profile, and variety of bed materials. The parameters that are almost natural in the Hardau River are profile depth, width erosion, and land use, respectively. Except for the mentioned parameters, there are several parameters in the Hardau River in a completely natural state. In the studied area of the Hardau River, there was no transverse structure either in the bed or in its body. In this regard, the individual parameter of water return was not

Copyright ©2025 Abbaspour et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

observed in any of the studied sections of the Hardau River. Individual parameters related to land use also have a low destruction score because the boundaries of the river are completely free and there are no factories, garbage, paved surfaces, or even flood protection structures in the river floodplain. In the Pahnehkola River, the highest negative degradation score belonged to the individual parameters of the special bank structure, profile depth, and width erosion, respectively. The single parameters that received the minimum destruction score in the Pahnehkola River are the vegetation cover of the river bank, land use, and the border around the river. Moreover, the individual parameters of the transverse structure, water return, piping, changes in the flow path, bed materials, bed cover, and specific cases of land use in the Pahnehkola River have not been affected by human interference.

Conclusion: The results of the present research indicate that the Hardau River with a score of 2.53 has slightly changed in the structural classification, and the Pahnehkola River with a score of 1.71 is classified structurally without changes. According to the results evaluated in Hardau and Pahnehkola Rivers, the Pahnehkola River has a more natural hydromorphological condition than the Hardau River. The reason for the placement of the Hardau River in a slightly changed structural layer can be the ease of access to the river and the use of nearby agricultural lands, which have caused human interference in disrupting the natural structure of the river.

Keywords: Human interventions, Hydromorphology, Revival of rivers, River basin management, Waterbody

How to Cite This Article: Abbaspour, A., Masoudian, M., Rottcher, K., & Fendereski, N. (2025). Hydromorphological Comparison of the Pahnehkola River in Iran and the Hardau River in Germany Using the River Structural Quality Classification Method (LAWA-OS). *J Watershed Manage Res*, 16(1), 43-58. DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

مقاله پژوهشی

مقایسه هیدرومورفولوژیکی رودخانه پهنه‌کلا در ایران و رودخانه هاردائو در آلمان به‌روش طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه (LAWA-OS)

عسل عباسپور[۱]، محسن مسعودیان[۲]، کلاوس راچر[۳] و نیایش فندرسکی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،
(نویسنده مسوول: Mohsen_masoudian@yahoo.com)
۳- استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علوم کاربردی اوستفالیا، زودربورگ، آلمان
۴- دکتری سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۸
صفحه۴۳ تا ۵۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بهبود شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه یک امر بسیار مهم در مدیریت پایدار رودخانه‌ها است. در دسامبر سال ۲۰۰۰، دستورالعمل چهارچوب اتحادیه اروپا (WFD) ارائه و در مجله رسمی (OJL327) منتشر شد و مناسب‌ترین شیوه برای رسیدن به این هدف به اختیار دولت‌های عضو اتحادیه اروپا واگذار گردیده است. دستورالعمل منتشرشده در آلمان در سال ۲۰۰۰ توسط گروه مدیریت مسائل آب برای رودخانه‌های کوچک تا متوسط، با عنوان روش طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه (LAWA-OS) در چهارچوب WFD تهیه شد. مرور مطالعات پیشین حاکی از آن است که روش LAWA-OS در پژوهش‌های داخلی پیش از این به صورت ارزیابی تنها یک رودخانه انجام شده‌است اما در این پژوهش، دو رودخانه پهنه‌کلا و هاردائو با یکدیگر مقایسه شدند. هم‌چنین، روش مذکور در ایران بر روی رودخانه‌های بزرگ با عرض و دبی زیاد بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی روش "طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه در آلمان (LAWA-OS)" و مقایسه وضعیت هیدرومورفولوزی رودخانه‌های هاردائو در آلمان و پهنه‌کلا در ایران است.

مواد و روش‌ها: روش طبقه‌بندی ساختار رودخانه در آلمان (LAWA-OS) به بررسی آسیب‌ها و تغییرات منفی ایجادشده توسط عوامل انسانی در طول زمان می‌پردازد. ارزیابی روش ذکرشده شامل چهار مرحله است. مرحله اول جمع‌آوری داده و تهیه نقشه‌های پایه مانند نقشه توپوگرافی، نقشه خاکشناسی و نقشه کاربری اراضی است. اطلاعات مذکور برای رودخانه پهنه‌کلا از شرکت سهامی آب منطقه‌ای مازندران و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مازندران اخذ شد. نقشه توپوگرافی رودخانه هاردائو از وبسایت Topografic-Map.Com تهیه شد. مرحله دوم تعیین بازه و تیپ آن است، که با توجه به قرارگیری رودخانه پهنه‌کلا در کوهستان و رودخانه هاردائو در دشت تیپ بازه تعیین شده و یک کیلومتر از هر دو رودخانه انتخاب و به بازه‌های ۱۰۰ متری تقسیم شدند. مرحله سوم بازدید میدانی است. پرسشنامه‌های مربوط به‌روش LAWA-OS با بازدید از سواحل چپ و راست و عناصر رودخانه‌ها پر می‌شوند. مجموعه‌ای از ۲۵ پارامتر منفرد در شش گروه از پارامتر اصلی در پرسشنامه ذکرشده موجود است. مرحله چهارم ارزیابی نتایج است. تعیین کلاس رودخانه روندی برای ارزیابی آن است و در پنج کلاس طبقه‌بندی می‌شود که با توجه به امتیازات تعلق‌گرفته به هر پارامتر امتیاز کل محاسبه شده و در نهایت کلاس کیفیت ساختاری رودخانه، تعیین می‌شود. ارزیابی نهایی شامل دو بخش ارزیابی براساس واحدهای عملکردی (عملکرد پارامترهای منفرد با ارزیابی تخصصی ساختار پهنه‌آبی توسط کارشناس) و ارزیابی مبتنی بر شاخص (عملکرد پارامترهای منفرد بر اساس مقادیر شاخص) می‌شود. اگر اختلاف در دو ارزیابی صورت گرفته بیشتر از یک کلاس ساختاری باشد، بررسی مجدد به‌منظور تعیین خطاهای موجود در دستور کار قرار می‌گیرد.

یافته‌ها: ارزیابی‌ها نشان دادند که در رودخانه هاردائو بیشترین امتیاز تخریبی منفی به‌ترتیب مربوط به پارامترهای منفرد انحنای جریان، پوشش کناره‌ی ویژه، ساختارهای ویژه‌ی جریان،تغییرات عمق، نوع پروفیل رودخانه و تنوع مواد بستر بود. پارامترهایی که در رودخانه هاردائو در حالت تقریباً طبیعی قرار دارند به‌ترتیب عبارتند از عمق پروفیل، فرسایش در عرض و کاربری اراضی. به‌جز پارامترهای ذکرشده، چند پارامتر در رودخانه هاردائو به‌حالت کاملاً طبیعی وجود دارند. در محدوده مورد مطالعه از رودخانه هاردائو، هیچ سازه‌ی عرضی نه در بستر و نه در بدنه آن وجود نداشت. در این راستا، پارامتر منفرد برگشت آب نیز در هیچ‌کدام از بخش‌های مورد مطالعه از رودخانه‌ی هاردائو مشاهده نشد. پارامترهای منفرد مرتبط با کاربری اراضی نیز دارای امتیاز تخریبی کمی هستند چرا که حد و حریم رودخانه کاملا آزاد است و هیچ‌گونه کارخانه، زباله، سطوح سنگفرش‌شده و حتی سازه‌های محافظت در برابر سیل در دشت سیلابی رودخانه وجود ندارد. در رودخانه پهنه‌کلا، بیشترین امتیاز تخریبی منفی به‌ترتیب مربوط به پارامترهای منفرد ساختار کناره ویژه، عمق پروفیل و فرسایش در عرض بود. پارامترهای منفردی که امتیاز تخریبی کمینه را در رودخانه پهنه‌کلا به‌خود اختصاص دادند عبارتند از پوشش‌گیاهی ساحل رودخانه، کاربری اراضی و حاشیه اطراف رودخانه. همچنین، پارامترهای منفرد سازه‌ی عرضی، برگشت آب، لوله‌گذاری، تغییرات مسیر در گذر جریان، مواد بستر، پوشش بستر و موارد خاص کاربری اراضی در رودخانه پهنه‌کلا تحت تاثیر دخالت‌های انسان قرار نگرفته‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که رودخانه هاردائو با امتیاز ۲/۵۳ در طبقه‌بندی ساختاری کمی تغییریافته و رودخانه پهنه‌کلا با امتیاز ۱/۷۱ به لحاظ ساختاری در طبقه‌بندی بدون تغییرات قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج ارزیابی شده در رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا، رودخانه پهنه‌کلا وضعیت هیدرومورفولوژیکی طبیعی‌تری نسبت به رودخانه هاردائو دارد. دلیل قرارگرفتن رودخانه‌ی هاردائو در طبقه ساختاری کمی تغییریافته می‌تواند سهولت دسترسی به رودخانه و کاربری زمین‌های کشاورزی مجاور باشد که موجب ایجاد دخالت‌های انسان در به هم‌زدن ساختار طبیعی رودخانه شده‌است.

