Original Article

Integrated Assessment and Spatial Mapping of Environmental Hazards Affecting the Ecological Status of the Estuaries at the Watershed Scale (Case Study of Tajan River)

Mahdi Badri[1], Mohammadreza Rezaee*[1], Hossein Mostafavi*[2], Mohammadhossein Sayyadi[3]

Affiliation

1. *Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran*
2. *Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran*
3. *Faculty of Natural Resources and Environment, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran*

ABSTRACT

Introduction: Estuaries provide important habitats and maintain the health of marine ecosystems. They provide unique ecological services. On the other hand, estuaries can be considered as one of the most threatened ecosystems that are threatened by environmental hazards caused by human activities, climate change, and invasive and non-native species. They are under pressure. In most of the researches conducted in the country on the subject of evaluating the ecological situation, they either focus only on the types of pollution, or the pressures have been investigated in a scattered manner and in inappropriate scales. The main goal of this research is to evaluate various human pressures on Tajan River estuary in different scales and dimensions. Based on this, while investigating the status of water quality parameters, all kinds of human pressures in the aquatic ecosystems of Tajan River and its estuary have also been taken into consideration.

Material and Methods: In this study, after reviewing the information related to other studies conducted so far, field visits with the aim of identifying environmental hazards, spatial mapping and analyzes related to the type of hazards, in the environment of geographic information system (GIS) and processing. Necessary things have been done. Also, various physical and chemical samplings including measurement of parameters of temperature, total hardness, phosphate, nitrate, biologically oxygen demand, chemically oxygen demand, acidity, fecal coliform and turbidity, in order to use the water quality index. Iranian surface surveys (IRWQIsc) were carried out. Then, different environmental hazards were placed on top of each other in the geographic information system (GIS) environment for integrated evaluation. The results obtained in this study were compared with other studies conducted in the studied area and fundamental analyzes were presented for its management.

Results and Discussion: The results of this research showed that the estuary of the Tajan River has been affected by various human interventions such as agricultural use, urban use, livestock grazing, creating obstacles and footings of bridges, creating non-principal water management uses such as dam construction, creating morphological changes from Including canalization, unprincipled activities such as sand harvesting, sand washing, existence of fish breeding farms, industrial pollutants and lack of waste management are threatened. These threats were shown in different layers by Geographical Information System (GIS) in different scales, and finally their cumulative effects were drawn by combining the layers. The results of overlaying the pressure layers also showed that the diversity and intensity of the pressure increases from the upstream to the downstream (especially in the middle to the downstream parts) of the river or estuary. On the other hand, the results of the use of the index (IRWQIsc) in this research confirmed the poor quality of Tajan river water. And based on this, using the Water Framework Directive (WFD), it was determined the need to carry out restoration activities for the middle to downstream parts of this water body.

Conclusion: Most of the main Tajan river leading to the estuary are affected by high pressure and various human interventions. The results obtained from the measurement of physical and chemical parameters in this research also showed that the quality and health of water in the middle to downstream parts of the river and Tajan estuary is unfavorable. Therefore, there is an urgent need to carry out strategic and management measures in order to reduce the aforementioned pressures for the revival of estuarine ecosystems. Based on this; in order to achieve the integrated management and revival of this water body, it is necessary to focus on different aspects of risks and at different scales, and this study model can be used for other river water bodies and Mosabi is also used in the country. In the end, it should be mentioned that the irregular establishment of cities and their development on the edge of estuaries, without conducting EIA studies, has caused these valuable ecosystems to come under severe pressure in many parts of the world, and this pressure In most of the estuary ecosystems, they show themselves in the form of industrial and urban pollution, habitat destruction, reduction of biodiversity, evenness and fragmentation of the habitat, loss of aesthetic values and ultimately the loss of ecological services. This study can be used as significant basic information to prevent the managers of the country's environmental sector from facing bigger environmental challenges.

Keywords: Estuary, Human pressures, Conservation, Aquatic ecosystems.

Citation:
Badri, M., Rezaee, M.R., Mostafavi, H., Sayyadi, M.H., Integrated Assessment and Spatial Mapping of Environmental Hazards Affecting the Ecological Status of the Estuaries at the Watershed Scale (Case Study of Tajan River), Iran J Remote Sens GIS. 17(2):149-170.

* Corresponding Author: mrrezaei@birjand.ac.ir , h-mostafavi@sbu.ac.ir
DOI: https://gisj.sbu.ac.ir/article_104759.html
Received: 2024.07.19
Accepted: 2024.08.25

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

ارزیابی یکپارچه و ترسیم مکانی مخاطرات محیط‌زیستی مؤثر در وضعیت اکولوژیکی مصب‌ها در مقیاس حوضهٔ آبریز(مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ تجن)

مهدی بدری[۱]، محمدرضا رضایی[*۱]، حسین مصطفوی[*۲]، محمدحسین صیادی[۳]

سمت

۱. *دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران*
۲. *پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران*
۳. *دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران*