واژه‌های کلیدی: باززنده‌سازی رودخانه‌ها، پهنه‌آبی، مداخلات انسانی، مدیریت حوضه رودخانه، هیدرومورفولوژی

مقدمه

فعالیت‌های انسانی به‌طور فزاینده‌ای اکوسیستم‌های آب شیرین را در سطح جهان تحت‌فشار قرار داده‌اند، به‌طوری‌که رودخانه‌های ناسالم به‌طور موثر قادر به برآورده کردن نیازهای اکوسیستم در حوضه نیستند (Dalu *et al.*, 2022). این فشارها با تأثیرات منفی شدید بر عملکرد اکوسیستم‌های مرتبط و کیفیت آب، خصوصیات هیدرومورفولوژی رودخانه‌ها را تحت‌تاثیر قرارداده‌اند. بنا بر این، بهبود شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه یک امر بسیار مهم در مدیریت پایدار رودخلنه‌ها است و یافتن راه‌حل‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

مناسب جهت ارزیابی شرایط پهنه‌های آبی[1] گامی مثبت در جهت احیای رودخانه‌ها است (Del Tánago *et al.,* 2021). در قرن ۱۸ پس از انقلاب صنعتی در اروپا وضعیت رودخانه‌ها به‌خطر افتاد و فشارهای زیادی ناشی از فعالیت‌های انسانی بر آن‌ها وارد شد؛ تا سال ۱۹۹۰ میلادی حفاظت از اب عمدتاً به کیفیت آب ربط داده می‌شد. پس از آن در دسامبر سال ۲۰۰۰، دستورالعمل چهارچوب اتحادیه اروپا (WFD[2]) ارائه و در مجله رسمی (OJL327) منتشر شد و از آن روز لازم‌الاجرا شناخته شد (Voulvoulis *et al.,* 2017). دستورالعمل چهارچوب آب بیان می‌دارد که شرایط مطلوب آب‌های سطحی و جوامع آبزی تحت تأثیر سه عامل عناصر بیولوژیکی، فیزیوشیمیایی و هیدرومورفولوژی است. دستورالعمل چهارچوب آب یک هدف مشخص را بیان می‌دارد و مناسب‌ترین شیوه برای رسیدن به این هدف به اختیار دولت‌های عضو اتحادیه اروپا واگذار گردیده است. به این معنی که هر کشور با توجه به شرایط اقلیمی و ساختاری روش مناسب برای بهبود وضعیت رودخانه‌ها را تدوین و به اجرا بگذارد (Voulvoulis *et al.,* 2017; Carayon *et al.,* 2020). اصطلاح هیدرومورفولوژی[3] توسط WFD در سال ۲۰۰۰ میلادی به‌منظور بررسی هرگونه تغییرات در رژیم جریان رودخانه، حمل رسوبات مورفولوژی و ریخت‌شناسی رودخانه و هم‌چنین جابجایی کانال رودخانه معرفی شد (Ökologie, 2001). دستورالعمل منتشرشده در آلمان در سال ۲۰۰۰ توسط گروه مدیریت مسائل آب برای رودخانه‌های کوچک تا متوسط، تحت عنوان روش طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه (LAWA-OS) در چهارچوب WFD تهیه شد و بر طبق آن بیش از ۱۰ هزار کیلومتر از رودخانه‌های آلمان از نظر ساختار هیدرومورفولوژی ارزیابی شدند (Gellert *et al.,* 2014; Arle *et al.,* 2016). تاکنون مطالعات گسترده‌ای مبتنی بر بررسی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه‌ها با استفاده از روش طبقه‌بندی کیفیت ساختاری (LAWA-OS) در خارج از ایران صورت گرفته است.

میر و همکاران (Meier *et al.,* 2013) به ارزیابی هیدرومورفولوژیکی به‌عنوان ابزاری برای مدیریت رودخانه به‌روش LAWA-OS در دو منطقه بوم‌گردی پرداختند و نشان دادند که وضعیت اکولوژیکی رودخانه‌ها تا حد زیادی به نحوه طراحی و استفاده از روش‌های ارزیابی هیدرومورفولوژیکی داشت. پرادیلیا و همکاران (Pradilla *et al.,* 2021) به ارزیابی هیدرومورفولوژیکی و اجتماعی–فرهنگی رودخانه‌های شهری برای ترویج راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت[4] در Jarabacoa با هدف معرفی یک رویکرد ارزیابی اکولوژیکی و اجتماعی خاص برای مدیریت رودخانه شهری در منطقه مورد مطالعه ذکرشده، از روش ارزیابی هیدرومورفولوژیکی که به‌طور گسترده در آلمان استفاده می‌شود (LAWA-OS) استفاده کردند. این روش برای تمام رودخانه‌ها و نهرهای منطقه شهری کارآمد ارزیابی شد. بیربنام و لمبرتی (Birnbaum & Lamberty, 2019) طی پژوهشی تحت عنوان کاربرد رویکرد ارزیابی هیدرومورفولوژیکی آلمان در رودخانه‌های گرمسیری، کاربرد روش آلمانی (LAWA-OS) را برای ارزیابی هیدرومورفولوژیک جریان‌ها در رودخانه‌های تحت فشار ریودوژانیرو مورد مطالعه قرار دادند. اوربانیک و همکاران (Urbanič *et al.,* 2021) به ارزیابی هیدرومورفولوژیکی آبهای سطحی پرداختند و این ارزیابی برای سنجش روش پان اروپایی[5] مبتنی بر GIS انجام گرفت. نتایج نشان دادند که مناطق ساحلی در معرض فشارهای فزاینده‌ای مرتبط با فعالیت‌های انسانی قرار داشت. همچنین نتایج بیان کردند که تعداد قابل توجهی از ویژگی‌های هیدرومورفولوژیکی جریان‌های ساحلی و انتقالی را می‌توان با استفاده از داده‌های مبتنی بر GIS ارزیابی کرد اما ترکیبی از منابع مختلف داده‌ها و رویکردهای متفاوتی از ارزیابی مورد نیاز است.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه بررسی هیدرومورفولوژیکی رودخانه‌ها با انواع روش‌ها صورت گرفته‌است. فندرسکی و همکاران (Fendereski *et al.,* 2022) به ارزیابی شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه تجن با استفاده از روش HMQI پرداختند. نتایج این تحقیق نشان دادند که رودخانه تجن در بازه‌های مورد مطالعه عمدتا در طبقه کیفی متوسط قرار گرفته است در حالی‌که از نظر شرایط هیدرومورفولوژیک در طبقه ضعیف گزارش شده است. همچنین نتایج مؤثر بودن روش مورد استفاده در این تحقیق را تایید کردند. باقری و همکاران (Bagheri *et al.,* 2022) به ارزیابی عملکرد سازه‌های هیدرولیکی رودخانه در هنگام سیلاب با استفاده از روش‌های RIAM[6] و MLM[7] پرداختند. نتایج این تحقیق نشان دادند که اثر مخرب در رودخانه‌ها بیشتر از رسوبگذاری در رودخانه‌ها بود. بیشترین پیامد منفی فرسایش مربوط به فرسایش موضعی بود. همچنین نتایج روش RIAM در این تحقیق به واقعیت نزدیکتر بود. خالقی و همکاران (Khaleghi *et al.,* 2021) به ارزیابی و تحلیل شرایط مورفولوژیکی رودخانه حاجی‌عرب، شهرستان بوئین زهرا، به‌روش طبقه‌بندی کیفیت مورفولوژیکی رودخانه پرداختند. نتایج نشان دادند که از نظر کیفیت، رودخانه حاجی‌عرب در طبقه "خوب" قرار گرفت و شرایط مناسبی داشت؛ شاخص مصنوعی در این رودخانه صفر بود که نشانه عدم دخالت انسان در رودخانه است. عمادی و همکاران در سال ۲۰۱۹، مدل هیدرولیکی رودخانه تجن در محدوده بالادست پارک ملل ساری را با نرم‌افزار HEC-RAS ارزیابی کردند. از آن جایی‌که معمولا مقاطع برداشت شده با شرایط واقعی موجود در اثر گذر زمان تغییر می‌نماید، در این پژوهش نحوه تطبیق این مقاطع با شرایط واقعی و اصلاح آنها با استفاده از داده‌های میدانی برداشت کیفیت ساختاری رودخانه بر اساس توصیه استاندارد WFD انجام گرفت (Emadi *et al.,* 2019). صمدی و عزیزیان (Samadi & Azizian, 2021) با هدف بررسی تغییرپذیری‌های هیدرومورفولوژیکی

[1] Water Body
[2] Water Framework Directive
[3] Hydromorphology
[4] Nature-Based solution
[5] Pan-European Method
[6] Rapid Impact Assessment Matrix
[7] Maximum Likelihood Method

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

رودخانه کرج بر اثر اجرای طرح‌های توسعه منابع آب و رودخانه با انجام شبیه‌سازی‌های جریان رسوب و و رفتار ریخت‌شناسی رودخانه متوجه وجود مشکلاتی در سامانه رودخانه به لحاظ هیدرولیکی رسوب‌گذاری و فرسایش شدند.

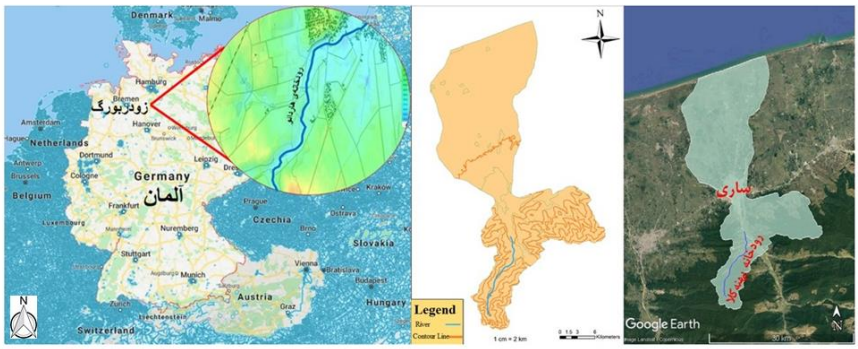
اولین تحقیق صورت‌گرفته با استفاده از روش طبقه‌بندی ساختار رودخانه (LAWA-OS) در ایران توسط فندرسکی و همکاران (Fendereski *et al.*, 2022) بر روی رودخانه تجن در سال ۲۰۲۲ صورت گرفت که در این پژوهش ۱۲ کیلومتر از رودخانه تجن با استفاده از روش ذکرشده تعیین وضعیت شد. نتایج نشان دادند که ٪۴۴ از بازه‌ها در طبقه کیفی آشکارا تغییریافته قرارداشتند و بازه‌ای با عنوان بدون تغییرات مشاهده نشد. پارامتر پوشش کناره ضعیف‌ترین پارامتر به‌لحاظ هیدرومورفولوژیکی ارزیابی شد و هم‌چنین به‌دلیل توسعه شهر ساری، بستر و عرض کانال به خصوص در منطقه شهری دچار تغییرات چشمگیری شده‌است. مرور مطالعات پیشین حاکی از آن است که روش طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه (LAWA-OS) در پژوهش‌های داخلی پیش از این، به‌صورت ارزیابی تنها یک رودخانه انجام شده است. اما در این پژوهش، دو رودخانه پهنه‌کلا و هاردائو با یکدیگر مقایسه شده‌اند تا وضعیت پارامترهایی که با تغییرات منفی صورت‌گرفته بر اثر اقدامات انسانی در گذر زمان، باعث تغییر شرایط هیدرومورفولوژیکی رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا شدند، بررسی شوند. هم‌چنین این روش در ایران بر روی رودخانه‌های بزرگ با عرض و دبی زیاد بررسی شده است. با توجه به شرایط بحرانی رودخانه‌ها، مداخلات انسانی، برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها، کانال‌کشی و ساخت سازه‌های آبی بر رودخانه‌ها در ایران، بررسی وضعیت مورفولوژیکی و تغییراتی که رودخانه‌ها نسبت به حالت طبیعی خود پیدا کرده‌اند، بسیار حائز اهمیت است. هدف از انجام این پژوهش، بررسی روش" طبقه‌بندی کیفیت ساختاری رودخانه در آلمان (LAWA-OS)" در رودخانه‌ی هاردائو در آلمان و پهنه‌کلا در ایران می‌باشد. هدف کلی از انجام پژوهش حاضر، انجام روش مذکور در ایران و بررسی نتایج عملکرد رودخانه است به طوری که ارزیابی رودخانه هاردائو در آلمان به صحت انجام روش مذکور و نتایج به‌دست آمده از طریق مقایسه کمک می‌کند. به همین منظور، یک کیلومتر از دو رودخانه با روش طبقه‌بندی کیفیت هیدرومورفولوژیکی (LAWA-OS) در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

مناطق مورد مطالعه

تحقیق حاضر بر روی یک کیلومتر از دو رودخانه‌ی هاردائو در کشور آلمان و رودخانه‌ی پهنه‌کلا در ایران انجام شده است. مسیر منتخب در هر دو رودخانه به بازه های ۱۰۰ متری تقسیم شد (۱۰ بازه‌ی ۱۰۰ متری برای هر رودخانه) و برای رودخانه‌ی هاردائو از H1 تا H10 و رودخانه‌ی پهنه‌کلا از P1 تا P10 نامگذاری گردید. نقشه مناطق مورد مطالعه در شکل (۲) آمده‌است.

رودخانه پهنه‌کلا در حوضه آبریز تجن واقع شده‌است. حوضه آبریز تجن در شمال کشور ایران قرار دارد که از غرب به رودخانه نکا و از شرق به رودخانه تالار منتهی می‌شود. رودخانه اصلی این حوضه، رودخانه تجن است که از جنوب تا شمال این حوضه آبریز جریان پیدا می‌کند و نهایتاً وارد دریای مازندران می‌شود. مساحت حوضه ۲۲۶۸ کیلومتر مربع و شیب منطقه از ۵ درصد تا ۳۰ درصد متغیر است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به‌ترتیب ۱۸۰ و ۷۱۵ متر است.

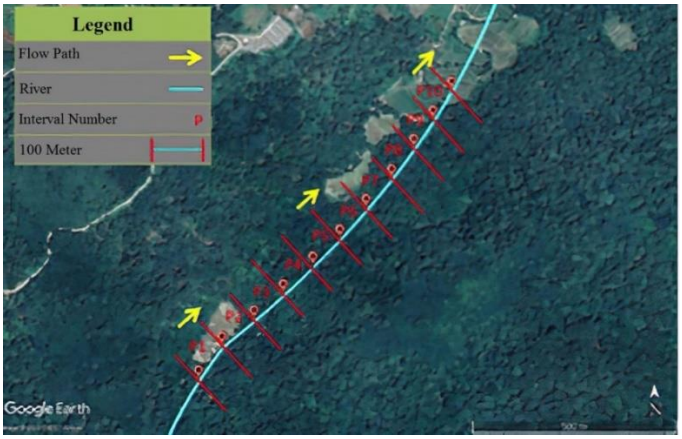
رودخانه هاردائو از دشت لونبورگ در ارتفاع ۹۳ متری از سطح دریا سرچشمه گرفته، در نهایت به رودخانه گردائو می‌ریزد. رودخانه گردائو پس از طی کردن مسیر خود به رودخانه ایلمناتو می‌پیوندد و پس از آن به رودخانه البه پیوسته، سپس وارد دریای شمال می‌شود. مساحت حوضه آبریز البه که در شمال آلمان قرار گرفته ۱۰۰ کیلومتر مربع و شیب این حوضه بین ۲ تا ۴ درصد است. متوسط ارتفاع از سطح دریا ۵۸ متر و مجموع طول کل رودخانه‌های حوضه ۱۵/۳۷ کیلومتر است. شکل‌های (۳) و (۴) بازه‌بندی دو رودخانه هاردائو و پهنه‌کلا را نشان می‌دهند.



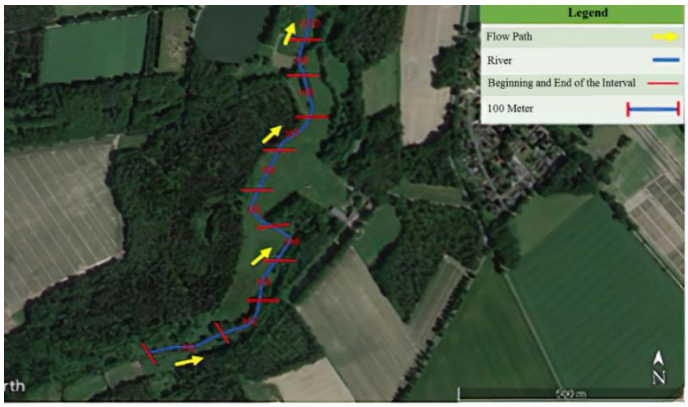
شکل ۱- خصوصیات مناطق مورد مطالعه در پژوهش (نقشه‌های رودخانه پهنه‌کلا از محیط Google Earth و GIS 10.1 و نقشه‌های رودخانه هاردائو از سایت www.Mapsoftworld.com و www.topographic-map.com تهیه گردیده‌اند)

Figure 1 .The characteristics of the study areas in the research (maps of the Pahnekola River were obtained from Google Earth and GIS 10.1, and maps of the Hardau River were prepared from www.Mapsoftworld.com and www.topographic-map.com)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]



شکل ۲- بازه‌بندی رودخانه‌ی پهنه‌کلا (Google Earth)
Figure 2. Spacing of the PahnehKola River (Google Earth)



شکل ۳- بازه‌بندی رودخانه‌ی هاردائو (Google Earth)
Figure 3. Spacing of the Hardau River (Google Earth)

به‌منظور بررسی و مقایسه وضعیت ساختار هیدرومورفولوژیکی رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا، اطلاعات اولیه در مورد ویژگی‌های مناطق مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و خاکشناسی از آب منطقه‌ای استان مازندران و منابع طبیعی و آبخیزداری استان ساری و نقشه‌های توپوگرافی رودخانه هادرائو از وبسایت اداره محیط زیست ایالت نیدرزاکسن[1] تهیه و تعیین وضعیت شد. در مرحله بعد، جایگاه عمومی منطقه مورد مطالعه در حوزه، با توجه به نقشه‌های گردآوری شده مورد بررسی قرار گرفت. واحد چشم‌انداز رودخانه‌ی هاردائو به‌صورت دشت با ارتفاع متوسط ۵۸ متر از سطح دریا و بافت خاک رسی لسی، و واحد چشم‌انداز رودخانه‌ی پهنه‌کلا در منطقه کوهستانی با حداقل ارتفاع ۱۸۰ متر و حداکثر ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا با بافت خاک شنی اما در کف دره‌ای گسترده قرار دارد. پس از انجام مرحله جمع‌آوری داده‌ها، محدوده مورد مطالعه در هر دو رودخانه، به‌صورتی‌که پیش‌تر ذکر شد، در محیط گوگل ارث بازه‌بندی و شماره‌گذاری شد.