چکیده

سابقه و هدف: مصب‌ها فراهم‌کنندهٔ زیستگاه‌های شاخص و نگهدارندهٔ سلامت بوم‌سازگان‌های دریایی‌اند و خدمات اکولوژیک منحصربه‌فردی را ارائه می‌کنند. ازسوی دیگر، می‌توان مصب‌ها را در شمار یکی از درمعرض‌تهدیدترین بوم‌سازگان‌هایی برشمرد که ازطرف مخاطرات محیط‌زیستی ناشی از فعالیت‌های انسانی، تغییر اقلیم و همچنین گونه‌های مهاجم و غیربومی در فشار قرار گرفته‌اند. در اغلب پژوهش‌های انجام‌شده در کشور با موضوع ارزیابی وضعیت اکولوژیک، یا صرفاً بر انواع آلودگی‌ها تمرکز شده و یا فشارها به‌صورت پراکنده و در مقیاس‌های نامناسبی بررسی شده‌اند. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی فشارهای گوناگون انسانی بر مصب رودخانهٔ تجن، در مقیاس و ابعاد مختلف، به‌صورت یکپارچه است. بر این اساس، ضمن بررسی وضعیت پارامترهای‌کیفی آب، انواع فشارهای انسانی در بوم‌سازگان آبی رودخانهٔ تجن و مصب آن نیز مورد توجه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، پس‌از بررسی اطلاعات دربارهٔ دیگر مطالعاتی که تا کنون در این زمینه انجام شده است، بازدیدهای میدانی با هدف شناسایی مخاطرات محیط‌زیستی، ترسیم مکانی و آنالیزهای مرتبط با نوع مخاطرات، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و همچنین پردازش‌های لازم انجام شد. به‌علاوه، نمونه‌برداری‌های گوناگون فیزیکی و شیمیایی، شامل سنجش پارامترهای دما، سختی کل، فسفات، نیترات، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیک، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اسیدیته، کلیفرم مدفوعی و کدورت، برای استفاده از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) انجام شد. سپس مخاطرات گوناگون محیط‌زیستی، به‌منظور ارزیابی یکپارچه، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) روی یکدیگر قرار گرفتند. نتایج این پژوهش با سایر پژوهش‌های انجام‌شده در منطقهٔ مورد مطالعه مقایسه، و سپس تحلیل‌های بنیادین به‌منظور مدیریت آن بیان شد.

نتایج و بحث: نتایج این پژوهش نشان‌داد که مصب رودخانهٔ تجن با مداخلات گوناگون انسانی تهدید می‌شود؛ برخی از این مداخلات عبارت است از کاربری کشاورزی، کاربری شهری، چرای دام، ایجاد موانع و پای پل‌ها، ایجاد کاربری‌های غیراصولی مدیریت آب، ازجمله سدسازی، ایجاد تغییرات مورفولوژیک، همچون کانال‌سازی، فعالیت‌های غیراصولی مانند برداشت شن و ماسه، شن‌شویی‌ها، وجود کارگاه‌های پرورش ماهی، آلاینده‌های صنعتی و مدیریت نکردن پسماند. این تهدیدها، ازطریق سیستم اطلاعات جغرافیایی، به‌صورت لایه‌های متفاوت در مقیاس‌های گوناگون نشان داده شد و درنَهایت، تأثیرات تجمعی آنها با روی‌هم‌گذاری لایه‌ها ترسیم شد. نتایج روی‌هم‌گذاری لایه‌های فشار همچنین نشان داد که تنوع و شدت فشار از بخش‌های بالادست به‌سمت پایین‌دست رودخانه یا مصب (به‌ویژه در بخش‌های میانی به‌سمت پایین‌دست) افزایش می‌یابد. ازسوی دیگر، نتایج استفاده از شاخص IRWQIsc، در این پژوهش، وضعیت کیفی نامناسب و بد آب رودخانهٔ تجن را تأیید کرد؛ بر این اساس، با استفاده از دستورالعمل چارچوب آب (WFD)، لزوم انجام دادن فعالیت‌هایی درزَمینهٔ احیا برای بخش‌های میان‌دست تا پایین‌دست این پیکرهٔ آبی تعیین شد.

نتیجه‌گیری: قسمت اعظم رودخانهٔ اصلی تجن، منتهی به مصب، تحت تأثیر فشار زیاد و مداخلات انسانی متنوعی قرار می‌گیرد. نتایج به‌دست‌آمده از سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در این پژوهش همچنین نشان داد کیفیت و سلامت آب، در بخش‌های میان‌دست تا پایین‌دست رودخانه و مصب تجن، نامطلوب است. بنابراین، برای احیای بوم‌سازگان مصبی، نیاز مبرم به اقدامات راهبردی و مدیریتی است تا فشارهای یادشده کاهش یابد. بر این اساس، برای موفقیت در مدیریت و احیای یکپارچهٔ این پیکرهٔ آبی، باید بر جنبه‌های گوناگون مخاطرات و در مقیاس‌های متفاوت، تمرکز داشت و این الگوی مطالعه می‌تواند درمورد سایر پیکره‌های آبی رودخانه‌ای و مصبی کشور نیز به کار رود. درپایان، باید اشاره کرد که استقرار بی‌ضابطهٔ شهرها و توسعهٔ آنها در حاشیهٔ مصب‌ها، بدون انجام دادن مطالعات EIA، باعث شده است در بسیاری از نقاط دنیا این بوم‌سازگان‌های ارزشمند در فشار شدیدی قرار بگیرند؛ این فشار در اغلب بوم‌سازگان‌های مصبی، به‌صورت آلودگی‌های صنعتی و شهری، تخریب زیستگاه، کاهش میزان تنوع زیستی، یکنواخت شدن و تکه‌تکه شدن زیستگاه، از دست رفتن ارزش‌های زیبایی‌شناختی و درنَهایت، ازبین رفتن خدمات اکولوژیک جلوه می‌یابد. مدیران بخش محیط‌زیست کشور می‌توانند این پژوهش را به‌منزلهٔ اطلاعات پایه‌ای شایان توجهی، به‌منظور جلوگیری از روبه‌رو شدن با چالش‌های محیط‌زیستی بزرگ‌تر، به کار ببرند.