ارزیابی ابتدایی برای بازه‌ها در رودخانه هاردائو از طریق تصاویر هوایی گوگل‌ارث و برای رودخانه پهنه‌کلا به‌علت تراکم درختان در منطقه و مشخص نبودن مسیر رودخانه در محیط گوگل‌ارث، از نقشه‌های توپوگرافی تهیه‌شده در محیط Arc-GIS 10.1 انجام شد. به این‌ترتیب، میزان پیچان‌رودی، وضعیت چندشاخه شدن رودخانه، وجود جزایر و وضعیت و محدودیت‌های دشت سیلابی مورد بررسی قرارگرفتند. به‌منظور ارزیابی نهایی، از فروردین تا شهریور ۱۴۰۱ بازدید میدانی در طول دو رودخانه پهنه‌کلا و هاردائو و برای تک‌تک بازه‌های مورد مطالعه انجام شد. شش پارامتر اصلی و ۲۵ پارامتر منفرد به‌صورت عینی مورد بررسی قرار گرفتن و با توجه به شرایط مرجع، مقایسه و تمامی حالات ثبت و گزارش شدند. همچنین، برای هر بازه در هر دو رودخانه، عرض مقطع رودخانه با متر اندازه‌گیری و سرعت متوسط جریان در رودخانه‌ی هاردائو توسط دستگاه Flowsens و در رودخانه‌ی پهنه‌کلا به روش سنتی (اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از جسم شناور و زمان‌سنج) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

1. Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/analoge_topographische_karten_amp_ubersichtskarten/

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری عرض رودخانه و سرعت جریان رودخانه در رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا (۲۰۲۱-۲۰۲۰)
Table 1. The results of measuring river width and river flow speed in Hardau and Pahnehkola rivers (2020-2021)

نام رودخانه (River name)					
پهنه‌کلا (Pahnehkola)			هاردائو (Hardau)		
سرعت جریان رودخانه (متر بر ثانیه) River flow speed (meters per second)	عرض رودخانه (متر) River widths (meter)	نام بازه Range name	سرعت جریان رودخانه (متر بر ثانیه) River flow speed (meters per second)	عرض رودخانه (متر) River widths (meter)	نام بازه Range name
0.17	8	P1	0.12	4.5	H1
0.16	4	P2	0.12	5	H2
0.15	7	P3	0.13	6.5	H3
0.16	7	P4	0.14	6	H4
0.14	7	P5	0.12	5	H5
0.16	9	P6	0.12	4.5	H6
0.15	7	P7	0.12	4	H7
0.16	7	P8	0.12	4	H8
0.18	8	P9	0.13	4.5	H9
0.16	8	P10	0.12	4	H10

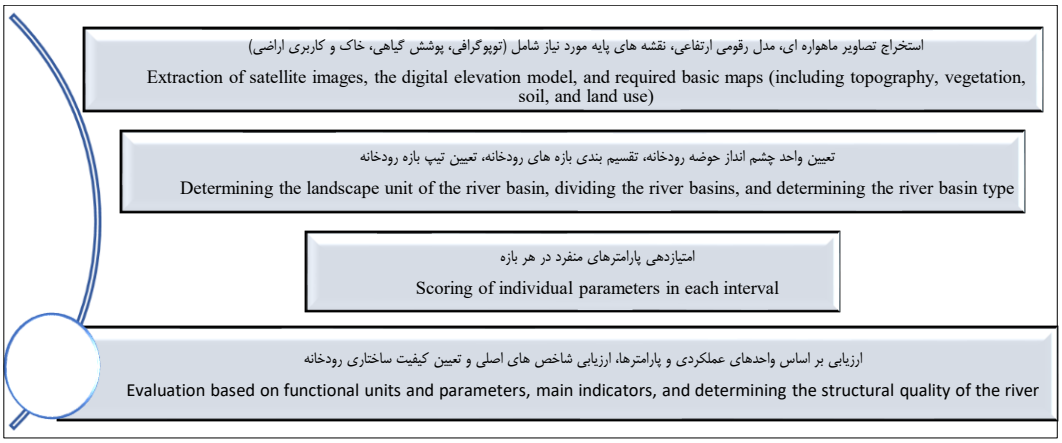
سیستم امتیازدهی در روش LAWA-OS به‌صورت پرسشنامه شامل ۲۵ پارامتر منفرد و حالات آن برای سنجش تمامی بازه‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه است. هر بازه شناسه منطبق با نقشه تهیه شده از محدوده‌ی مورد مطالعه را دارد و بر طبق آن، بازه‌ها به‌صورت دقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند. با توجه به تیپ رودخانه که برای رودخانه هاردائو T_L (رودخانه غالباً رس و لسی) و برای رودخانه پهنه‌کلا B_S (رودخانه با دره U شکل دارای بستر عریض و دشت) است و براساس بررسی‌های عینی از ساختار ساحل چپ و راست رودخانه و میزان طبیعی بودن رودخانه، امتیاز از پیش تعیین شده‌ای تعلق می‌گیرد. با توجه به تیپ رودخانه هاردائو، پارامتر منفرد فرسایش در عرض به‌دلیل نوع خاک منطقه و اینکه در چنین شرایطی فرسایش به آسانی شکل می‌گیرد، در رودخانه امتیاز منفی نمی‌گیرد. در جدول ۲، نمونه‌ای از یک پارامتر منفرد و حالات و امتیازات آن آورده شده‌است. در نهایت برای تمامی بازه‌ها، امتیاز ۲۵ پارامتر منفرد، شش پارامتر اصلی و امتیاز کل محاسبه و طبقه کیفیت ساختاری آن‌ها براساس جدول ۴ مشخص شده است و تمامی پارامترها در دو رودخانه مقایسه می‌شوند.

جدول ۲- پارامتر منفرد تنوع مواد بستر و حالات و امتیازات آن (Für Ökologie, 2008)
Table 2. The individual parameter of the variety of bed materials, its states, and scores (Für Ökologie, 2008)

امتیاز برای تیپ مختلف رودخانه Scores for different types of rivers			حالات States		شاخص منفرد (۳-۴) Individual index (3-4)
Kü To	T	B			
1	1	1	Very much	خیلی زیاد	تنوع مواد بستر Variety of substrate materials
1	1	2	Much	زیاد	
1	2	4	Medium	متوسط	
2	4	5	Low	کم	
3	7	7	None	هیچ	

مواد و روش‌ها

روش طبقه‌بندی ساختار رودخانه در آلمان (LAWA-OS) به بررسی آسیب‌ها و تغییرات منفی ایجاد شده توسط عوامل انسانی در طول زمان می‌پردازد (Lamberty *et al*., 2016). ارزیابی به روش ذکرشده شامل چهار مرحله است که در شکل ۱ نمایش داده‌شده‌است.



شکل ۴- ارزیابی وضعیت ساختار هیدرومورفولوژی رودخانه براساس روش LAWA-OS
Figure 4. Evaluation of the hydromorphological structure of the river based on the LAWA-OS method

کشورهای عضو اتحادیه اروپا موظف هستند برای جریان‌های سطحی تیپ و شرایط مرجع تعریف نمایند؛ به‌همین علت برای توصیف دقیق‌تر، تیپ‌های مختلف رودخانه بر اساس اکولوژی، ارتفاع، وسعت حوضه آبریز، زمین‌شناسی، مورفولوژی و رژیم جریان تقسیم‌بندی می‌شوند (Hering *et al*., 2010). اصطلاح پهنه‌آبی در این تحقیق به کلیه تمایزات فضایی و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

مادی پهنه‌آبی و محیط اطراف آن اشاره دارد. ساختار پهنه‌آبی معیاری برای ارزیابی عملکرد اکولوژیکی و فرایندهای دینامیکی در رودخانه است (LAWA, 2000). ارزیابی صورت گرفته، نخست، گردآوری اطلاعات پایه حوضه‌های آبریز و رودخانه‌های مورد مطالعه، ارزیابی اولیه پارامترهای منفرد به‌لحاظ بررسی میزان پیچانرودی، وضعیت شریانی شدن جریان، سازه‌های احداث شده بر روی رودخانه در محیط گوگل-ارث انجام می‌شود؛ همچنین حریم رودخانه و کاربری اراضی اطراف رودخانه و عرض رودخانه با توجه به بررسی نقشه‌های سنجش از راه دور و گوگل‌ارث انجام گرفت. پس از آن، بازه‌بندی رودخانه‌ها با توجه به نقشه‌های به‌دست‌آمده انجام شد. براساس بررسی میدانی از عناصر موجود در داخل و کناره‌ها و محیط اطراف رودخانه و مجموعه‌ای از ۲۵ پارامتر منفرد در شش گروه پارامترهای اصلی، با در نظر گرفتن طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های مربوط به جریان مانند فرایند فرسایش، کاربری اراضی، دشت سیلابی و پیچانرودی بازدیدهای میدانی صورت پذیرفت. پارامترهای منفرد مختص ارزیابی عملکرد اکولوژیکی رودخانه‌ها هستند (Gellert *et al.,* 2014). در پرسشنامه روش LAWA-OS پارامترهای منفرد با توجه به ویژگی‌های ساختاری متفاوت طبقه‌بندی می‌شوند و زیرشاخه‌ی گروه بزرگتری از پارامترها، تحت عنوان پارامترهای اصلی قرارمی‌گیرند. در جدول ۳، کل پارامترهای اصلی و پارامترهای منفرد در روش LAWA-OS مشاهده می‌شوند.

جدول ۳- پارامترهای اصلی و منفرد در روش LAWA-OS (Gellert *et al.,* 2014)

Table 3. The main and individual parameters in the LAWA-OS method (Gellert *et al.,* 2014)

پارامتر منفرد Individual parameter	کد Code	پارامتر اصلی Main parameter	شماره پارامتر اصلی Main parameter number
انحنای جریان Curvature of flow	1-1	توسعه جریان Flow development	1
انحنای فرسایش Erosion curve	1-2		
رسوب‌گذاری کناره طولی Longitudinal side deposition	1-3		
ساختارهای ویژه جریان Special flow structures	1-4		
سازه‌های عرضی Transverse structures	2-1	پروفیل طولی Longitudinal profile	2
برگشت آب Water return	2-2		
لوله‌گذاری Piping	2-3		
کناره عرضی Transverse side	2-4		
تنوع جریان Flow diversity	2-5		
تغییرات عمق Depth changes	2-6		
نوع پروفیل Profile type	3-1	پروفیل عرضی Transverse profile	3
عمق پروفیل Profile depth	3-2		
فرسایش عرض Width erosion	3-3		
تغییرات عرض Width changes	3-4		
تغییرات در مسیر گذر جریان Changes in flow path	3-5		
مواد بستر Substrate material	4-1	ساختار بستر Substrate structure	4
پوشش بستر Bed cover	4-2		
تنوع مواد بستر Variety of substrate materials	4-3		
ساختار بستر ویژه Special substrate structure	4-4		
پوشش گیاهی کناره رودخانه Riverside vegetation	5-1	ساختار کنار رودخانه Riverside structure	5
پوشش کناره رودخانه Covering the river bank	5-2		
پوشش کناره ویژه Special side cover	5-3		
کاربری اراضی Land use	6-1	کاربری اراضی Land use	6
حاشیه اطراف رودخانه Border around the river	6-2		
موارد خاص کاربری اراضی Special cases of land use	6-3		

تعیین کلاس رودخانه یک روند برای ارزیابی است و ساختار پهنه‌آبی در پنج کلاس طبقه‌بندی می‌شود. سپس با توجه به امتیازات تعلق گرفته به هر پارامتر و کلاس طبقه‌بندی رودخانه در هر پرسشنامه که برای هریک از بازه‌ها تهیه‌شده است، امتیاز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

پارامترهای منفرد، شش پارامتر اصلی و امتیاز کل محاسبه و بر اساس آن، طبقه کیفیت ساختاری هر بازه رودخانه طبق جدول ۴، از میان هفت کلاس ۱ بدون تغییرات، با مفهوم حداقل مداخلات و تغییرات کانال که شرایط مرجع فرضی طبیعی یا تقریباً طبیعی یا وضعیت طبیعی بالقوه رودخانه تا ۷ کاملاً تغییریافته (رودخانه مصنوعی) تعیین می‌شود (Kamp *et al.*, 2007; Šípek *et al.*, 2010). در جدول ۴ توضیحات مرتبط با هریک از کلاس‌های کیفیت ساختاری رودخانه براساس روش LAWA-OS نشان داده شده‌است.

جدول ۴- کلاس‌های کیفیت ساختاری رودخانه براساس روش LAWA-OS (Ökologie, 2001)
Table 4. River structural quality classes based on the LAWA-OS method

رنگ نمایش‌گر گروه Group display color	آبی تیره Dark blue	آبی روشن Light blue	سبز تیره Dark green	سبز روشن Light green	زرد Yellow	نارنجی Orange	قرمز Red
طبقه کیفیت ساختاری Structural quality class	1	2	3	4	5	6	7
محدوده امتیاز Score range	1-1.7	1.8-2.6	2.7-3.5	3.6-4.4	4.5-5.3	5.4-6.2	6.3-7
توضیح گروه Description of the group	بدون تغییرات (شرایط مرجع) Without changes (reference conditions)	کمی تغییر یافته Slightly changed	نسبتاً تغییر یافته Relatively changed	آشکارا تغییر یافته Obviously changed	به وضوح تغییر یافته Clearly changed	شدیداً تغییر یافته Drastically changed	کاملاً تغییر یافته Completely changed

با توجه به این موضوع که رودخانه به‌شکل طبیعی است یا تحت تاثیر مداخلات انسانی قرار گرفته است، عملکرد پارامترهای منفرد متفاوت هستند. نکته قابل توجه در روش (LAWA-OS) این است که معیار سنجش، وضعیت فعلی آبراهه طبیعی است؛ همچنین، طبق مفاد WFD شرایط مرجع، وضعیت اکولوژیکی "بسیارخوب" است (Kamp *et al.*, 2007; Šípek *et al.*, 2010). از آن جایی که رتبه‌بندی می‌تواند بسته به موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه و شرایط و ابعاد حوضه و پهنه‌آبی متفاوت باشد، مراجع ارزیابی مختلف به‌عنوان مبنایی برای انواع شرایط مورفولوژیکی در پهنه‌آبی استفاده می‌شوند که اساساً باید مجزا شوند (Sportplatz *et al.*, 2008). به همین منظور، دوازده تیپ متفاوت برای رودخانه‌ها تحت عنوان شرایط مرجع در نظر گرفته شدند که در جدول ۵ نمایش داده شده است.

جدول ۵- دوازده تیپ رودخانه‌ها تحت عنوان شرایط مرجع [(Rasper, 2001)
Table 5. Twelve types of rivers under reference conditions (Rasper, 2001)

واحد چشم انداز Vision unit	تیپ رودخانه River type	نام اختصاری Acronym
مناطق کوهستانی Mountainous areas	رودخانه در مناطق کوهستانی River in mountainous areas	B
	رودخانه با دره V شکل River with a V-shaped valley	B_K
	رودخانه با دره U شکل، بستر عریض و دشت سیلابی River with a U-shaped valley, wide bed, and a flood plain	B_S
	رودخانه با دره عمیق River with a deep valley	B_M
	رودخانه با دره تالابی و بستر عریض River with a wetland valley and a wide bed	B_A
مناطق دشت Plain areas	رودخانه در دشت با مناطق فرسایشی River in the plain with erosion zones	T
	رودخانه غالباً رسی با دره U شکل Mostly clay river with a U-shaped valley	T_K
	رودخانه غالباً شنی با دره U شکل Mostly sandy river with a U-shaped valley	T_S
	رودخانه غالباً مواد ارگانیک Mostly organic material river	T_O
	رودخانه غالباً رسی و لسی Mostly clay and loamy river	T_L
	رودخانه غالباً مواد ریزدانه Mostly fine-grained material river	T_F
مناطق ساحلی Coastal areas	رودخانه مرداب ساحلی Coastal marsh river	Kü

به‌لحاظ روش‌شناسی، ارزیابی نتایج شامل دو بخش ارزیابی بر اساس واحدهای عملکردی[1] و ارزیابی مبتنی بر شاخص[2] است. واحدهای عملکردی توسط کارشناسان به‌عنوان نتایج ارزیابی تخصصی ساختار پهنه‌آبی در منطقه مورد مطالعه ارزیابی می‌شوند (Gellert *et al.*, 2014). به منظور ارزیابی واحدهای عملکردی، ویژگی‌های شرایط ثبت‌شده توسط کارشناسان مختلف در پارامترهای منفرد ملاحظه می‌گردد.

برای ارزیابی مبتنی بر شاخص، عملکرد پارامترهای منفرد بر اساس مقادیر شاخص مورد سنجش قرار می‌گیرد. این مقادیر شاخص برای ارزیابی پارامترهای اصلی (طبق قوانین محاسباتی مشخص) وجود دارند. دو ارزیابی مبتنی بر شاخص و ارزیابی بر

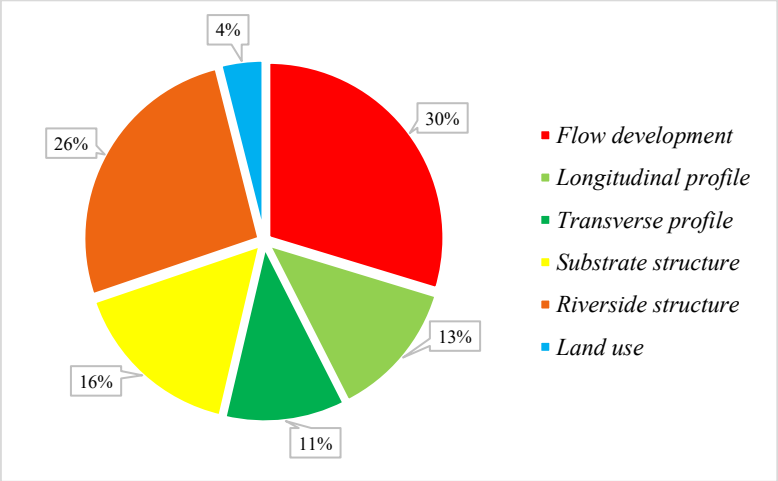
[1] Functional unit
[2] Index-based

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

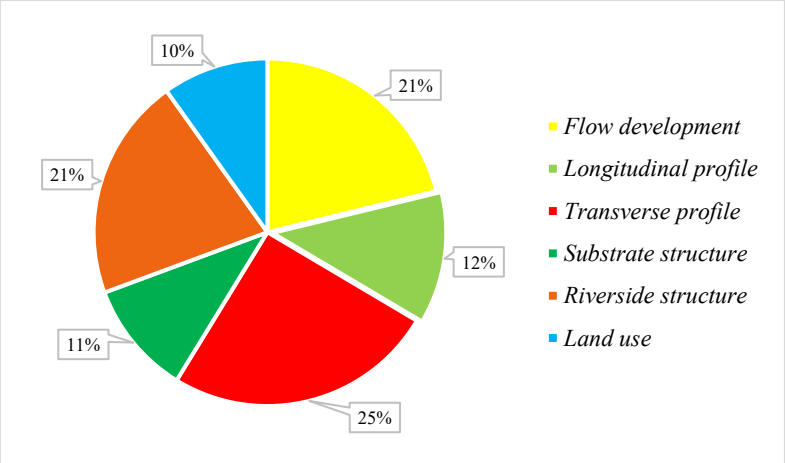
اساس واحدهای عملکردی برای کلیه‌ی پارامترها با یکدیگر مقایسه می‌شوند و در صورت وجود انحراف بین واحدهای عملکردی و مبتنی‌بر شاخص ارزیابی نهایی انجام می‌شود؛ اگر انحراف بین آنها بیشتر از یک طبقه کیفیت ساختاری باشد بررسی مجدد به‌منظور تعیین خطاهای موجود در دستور کار قرارمی‌گیرد (Ökologie, 2001; Lamberty *et al.*, 2016).