واژه‌های کلیدی: مصب، فشارهای انسانی، حفاظت، اکوسیستم‌های آبی.

استناد:
بدری، م.، رضایی، م.ر.، مصطفوی، ح.، صیادی، م.ح.، ارزیابی یکپارچه و ترسیم مکانی مخاطرات محیط‌زیستی مؤثر در وضعیت اکولوژیکی مصب‌ها در مقیاس حوضهٔ آبریز(مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ تجن)، نشریه سنجش از دور و GIS ایران. سال ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴: ۱۴۹-۱۷۰.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mrrezaei@birjand.ac.ir , h-mostafavi@sbu.ac.ir
شناسه دیجیتال مقالات: https://gisj.sbu.ac.ir/article_104759.html
دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۴
Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱- مقدمه

از دیدگاه بیولوژی، مصب‌ها را می‌توان پرتولیدترین بوم‌سازگان‌های جهان برشمرد (França et al., 2011; Wetzel et al., 2013; Robb, 2014). مصب‌ها مناطقی بینابینی و انتقالی درمیان رودخانه و دریا هستند و این وضعیت قرارگیری و ترکیب فرایندهای محیط خشکی و دریا، درون آنها، به شکل‌گیری بوم‌سازگانی با پویایی اکولوژیک و ساختاری پیچیده منجر شده است (Dowdall et al., 2022). مصب‌ها نقش مهمی در محیط‌زیست فلات قاره ایفا می‌کنند (Dauvin et al., 2014) و مکانی دارای اهمیت برای تغذیه، تخم‌ریزی و گذراندن دوران نوزادی بسیاری از جانوران به شمار می‌روند (Glamore et al., 2016). برای نمونه، بیش‌از ۷۰٪ گونه‌های ماهیان در جنوب‌شرق استرالیا، برای تکمیل چرخهٔ زندگی خود، به‌سوی مصب‌ها حرکت می‌کنند (Copeland & Pollard, 1996). همچنین بسیاری از گونه‌های جانوری، برای آشیانه‌گزینی، به زیستگاه‌های این بوم‌سازگان وابسته‌اند. این اکوسیستم‌ها خدمات اقتصادی، فرهنگی و محیط‌زیستی شایان توجهی دارند که ازجملهٔ آنها می‌توان به این موارد اشاره کرد: تولید غذا، تهیهٔ محصولات شیمیایی و داروها، تولید مواد خام، خدمات تنظیم و نگهداری همانند تنظیم فرایندهای جذب زباله، ذخیره و چرخهٔ مواد مغذی، تنظیم ترکیبات گازی اتمسفر و اقلیم، حفظ چرخه‌های هیدرولیکی، شکل‌دهی و تثبیت رسوب، حفاظت از ساحل و خط ساحلی، تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری، خدمات فرهنگی و معنوی، تفریحی و گردشگری، زیبایی‌شناختی، منابع ژنتیکی و حفظ تنوع زیستی (Thrush, 2013). مناطق مصبی درحال‌حاضر، ازلحاظ اکولوژیکی، درحال تخریب شدن‌اند (Dowdall et al., 2022) زیرا این دسته از بوم‌سازگان‌ها می‌توانند تحت تأثیر طیف پیچیده‌ای از عوامل قرار گیرند (NSW, 2015)؛ برای نمونه، جوامع بشری ازیک‌سو مزایای این بوم‌سازگان‌ها را دریافت و ازسوی دیگر، تأثیرات نامطلوب چشمگیری بر آنها تحمیل می‌کنند (Weinstein et al., 2007). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد بیش‌از ۶۰٪ جمعیت زمین در مناطق ساحلی سکونت دارند (Ray, 2006)؛ ازاین‌رو توسعهٔ سریع شهرها و انجام شدن فعالیت‌های کشاورزی را می‌توان دو عامل اصلی تشدیدکنندهٔ از دست رفتن تالاب‌ها و تخریب کیفیت آب این مناطق ساحلی برشمرد (Lee & Lee, 2012; Morris et al., 2015). بنابراین مصب‌ها را می‌توان درزمرهٔ آن دسته از سیستم‌های طبیعی به شمار آورد که در سراسر جهان، با سنگین‌ترین تهدیدها و فشار استفاده مواجه شده‌اند (Lotze et al., 2006; Worm et al., 2006; Halpern et al., 2008). ازآنجاکه مخاطرات محیط‌زیستی سبب ازبین رفتن خدمات اکولوژیک مصب‌ها می‌شوند، نتایج پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که این فشارها معمولاً از نقاط متفاوتی بر اکولوژی مصب‌ها وارد می‌شود و در اغلب موارد نیز، سهم این استرس‌ها ازسوی حوضهٔ آبریز بسیار بیشتر از بخش دریا و یا مقیاس محلی (مصب) است. بنابراین، برای مدیریت بوم‌سازگان مصب، در گام نخست باید فشارها را به‌دقت شناسایی کرد تا مدیریت بوم‌سازگان مصب مؤثر و مفید باشد. این پژوهش با هدف پاسخ دادن به دو پرسش اساسی طراحی شده است:

۱) وضعیت پارامترهای کیفی آب، در قالب شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc)، در منطقهٔ مورد مطالعه چگونه است؟

۲) فشارهای مؤثر در وضعیت مصب تجن کدام‌اند؟

همچنین، با بررسی نقش مخاطرات محیط‌زیستی در سلامت مصب رودخانهٔ تجن، بر آن است تا فشارهای مؤثر در وضعیت مصب این رود را در ابعاد گوناگون و در دو مقیاس حوضهٔ آبریز و مصب آن، به‌صورت یکپارچه شناسایی و ارزیابی کند و با آشکارسازی میزان تأثیرات نامطلوب فشارهای انسانی در این بوم‌سازگان و بهره‌گیری از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران، وضعیت سلامت آن را بازتاب دهد. در اغلب پژوهش‌های انجام‌شده، یا صرفاً بر آلودگی‌ها تمرکز شده و یا انواع فشارها، به‌صورت پراکنده و در مقیاس‌های

نامناسب، بررسی شده‌اند. ازجمله دلایل انتخاب مصب رودخانهٔ تجن در این پژوهش، می‌توان به تنوع‌زیستی شایان توجه این حوضهٔ آبریز و نیز میزان بالای قرار داشتن مصب تجن درمعرض فشارهای چندگانه، درقیاس با دیگر مصب‌ها در حوضهٔ جنوبی دریای خزر، اشاره کرد. ازاین‌رو نگارندگان تلاش می‌کنند، با معرفی رویکردی جامع و در نظر گرفتن وضعیت حوضهٔ آبریز این رود، شیوه‌ای جامع و نوین درزَمینهٔ مطالعات یکپارچهٔ بوم‌سازگان مصب مطرح کنند.

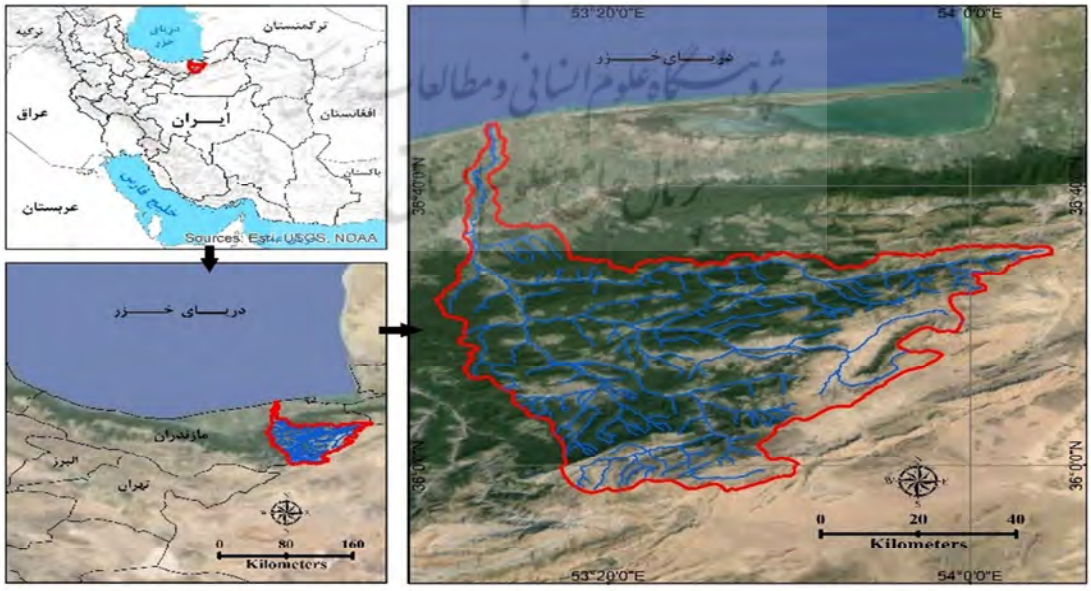
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن، با وسعتی حدود ۴۰۱۵/۸۸ کیلومترمربع و مختصات جغرافیایی ۵۲° ۵۶' و ۵۴° ۵۹' طول شرقی و ۳۵° ۵۶' و ۳۶° ۴۹' عرض شمالی، در زون 39N سیستم UTM و بیضوی WGS84، در استان مازندران واقع شده است (شکل ۱). رودخانهٔ تجن و حوضهٔ آبریز آن یکی از رودخانه‌های مستقل دریای خزر است که در زیرحوضهٔ نکا- تجن در شرق شهرستان ساری و جنوب شهرستان‌های نکا و بهشهر جریان دارد. این رودخانه از رودخانه‌های مهم و دائمی استان مازندران است. به‌لحاظ فیزیوگرافیک، حوضهٔ آبریز آن به پنج زیرحوضهٔ اصلی و کلانِ سفیدرود و شیرین‌رود (زیرحوضهٔ دودانگه)، چهاردانگه، لاجیم‌دره، زارم‌رود و تجن تقسیم می‌شود. این حوضه بخش‌هایی از دو زون زمین‌ساختی البرز و گرگان- رشت را دربرمی‌گیرد. گسل البرز حد جدایی این دو زون است؛ به‌نحوی که در شمال گسل البرز، زون گرگان- رشت و در جنوب آن، زون البرز قرار دارد (Khazar Consulting Engineers, 2005).