نتایج و بحث

نتایج حاصل از ارزیابی کلی شش پارامتر اصلی در رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا به‌صورت زیر قابل نمایش است (شکل‌های ۵ و ۶). همان طور که در شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، در رودخانه‌ی هاردائو پارامترهای اصلی توسعه‌ی کانال و ساختار کناره رودخانه بیشترین امتیاز منفی را به‌خود اختصاص داده‌اند و کمترین امتیاز منفی مربوط به کاربری اراضی در این رودخانه است. در رودخانه‌ی پهنه‌کلا، بیشترین امتیاز منفی مربوط به پارامترهای اصلی پروفیل عرضی، توسعه کانال و ساختار کناره رودخانه است و کمترین امتیاز تخریبی به پارامتر اصلی کاربری اراضی تعلق دارد. به‌منظور بررسی علت بالا بودن امتیاز منفی پارامترهای اصلی در رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا و همچنین برای مدیریت صحیح پارامترهایی که کمترین امتیاز منفی را دارند، پارامترهای منفرد مربوط به هر پارامتر اصلی بررسی شد؛ تا پارامترهای منفردی که موجب بالارفتن امتیاز تخریبی پارامترهای اصلی شده‌اند یا باعث تثبیت حالت طبیعی رودخانه شده‌اند، بررسی شوند و مورد بحث قرار گیرند.



شکل ۵- امتیازهای شش پارامتر اصلی در رودخانه هاردائو
Figure 5. The scores of six main parameters in the Hardau River



شکل ۶- امتیازهای شش پارامتر اصلی در رودخانه پهنه‌کلا
Figure 6. The scores of six main parameters in the Pahnehkola River

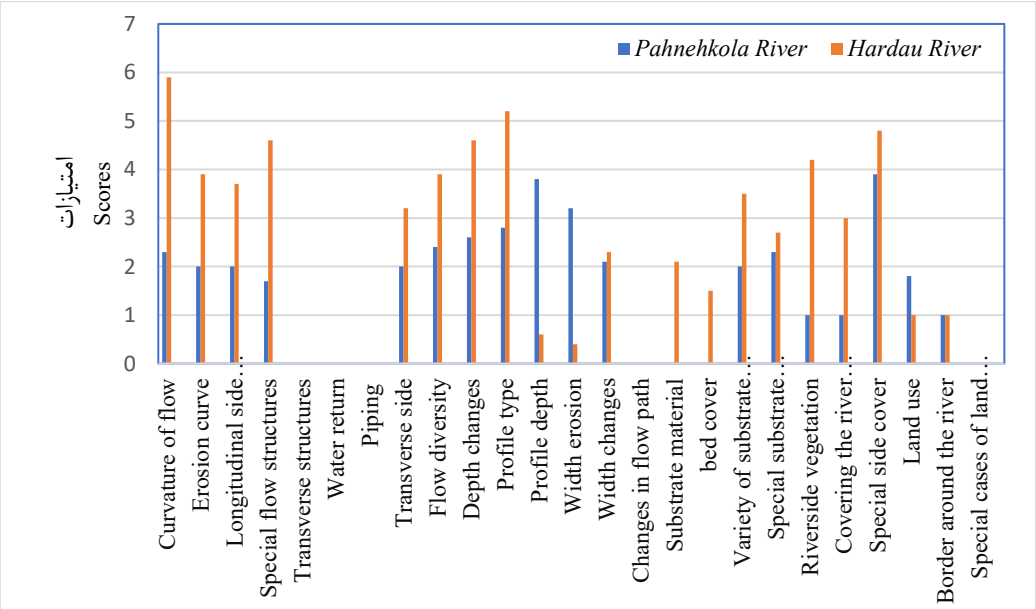
نتایج حاصل از ارزیابی کلی وضعیت ساختار هیدرومورفولوژی رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا و همچنین امتیازدهی پارامترهای منفرد به‌روش LAWA-OS در جدول ۶ نمایش داده شده‌اند. در مرحله بعد، پس از بررسی پارامترهای منفردی که بیشترین و کمترین امتیاز منفی را دارند، جداولی به‌منظور شرح وضعیت این پارامترها در هر دو رودخانه تهیه شدند (جداول ۷ و ۸).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

جدول ۶- امتیازها و نتایج ارزیابی کلی پارامترهای منفرد در رودخانه‌های پهنه‌کلا و هاردائو

Table 6. The scores and overall evaluation results of individual parameters in Pahnehkola and Hardau rivers

نام رودخانه River name				کد پارامتر منفرد Code of the individual parameter	پارامتر اصلی Parameter number
پهنه‌کلا Pahnehkola		هاردائو Hardau			
وضعیت States	امتیاز Scores	وضعیت States	امتیاز Scores		
کمی تغییریافته Slightly changed	2.3	شدیدا تغییریافته Drastically changed	5.9	1-1	توسعه جریان Flow development
	2	آشکارا تغییریافته Obviously changed	3.9	1-2	
	2		3.7	1-3	
بدون تغییرات Without changes	1.7	بەوضح تغییریافته Clearly changed	4.6	1-4	
	0	بدون تغییرات Without changes	0	2-1	پروفیل طولی Longitudinal profile
	0		0	2-2	
	0		0	2-3	
کمی تغییریافته Slightly changed	2	نسبتا تغییریافته Relatively changed	3.2	2-4	
	2.4	آشکارا تغییریافته Obviously changed	3.9	2-5	
	2.6	بەوضح تغییریافته Clearly changed	4.6	2-6	
شدیدا تغییریافته Drastically changed	2.8		5.2	3-1	پروفیل عرضی Transverse profile
آشکارا تغییریافته Obviously changed	3.8	بدون تغییرات Without changes	0.6	3-2	
نسبتا تغییریافته Relatively changed	3.2		0.4	3-3	
کمی تغییریافته Slightly changed	2.1	کمی تغییریافته Slightly changed	2.3	3-4	
بدون تغییرات Without changes	0	بدون تغییرات Without changes	0	3-5	
	0	کمی تغییریافته Slightly changed	2.1	4-1	ساختار بستر Substrate structure
	0	بدون تغییرات Without changes	1.5	4-2	
کمی تغییریافته Slightly changed	2	نسبتا تغییریافته Relatively changed	3.5	4-3	
	2.3		2.7	4-4	
بدون تغییرات Without changes	1	آشکارا تغییریافته Obviously changed	4.2	5-1	ساختار کنار رودخانه Riverside structure
	1	نسبتا تغییریافته Relatively changed	3	5-2	
آشکارا تغییریافته Obviously changed	3.9	بەوضح تغییریافته Clearly changed	4.8	5-3	
کمی تغییریافته Slightly changed	1.8	بدون تغییرات Without changes	1	6-1	کاربری اراضی Land use
بدون تغییرات Without changes	1		1	6-2	
	0		0	6-3	



شکل ۷- مقایسه‌ی پارامترهای منفرد در رودخانه‌های پهنه‌کلا و هاردائو

Figure 7- Comparison of individual parameters in Pehnehhkla and Hardau rivers

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

جدول۷- وضعیت پارامترهای منفرد با بیشترین و کمترین امتیاز منفی در رودخانه هاردائو
Table 7. The status of individual parameters with the highest and lowest negative scores in the Hardau River

توضیحات (Description)	پارامتر منفرد Individual parameter	کد Code	
در گذشته زمین‌های اطراف رودخانه‌ی هاردائو برای کشاورزی استفاده می‌شدند. بنابراین، با گذشت زمان انحنای جریان و پیچ و خم طبیعی رودخانه کاهش یافته و رودخانه به فرم تقریبا کشیده درآمده‌است. In the past, the lands around the Hardau River were used for agriculture. Therefore, the curvature of the flow and the natural meandering of the river have decreased and the river has become almost elongated with the passage of time.	انحنای جریان Curvature of flow	1-1	The most negative scores
ویژگی‌های مربوط به این پارامتر در رودخانه‌ی هاردائو به‌دلیل فرسایش و وجود مصنوعات در کناره رودخانه بسیار کم مشاهده شد. The features related to this parameter were observed very little in the Hardau River due to erosion and the presence of artifacts on the riverside.	پوشش کناره ویژه Special side cover	5-3	
بیشترین موردی که از ساختار ویژه جریان در رودخانه هاردائو دیده شد تکه‌چوب‌های خشک و درختان افتاده بودند و موارد دیگر به‌ندرت در این رودخانه مشاهده شدند. The most cases of the special structure of the flow in the Hardau River were pieces of dry wood and fallen trees, and other cases were rarely seen in this river.	ساختارهای ویژه جریان Special flow structures	1-4	
تغییرات عمق در رودخانه هاردائو جزیی است. دخالت‌های انسان موجب بر هم زدن تعادل در فرسایش و رسوبگذاری رودخانه شده است و این پارامتر را دستخوش تغییرات منفی کرده است. The depth changes in the Hardau River are minor. Human intervention has disturbed the balance in erosion and sedimentation of the river and this parameter has undergone negative changes.	تغییرات عمق Depth changes	2-6	
پروفیل به‌صورت فرسایشی عمیق و تحت اقدامات مهندسی می‌باشد. اقدامات مهندسی باعث حفاظت از رودخانه و از بین بردن تعادل هیدرومورفولوژیکی رودخانه شده‌است. The profile is deeply eroded and under engineering measures. Engineering measures have caused the protection of the river and destroyed the hydromorphological balance of the river.	نوع پروفیل Profile type	3-1	
این رودخانه از طیف رسوبی محدودی برخوردار است. تمامی بازه‌ها به غیر از مواردی که به‌صورت مصنوعی سنگچین شده است، به صورت خاک لسی و ریزدانه ارزیابی شده است. This river has a limited range of sediments. All ranges, except for those that are artificially lined, have been evaluated as loamy and fine-grained soil.	تنوع مواد بستر Variety of substrate materials	4-3	
عمق به صورت متوسط تا عمیق ارزیابی شده‌است. تنوع ساختاری طبیعی در رودخانه‌ی هاردائو وجود دارد. The depth is evaluated as medium to deep. There is natural structural diversity in the Hardau River.	عمق پروفیل Profile depth	3-2	The most positive scores
با وجود فرسایش متوسط تا زیاد در رودخانه‌ی هاردائو، به‌دلیل تیپ رودخانه، جنس ریزدانه خاک و نزدیکی تقریبی رودخانه به دریا، امتیاز منفی به این پارامتر تعلق نمی‌گیرد. Despite moderate to high erosion in the Hardau River, this parameter is not given a negative score due to the type of the river, the type of fine-grained soil, and the approximate proximity of the river to the sea.	فرسایش عرض Width erosion	3-3	
در ۱۰۰ متر یا نزدیکتر پهنه‌آبی، تاسیساتی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم مانع توسعه‌ی این پارامتر باشند، وجود ندارند. همچنین، فضای کافی برای توسعه و انحنای طبیعی در اطراف رودخانه وجود دارد. In 100 meters or closer to the water surface, there are no facilities that directly or indirectly hinder the development of this parameter. Around the river, there is also enough space for development and natural curvature.	کاربری اراضی Land use	6-1	