۲-۲- تعیین ایستگاه‌های نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی و سنجش آنها، با در نظر گرفتن عوامل گوناگون تأثیرگذار در مصب، تعیین ایستگاه‌ها با رویکردی یکپارچه انجام شد؛ این عوامل عبارت است از کیفیت آب، تغییرات هیدرولوژیکی، پیوستگی، تغییرات مورفولوژیکی (کانال‌سازی)، وضعیت بیولوژیکی (مانند وضعیت گونه‌های غیربومی یا صید بی‌رویهٔ ماهی) و همچنین تکیه بر پردازش‌های علمی اولیه و بازدیدهای میدانی. بر این مبنا، بیست ایستگاه به‌گونه‌ای انتخاب شدند که



شکل ۱. حوضهٔ رودخانهٔ تجن و مصب تجن در استان مازندران، حوضهٔ جنوبی دریای خزر

نوع فشار، پراکنش و میزان شدت آنها بر مصب را بتوان ردیابی و ارزیابی کرد. برای بررسی زیرحوضه و تغییرات کاربری زمین، از لایهٔ رقومی ارتفاع راداری SRTM با قدرت تفکیک ۹۰ متر استفاده شد (جدول ۱). نقشهٔ زیرحوضه نیز براساس آخرین نسخهٔ شبکهٔ هیدروگرافی وزارت نیرو، با استفاده از برنامهٔ الحاقی ArcHydro در محیط نرم‌افزار ArcGIS، ایجاد شد.

برای ارزیابی انواع فشارهای انسانی واردشده بر حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن، در این پژوهش، ابعاد گوناگونی بررسی شد؛ ازجمله کاربری، پیوستگی، هیدرولوژی، مورفولوژی، کیفیت آب. روش ارزیابی هریک از این ابعاد شامل مواردی است که دراِدامه می‌آید.

- **شدت کاربری اراضی حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن:** برای ارزیابی این فشار، دو کاربری کشاورزی و شهرنشینی بررسی شده است. طبقه‌بندی سطوح گوناگون فشار، در هر کاربری، با استفاده از استاندارد طبقه‌بندی فشارهای انسانی مصطفوی[1] و همکاران (۲۰۱۵؛ ۲۰۱۹) انجام گرفت (جدول ۲). طبق این جدول، برحسب درصد نوع کاربری در هر زیرحوضه، شدت یا میزان فشار آن زیرحوضه تعیین شد.
- **شدت فشار پیوستگی، هیدرولوژی و مورفولوژی:** برپایهٔ بازدیدهای میدانی انجام‌شده در این پژوهش و همچنین نتایج گزارش‌ها و منابع معتبر دربارهٔ مصب تجن و درپایان، گردآوری نقشه‌های ماهواره‌ای، توپوگرافی، کاربری اراضی و سایر مستندات مورد نیاز، وضعیت پیوستگی رودخانه (سدها، پل‌ها و موانع) و سایر فشارهای انسانی، ازجمله صنایع، کارگاه‌های پرورش ماهی، واحدهای شن‌شویی و دیگر موارد، و نحوهٔ تأثیرگذاری آنها در مصب تجن بررسی شد.
- **شدت فشار بر کیفیت آب:** برای ارزیابی این فشار، از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران استفاده شد. این شاخص به‌منزلهٔ ابزاری کارآمد در طبقه‌بندی کیفیت منابع آب طراحی شده است؛ به‌گونه‌ای که هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، کیفیت آب بهتر خواهد بود (جدول ۳).

برای محاسبهٔ این شاخص، مقدار پارامترهای اندازه‌گیری‌شده به‌منزلهٔ ورودی شاخص به کار می‌رود. سپس، براساس جدول ۴، به هر پارامتر یک وزن اختصاص می‌یابد. در مرحلهٔ بعد، با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی، غلظت هر پارامتر به عدد

جدول ۱. مشخصات تصاویر مورد استفاده در محدودهٔ مورد مطالعه

تصویر	نوع‌سنجنده	تاریخ تصویربرداری	مبنا
LANDSAT	L5-TM	۱۹۸۵/۶/۲۲	WGS 1984
	L5-TM	۱۹۹۵/۶/۲۶	WGS 1984
	L8, OLI-TIRS	۲۰۲۱/۶/۲۹	WGS 1984

منبع: Country Mapping Organization, 2001; 2011; 2021

جدول ۲. تقسیم‌بندی کاربری‌های کشاورزی و شهری براساس میزان فشارها

تقسیم‌بندی کاربری	۱ (وضعیت خوب)	۳ (وضعیت متوسط)	۵ (وضعیت بحرانی)
کاربری کشاورزی	1 = <10%	3 = ≥10% and <40%	5 = ≥40%
کاربری شهری	1 = <1%	3 = ≥1% and <15%	5 = ≥15%

1. Mostafavi

جدول ۳. پارامترهای شاخص $IRWQI_{SC}$ (سمت راست) و وزن آنها؛ طبقه‌بندی آب‌های سطحی براساس شاخص $IRWQI_{SC}$ (سمت چپ)