به جز پارارمترهای ذکرشده، چند پارامتر در رودخانه‌ی هاردائو به حالت کاملا طبیعی وجود دارند؛ در محدوده‌ی مورد مطالعه از رودخانه‌ی هاردائو هیچ سازه‌ی عرضی نه در بستر و نه در بدنه‌ی آن وجود نداشت. در راستای این امر، پارامتر منفرد

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

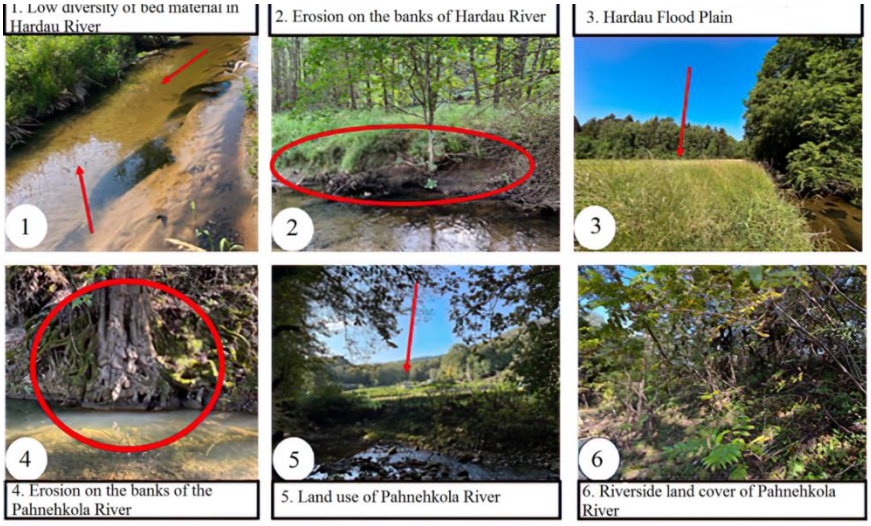
برگشت آب نیز در هیچ کدام از بخش‌های مورد مطالعه از رودخانه‌ی هاردائو مشاهده نشد. برگشت آبی که در روش LAWA-OS امتیاز تخریبی را برای رودخانه به‌همراه دارد، برگشت آب ناشی از سازه‌های آبی قرار گرفته بر رودخانه است. پارامترهای منفرد مرتبط با کاربری اراضی نیز دارای امتیاز تخریبی کمی هستند چرا که حد و حریم رودخانه کاملا آزاد است و هیچگونه کارخانه، زباله، سطوح سنگفرش‌شده و حتی سازه‌های محافظت در برابر سیل در دشت سیلابی رودخانه وجود ندارد.

جدول ۸- وضعیت پارامترهای منفرد با بیشترین و کمترین امتیاز منفی در رودخانه پهنه‌کلا
Table 8. The status of individual parameters with the highest and lowest negative scores in the Pahnehkola River

توضیحات Description	پارامتر منفرد Individual parameter	کد Code	
به دلیل شسته شدن و پسرفت کناره رودخانه و فرسایش شدید و همچنین ایجاد گابیون بر دیواره رودخانه، این پارامتر امتیاز منفی بالایی می‌گیرد. Due to washing, retreat of the river bank, and severe erosion, as well as the creation of gabion on the river wall, this parameter gets a high negative score.	پوشش کناره ویژه Special side cover	5-3	The most negative scores
عمق زیاد در این رودخانه نشان‌دهنده‌ی حالت غیر طبیعی آن است. عمق پروفیل به‌علت فرسایش و شیب تند دیواره رودخانه به‌صورت غیرطبیعی زیاد گزارش شده است. The great depth in this river indicates its abnormal condition. The depth of the profile is abnormally high due to erosion and the steep slope of the river wall.	عمق پروفیل Profile depth	3-2	
وجود اختلال در نسبت عرض به عمق رودخانه باعث شده‌است که جریان برای رسیدن به عمق مناسب از طریق فرسایش یا رسوبگذاری به تعادل برسد. The existence of a disturbance in the ratio of the width to the depth of the river has caused the flow to reach the appropriate depth through erosion or sedimentation.	فرسایش عرض Width erosion	3-3	
نوار ساحلی کاملا آزاد بدون وجود مانع برای حرکت طبیعی رودخانه باعث توسعه مورفولوژیکی رودخانه پهنه‌کلا می‌شود. The completely free coastal strip without any obstacle for the natural movement of the river causes the morphological development of the river.	حاشیه اطراف رودخانه Border around the river	6-2	The most positive scores
اراضی اطراف رودخانه پهنه‌کلا به‌صورت جنگل‌های بومی هستند که هنگام سیلاب به عنوان بستر سیلابی و همچنین با آرام کردن امواج از واردشدن خسارت شدید می‌کاهند. The lands around the river are in the form of native forests, which act as a flood bed during floods and also reduce severe damage by calming the waves.	کاربری اراضی Land use	6-1	
پوشش گیاهی به‌صورت انواع درخت‌ها و بوته‌های بومی متنوع هستند که مطلوب‌ترین تاثیر اکولوژیکی را بر رودخانه دارند. Vegetation is diverse in the form of native trees and shrubs, which have the most favorable ecological impact on the river.	پوشش گیاهی کناره رودخانه Riverside vegetation	5-1	

همچنین، پارامترهای منفرد سازه‌ی عرضی، برگشت آب، لوله‌کشی، تغییرات مسیر در گذر جریان، مواد بستر، پوشش بستر و موارد خاص کاربری اراضی در رودخانه‌ی پهنه‌کلا بدون امتیاز منفی به بالابردن امتیاز هیدرومورفولوژیکی رودخانه کمک کردند. شکل ۸ تصاویر تهیه شده از وضعیت پارمترهای منفرد در رودخانه‌ی پهنه‌کلا و هاردائو را به‌صورت نمونه نشان می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]



شکل ۸- وضعیت پارامترهای منفرد در رودخانه‌های هاردائو و پهنه‌کلا (عباسپور، ۲۰۲۱)
Figure 8. Status of individual parameters in Hardau and Pahnehkola rivers (Abbaspour, 2021)

نتایج کلی در این تحقیق حاکی از آن است که وضعیت مورفولوژیکی رودخانه پهنه‌کلا در محدوده‌ی مورد مطالعه با امتیاز کلی ۱/۷۱ و در محدوده بدون تغییرات دسته‌بندی می‌شود و وضعیت مورفولوژیکی رودخانه هاردائو در محدوده‌ی مورد مطالعه با امتیاز کلی ۲/۵۳ به‌صورت کمی تغییریافته است. برای اثبات صحت نتایج به‌دست آمده، از ارزیابی مبتنی بر شاخص که تحت قوانین خاص محاسباتی به‌دست می‌آید استفاده شد. نتیجه ارزیابی مبتنی بر شاخص برای رودخانه‌ی هاردائو عدد ۲/۶۵ با کلاس ساختاری کمی تغییریافته را نشان داد که تنها چند دهم با امتیاز به‌دست آمده توسط ارزیابی واحدهای عملکردی است. برای رودخانه پهنه‌کلا نیز نتیجه ارزیابی مبتنی بر شاخص عدد ۱/۸۳ با کلاس ساختاری کمی تغییریافته را نشان داد که در کلاس ساختاری مشابه ارزیابی توسط واحدهای عملکردی قرار گرفت. به این‌ترتیب، صحت نتایج به‌دست آمده تایید شد.

نتیجه‌گیری کلی

در حوضه‌ی مورد مطالعه قرار گرفته در ایران، آلودگی جوامع روستایی همجواری اکثر قریب به اتفاق روستاها و مراکز جمعیتی حوضه با رودخانه‌ها و منابع آب‌های جاری موجب گردیده است که این مجاری با ارزش به کانون‌های اصلی دفع فاضلاب‌های انسانی و محل تخلیه زباله‌های خانگی و کشاورزی تبدیل شوند. برخی از تحولات شامل تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی، دیم، باغ و یا حتی مرتع و زمین‌های بایر که به‌طور ویژه تحت تاثیر دخالت‌های انسانی در منطقه هستند. تجاوز به حریم جنگل، پاکسازی جنگل از درختان و تبدیل به مزارع کشاورزی و دیم، و بهره‌برداری نامناسب و بیش از ظرفیت مراتع از جمله مشکلات مهم در حوضه هستند. در رودخانه‌ی هاردائو و حوضه‌ی آبریز آن، مشکلات عدیده رانش شن و ماسه وجود دارند که می‌تواند به‌دلیل جنس خاک منطقه، زمان تمرکز حوضه و نوع پوشش گیاهی باشد. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است که رودخانه‌ی هاردائو با امتیاز ۲/۵۳ در طبقه‌بندی ساختاری کمی تغییریافته و رودخانه‌ی پهنه‌کلا با امتیاز ۱/۷۱ به‌لحاظ ساختاری در طبقه‌بندی بدون تغییرات قرار می‌گیرند. وضعیت رودخانه‌ی هاردائو نسبت به رودخانه‌ی پهنه‌کلا تثبیت بیشتری دارد، رودخانه پیرتر است، فرسایش در آن کنترل شده‌است و سیلاب‌ها در رودخانه تخریب ایجاد نمی‌کنند. رودخانه‌ی پهنه‌کلا جوان‌تر است و حالت وحشی‌تر و طبیعی‌تری دارد، و سیلاب در رودخانه سبب فرسایش در دیواره‌ها و عمیق شدن پروفیل رودخانه شده‌است. با توجه به نتایج ارزیابی شده در دو رودخانه‌ی هاردائو و پهنه‌کلا، رودخانه‌ی پهنه‌کلا وضعیت هیدرومورفولوژیکی طبیعی‌تری نسبت به رودخانه‌ی هاردائو دارد و یکی از دلایل آن می‌تواند سهولت دسترسی به رودخانه در رودخانه‌ی هاردائو باشد که این امر موجب دخالت بیشتر انسان در برهم زدن الگوریتم طبیعی رودخانه‌ها شده است. پیشنهاد می‌گردد برای بهبود شرایط رودخانه‌ی هاردائو از روش‌های منطبق با محیط زیست مانند روش‌های پوشش غیر سازه‌ای (پوشش گیاهی، پوشش ژئوسنتتیک)، بازیافت (حوضچه‌های نگهداری آب، سنگ فرش‌های متخلخل، حوضچه‌های متخلخل، و ترانشه‌های پرشده با مصالح شنی) استفاده شود. روش‌های غیرسازه‌ای غالباً دوستدار محیط زیست هستند. در این روش‌ها همواره سعی بر آن است که رودخانه به‌طور طبیعی ساماندهی شود. هزینه اجرای روش‌های مذکور پایین‌تر از روش‌های سازه‌ای است و در برابر بلایای طبیعی انعطاف‌پذیری بیشتری دارند. در عین‌حال مدیریت و نظارت بر آن‌ها نسبت به روش‌های سازه‌ای آسان‌تر است. همچنین، می‌توان از روش‌های دیگری مانند روش LANUV، که شاخصی برای تعیین کیفیت هیدرومورفولوژیکی رودخانه‌ها در آلمان است، برای تدقیق روش LAWA-OS استفاده‌کرد؛ با این تفاوت که روش LANUV برای رودخانه‌های بزرگ استفاده می‌شود. این روش نسبت به روش LAWA-OS پارامترهای منفرد بیشتری در پرسشنامه مربوطه به خود دارد و تفاوت این دو روش این است که در ایالت‌های متفاوت کشور آلمان استفاده می‌شوند. روش LANUV در مقایسه با روش LAWA-OS دو پارامتر منفرد

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]
[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

تصاویر جریان و مسیر خروجی در بخش پروفیل طولی و یک پارامتر منفرد ساختار زیرین در بخش ساختار بستر در پرسشنامه لحاظ کرده است. همچنین، در روش LANUV در بخش ساختار کناره جریان دو پارامتر منفرد بار کناره و سایه انداختن گیاهان بر رودخانه و در بخش کاربری اراضی نیز پارامتر منفرد سازه‌های محیطی اضافه شده‌اند. در مجموع، روش LANUV شش پارامتر منفرد جدید را علاوه‌بر پارامترهای منفرد روش LAWA-OS در پرسشنامه لحاظ کرده است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده با استفاده از روش LANUV علاوه بر صحت‌سنجی و تدقیق نتایج رودخانه‌های مورد مطالعه در این پژوهش، در رودخانه‌هایی با خصوصیات مورفولوژیکی، جغرافیایی و شرایط اقلیمی مختلف نیز به کار گرفته و نتایج با یکدیگر مقایسه شوند.

References

Arle, J., Mohaupt, V., & Kirst, I. (2016). Monitoring of surface waters in Germany under the water framework directive—a review of approaches, methods and results. *Water*, 8(6), 217. https://doi.org/10.3390/w8060217

Bagheri, M., Masoudian, M., & Afrous, A. (2022). Evaluation of the performance of river hydraulic structures during floods using RIAM and MLM methods. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(15), 1349. https://doi.org/10.1007/s12517-022-10520-9

Birnbaum, D., & Lamberty, G. (2019). Applicability of the German Hydromorphological Assessment Approach to Tropical Rivers. *Strategies and Tools for a Sustainable Rural Rio de Janeiro*, 173-189. https://doi.org/10.1007/978-3-319-89644-1_12.

Carayon, D., Eulin-Garrigue, A., Vigouroux, R., & Delmas, F. (2020). A new multimetric index for the evaluation of water ecological quality of French Guiana streams based on benthic diatoms. *Ecological Indicators*, 113, 106248. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106248

Dalu, T., Mwedzi, T., Wasserman, R. J., Madzivanzira, T. C., Nhiwatiwa, T., & Cuthbert, R. N. (2022). Land use effects on water quality, habitat, and macroinvertebrate and diatom communities in African highland streams. *Science of the Total Environment*, 846, 157346. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157346

Del Tánago, M. G., Martínez-Fernández, V., Aguiar, F. C., Bertoldi, W., Dufour, S., de Jalón, D. G., ... & Rodríguez-González, P. M. (2021). Improving river hydromorphological assessment through better integration of riparian vegetation: Scientific evidence and guidelines. *Journal of Environmental Management*, 292, 112730. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112730

Emadi, M. M., Masoodian, M., & Roettcher, K. (2019). Hydrraulic model of Tajen River in the upstream area of Sari National Park with HEC-RAS. 3 rd conference on water resources management of coastal area. [In Persian]

Fendereski, N., Masoudian, M., & Roettcher, K. (2022). Evaluating the hydromorphological condition of Tajan River using HMQI Method. *Watershed Engineering and Management*, 14(2), 185-201. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2021.353586.1881. [In Persian]

Fendereski, N., Masoudian, M., & Roettcher, K. (2022). Evaluating the Structural-Hydromorphological Status of Tajan River Based on German River Structural Quality Mapping Method (LAWA-OS). *Journal of Watershed Management Research.* 13(25), 156-167. doi:10.52547/jwmr.13.25.156. [In Persian]

Für Ökologie, N. L. (2008). Herausgeber: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie Abt. 3: Wasserwirtschaft, Gewässerschutz An der Scharlake 39 31135 Hildesheim

Gellert, G., Pottgiesser, T., & Euler, T. (2014). Assessment of the structural quality of streams in Germany—basic description and current status. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(6), 3365-3378. DOI: 10.1007/s10661-014-3623-y

Hering, D., Borja, A., Carstensen, J., Carvalho, L., Elliott, M., Feld, C. K., Heskanen, A. S., Johnson, R. K., Moe, J., Pont, D., Solheim, A. L., & van de Bund, W. (2010). The European Water Framework Directive at the age of 10: a critical review of the achievements with recommendations for the future. *Science of the Total Environment*, 408(19), 4007-4019. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.05.031

Kamp, U., Binder, W., & Hölzl, K. (2007). River habitat monitoring and assessment in Germany. *Environmental Monitoring and Assessment*, 127, 209-226. DOI: 10.1007/s10661-006-9274-x

khaleghi, S., Hosseinzadeh, M. M., & Hashemi Boueini, Z. (2021). The Assessment and Analysis of the Hydromorphological Condition of Haji- Arab River, Bouein Zahra County. *Geography and Environmental Sustainability*, 11(2), 75-89. doi: 10.22126/ges.2021.6392.2381. [In Persian]

Lamberty, G., Zumbroich, T., Ribbe, L., & Souvignet, M. (2016). Quantifying bias in hydromorphological monitoring: an evaluation of the German LAWA-OS method. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-17. DOI: 10.1007/s12665-016-6241-x

LAWA, L. W. (2000). Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. *Kulturbuchverlag Berlin*.

Meier, G., Zumbroich, T., & Roehrig, J. (2013). Hydromorphological assessment as a tool for river basin management: The German field survey method. *Journal of Natural Resources and Development*, 3, 14-26. DOI**:** https://doi.org/10.5027/jnrd.v3i0.02

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]

Ökologie, N. L. F. (2001). Gewässerstrukturgütekartierung in Niedersachsen–Detailverfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. *Bearbeiter: M. Rasper. Hildesheim*.

Pradilla, G., Lamberty, G., & Hamhaber, J. (2021). Hydromorphological and socio-cultural assessment of urban rivers to promote nature-based solutions in Jarabacoa, Dominican Republic. *Ambio*, 50, 1414-1430. https://doi.org/10.1007/s13280-021-01565-3.

Rasper, M. (2001). *Morphologische Fließgewässertypen in Niedersachsen: Leitbilder und Referenzgewässer*. NLÖ.

Samadi, A., & Azizian, A. (2021). Investigation of hydromorphological changes of Karaj River due to the implementation of water resources development and river engineering projects. *Journal of Hydraulics*, 16(1), 93-110. doi: 10.30482/jhyd.2021.265438.1499. [In Persian]

Šípek, V., Matoušková, M., & Dvořák, M. (2010). Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 169, 309-319. DOI: 10.1007/s10661-009-1172-6

Sportplatz, A., Petry, U., Hannover-Hildesheim, N. B., & der Scharlake, A. (2008). Herausgeber: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten-und Naturschutz (NLWKN) Direktion

Urbanič, G., Urbanič, M. P., & Peterlin, M. (2021). Hydromorphological assessment of coastal waters: is a GIS-2 based pan-European assessment method feasible? *Environmental Sciences Proceedings,*

Voulvoulis, N., Arpon, K. D., & Giakoumis, T. (2017). The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation. *Science of the Total Environment*, 575, 358-366. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.228

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-09-01]

[DOI: 10.61882/jwmr.2024.1268]