پارامتر	وزن	پارامتر	وزن	مقدار شاخص	معادل توصیفی
کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	کمتر از ۱۵	خیلی بد
BOD_5	۰/۱۱۷	آمونیوم	۰/۰۹	۱۵ - ۲۹/۹	بد
COD	۰/۰۹۳	کدورت	۰/۰۶۳	۳۰ - ۴۴/۹	نسبتاً بد
pH	۰/۰۵۱	سختی کل	۰/۰۵۹	۴۵ - ۵۵	متوسط
نیترات	۰/۱۰۸	فسفات	۰/۰۸۷	۵۵/۱ – ۷۰	نسبتاً خوب
اکسیژن محلول	۰/۰۹۷			۷۰/۱ - ۸۵	خوب

شاخص آن پارامتر تبدیل می‌شود و طبق معادله‌های (۱) و (۲)، درنَهایت مقدار شاخص تعیین می‌شود. پس‌از تعیین میزان شاخص $IRWQI_{SC}$ براساس معادله‌های مورد اشاره، طبقه‌بندی کیفی رودخانه در هر ایستگاه و در دو فصل سرد و گرم انجام شد.

$$IRWQI_{sc} = (\Pi_{i=1}^{n} I_i^{W_i})^{(1/\gamma)} \quad (۱)$$

$$\gamma = \sum_{i=0}^{n} W_i \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، Wi وزن پارامتر iاُم، n تعداد پارامترها، Ii مقدار شاخص برای پارامتر iاُم از منحنی رتبه‌بندی و Υ جمع وزن پارامترهاست.

۲-۳- تهیهٔ نقشهٔ فشار تجمعی

ازطریق روی‌هم‌گذاری نقشه‌های به‌دست‌آمده از فشارهای مختلف در این پژوهش، نقشهٔ نهایی فشار تجمعی زیرحوضه‌ها تهیه شد. درپایان، با استفاده از دستورالعمل چارچوب آب (WFD)، لزوم و یا نیاز نبودن به فعالیت‌های احیا (شکل ۲) درمورد هریک از ایستگاه‌ها تعیین شد.

۲-۴- عملیات نمونه‌برداری و آزمایشگاهی

به‌منظور بررسی فاکتورهای محیطی شامل دما، pH، شوری، هدایت الکتریکی و اکسیژن محلول، از دستگاه مولتی پارامتر HACH مدل HQ40d استفاده شد. سنجش نیتریت براساس تشکیل رنگ آزو، با استفاده از معرف‌های نفتیل‌اتیلن دی‌امین و سولفانیل‌آمید در طول‌موج ۵۴۰ نانومتر، انجام شد و غلظت نیترات در نمونه‌ها براساس روش رنگ‌سنجی و ایجاد رنگ دی‌آزو، با استفاده از معرف‌های سولفانیل‌آمید و نفتیل‌آمین در طول‌موج ۵۴۰ نانومتر، با دستگاه اسپکتروفتومتر و منحنی کالیبراسیون تهیه‌شده از محلول‌های استاندارد، تعیین شد. روش رنگ‌سنجی، برمبنای تشکیل کمپلکس آبی‌رنگ فسفومولیبدات با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۸۸۳ نانومتر نیز، برای تعیین فسفات به کار رفت. برای اندازه‌گیری سایر پارامترهای شاخص $IRWQI_{SC}$، با استفاده از بطری مناسب، نمونه‌های آب جمع‌آوری شد و به آزمایشگاه مورد اعتماد انتقال یافت. تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها نیز با کمک نرم‌افزارهای Excel نسخهٔ ۲۰۱۶ و همچنین SPSS نسخهٔ ۲۵ انجام شد.

شکل ۲. دستورالعمل احیا برای سایت‌هایی که براساس WFD در طبقات متوسط، ضعیف و بد قرار می‌گیرند

۳- نتایج

نتایج بررسی‌های این پژوهش در جدول‌های ۴ و ۵ و نیز شکل‌های ۳ تا ۲۹ نشان داده شده است. در این تصاویر، اطلاعات دربارهٔ شدت فشار کشاورزی (شکل ۳)، وجود داشتن یا نبود کاربری شهری و شدت آن (شکل ۴)، نحوهٔ پراکنش سدها و موانعی همچون بندآب‌های کوچک، پایهٔ پل‌ها و دایک‌ها (شکل‌های ۵ و ۶)، فشار درزَمینهٔ برداشت شن و ماسه (شکل ۷)، فشار کانال‌سازی در حوضهٔ آبریز (شکل ۸)، فشار صنعت (شکل ۹)، فشار درزَمینهٔ کارگاه‌های پرورش ماهی (شکل ۱۰) بر پیکرهٔ آبی مصب تجن و حوضهٔ آبریز آن ارائه شده است. همچنین مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ BOD_5 (شکل‌های ۱۱ و ۱۲)، COD (شکل‌های ۱۳ و ۱۴)، DO (شکل‌های ۱۵ و ۱۶)، EC (شکل‌های ۱۷ و ۱۸)، pH (شکل‌های ۱۹ و ۲۰)، دمای آب (شکل‌های ۲۱ و ۲۲)، کدورت (شکل‌های ۲۳ و ۲۴)، فشار تجمعی برحسب شدت و تعداد (شکل‌های ۲۷ و ۲۸) و کیفیت آب (شکل‌های ۲۵ و ۲۶) براساس شاخص $IRWQI_{(SC)}$ در حوضهٔ آبریز تجن، به‌تفکیک و در فصل‌های سرد و گرم آمده است. در شکل ۲۹ نیز، درصد سهم گونه‌های ماهی در رودخانهٔ تجن، ازنظر بومی یا غیربومی بودن، ارائه شده است.

۴- بحث

مصب‌ها از مهم‌ترین مناطق ساحلی‌اند که نقش نواحی انتقالی یا اکوتون‌ها را در بوم‌سازگان‌های آبی بر عهده دارند؛ در این مکان‌ها، آب شیرین حاصل از زهکشی زمین با آب دریا مخلوط می‌شود (Kennish, 2002). تراکم بالای جمعیت گونه‌های ساکن سبب افزایش چشمگیر میزان تولید اولیهٔ مصب‌ها شده است (Cloern et al., 2014; Odum, 1956). شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران تلفیق دو شاخص NSFWQI و BCEQI است. در پژوهش حاضر، شاخص مورد نظر به این دلیل انتخاب شده که وضعیت کیفیت آب را با استفاده از پارامترهای کیفی متنوع‌تر، به‌صورت کمّی نشان می‌دهد؛ افزون‌براین، مدیریت منابع آب ایران شاخص یادشده را برای مطالعهٔ کیفی آب‌های سطحی کشور و با هدف استفاده از روش متناسب با شرایط طبیعی و مسائل و مشکلات آب ایران، معرفی و تدوین کرده است. نتایج کاربرد شاخص IRWQIsc و اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به آن در ایستگاه دهانهٔ مصب، در این پژوهش، نشان می‌دهد کیفیت آب مصب تجن نامناسب و بد است. درمورد مناطق حفاظت‌شده، به‌تنهایی و به‌صرف تحت حفاظت بودن و بدون مدیریت بخش‌های هم‌جوار، نمی‌توان به اهداف حفاظتی دست یافت (Wauchope et al., 2022). بدین‌ترتیب، براساس مطالعات کنیش[1] (۲۰۰۲)، در بوم‌سازگان‌های مصبی آلاینده‌های متعددی وجود دارند که اغلب، با مکانیسم‌ها و مسیرهای مشابهی، به پیکرهٔ این اکوسیستم‌ها راه یافته‌اند و در پژوهش‌های گوناگونی گزارش شده‌اند. این مکانیسم‌ها و مسیرها عبارت‌اند از: ۱) وجود مواد مغذی بیش‌ازحد که باعث غنی شدن تدریجی و ایجاد مشکلات اوتریفیکاسیون دوره‌ای می‌شود؛ ۲) ورود فاضلاب و سایر ضایعات نیازمند اکسیژن (مواد آلی اغلب کربنی) که شرایط بی‌هوازی در آب‌های ساحلی پدید می‌آورد؛ ۳) ورود پاتوژن‌ها (مثلاً برخی باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها) و سایر عوامل عفونی که اغلب ناشی از فاضلاب و پساب‌هاست؛ ۴) هیدروکربن‌های نفتی که از تانکرهای حمل مشتقات نفت منشأ می‌گیرند، همچنین حوادث و دیگر نشت‌های شایع حاصل از فعالیت‌های حوزهٔ حمل‌ونقل نفت، پساب‌های غیرنفتی صنایع، زباله‌های شهری و رواناب‌های غیرنقطه‌ای؛ ۵) هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای که با فاضلاب‌ها و پساب‌های صنعتی، رواناب‌های شهری، نشت نفت، قیر و قطران، احتراق سوخت‌های فسیلی و آتش‌سوزی جنگل‌ها به بوم‌سازگان‌های مصب و دریا راه می‌یابد؛ ۶) ترکیبات هیدروکربنی هالوژنه (مانند آفت‌کش‌های ارگانوکلره) که اغلب منشأ کشاورزی و صنعتی دارند؛

1. Kennish

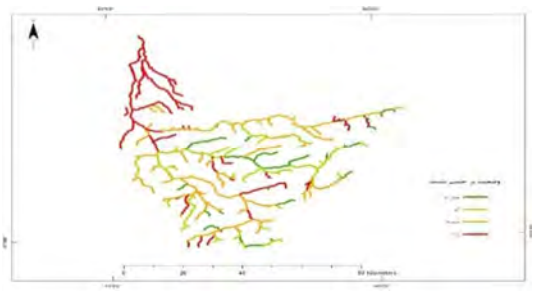
جدول ۴. مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در فصل‌های گرم و سرد

ایستگاه نمونه‌برداری‌ـ فصل گرم (تابستان)

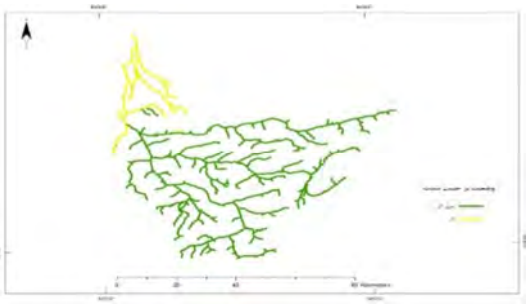
متغیر	واحد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
کدورت	NTU	۹۰/۷	۱۳۵	۱۱۱/۷	۱۲۰/۷	۱۰۹	۱۰۲/۶	۱۱۰/۳	۱۱۸	۱۲۳	۱۲۲	۱۲۶	۱۲۶	۶۴/۱۵	۴/۸	۱۵۴	۲۲۷	۳/۶	۷/۶۳	۷/۶۳	۹/۶
دمای آب	°c	۱۵/۲	۱۴/۸	۱۴/۴	۱۵/۲	۱۵/۳	۱۵/۴	۱۵/۵	۱۵/۶	۱۵/۹	۱۵/۸	۱۵/۵	۱۵/۵	۱۴/۵	۱۵	۱۴/۶	۱۴/۹	۱۳/۵	۱۵/۵	۱۵/۶	۱۶/۷
pH	_	۸	۸/۰۵	۸/۱	۸	۸/۲۵	۸/۵	۸/۴	۸/۳	۸/۳	۸/۴	۸/۵	۸/۵	۸/۲	۷/۸	۸/۱	۸/۲	۸	۷/۴	۷/۳	۸/۲
DO	Mg/l	۵/۵	۵/۹۵	۶/۴	۵/۵	۶/۶	۷/۷	۷/۵	۷/۳	۷/۴	۷/۶	۷/۹	۷/۹	۷/۷	۸/۱	۷/۵	۸/۲	۷/۴	۷/۱	۶/۹	۷/۸
BOD	Mg/l	۳۴/۶۴	۱۸	۱/۳۶	۳۴/۶۴	۲۱/۹۲	۹/۲	۷/۱۷۵	۵/۱۵	۵/۷۳	۵/۴	۱۰/۵۶	۱۰/۵۶	۵/۱۶	۱/۹	۶/۹	۱۱/۶	۲/۸	۱/۶	۱/۲۸	۶/۸
COD	Mg/l	۴۳/۳	۲۲/۵	۱/۷	۴۳/۳	۲۷/۴	۱۱/۵	۸/۹	۹/۳	۶/۱	۶/۷۵	۱۳/۲	۱۳/۲	۶/۴۵	۰/۴	۸/۷	۱۴/۵	۳/۵	۱/۷	۱/۶	۱۰/۱
EC	µmho/cm	۱۴۴۲	۱۱۴۶/۵	۸۵۱	۱۴۴۲	۱۰۸۴/۵	۷۲۷	۶۹۹/۵	۶۷۲	۷۰۰	۷۰۲	۷۳۲	۷۳۲	۵۶۶	۴۰۵	۶۱۵	۷۹۱	۴۰۸	۴۶۵	۴۵۷	۶۹۴
سختی کل	Mg/l	۲۱۸	۲۰۰/۷	۲۰۵	۱۹۹/۴	۲۰۹	۲۰۸	۲۰۸	۲۱۰/۴	۲۱۱	۲۱۰	۲۱۰/۳	۲۱۸	۲۲۱/۵	۲۳۷	۲۳۵/۶	۲۳۱	۲۴۵/۸	۲۴۶	۲۴۶/۴	۲۲۷/۵
فسفات	Mg/l	۰/۲۲۶	۰/۱۷۲	/۱۱۸	۰/۲۲۶	۰/۲۲۲	۰/۲۱۸	۰/۱۷۹۵	۰/۱۴۱	۰/۱۵۷	۰/۱۶۶	۰/۱۹۱	۰/۱۹۱	۰/۱۱۷	۰/۰۱۲	۰/۱۰۷	۰/۱۲۱	۰/۰۸۶	۰/۰۸۵	۰/۰۸۲	۰/۱۴۱
نیترات	Mg/l	۹	۹/۵	۱۰	۹	۹/۵	۱۰	۱۰	۱۰/۲	۸/۷	۸/۳	۷	۷	۵/۱	۱	۲/۹	۲/۶	۳/۵	۳/۲	۲/۸	۱/۵
آمونیوم	Mg/l	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۷	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰/۲	۰	۰/۱
FC	تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰

ایستگاه نمونه‌برداری‌ـ فصل سرد (پاییز)

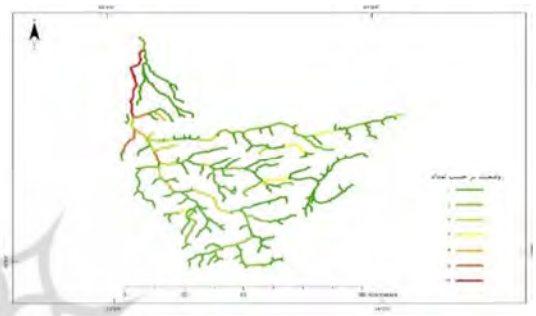
متغیر	واحد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
کدورت	NTU	۸۵/۸	۱۲۵	۱۱۰	۱۰۴/۸	۹۶/۳	۹۸	۱۰۴	۱۱۰	۱۱۸	۱۱۵	۱۰۸	۱۰۶	۵۸/۷	۷.۲	۱۲۳	۴/۲	۳/۸۷	۴/۲۵	۴/۱	۲۲
دمای آب	°c	۱۳	۱۳/۲	۱۳	۱۱/۵	۱۱/۸	۱۲/۱	۱۲	۱۲	۱۱/۵	۱۱/۶	۱۰/۹	۱۱/۴	۱۲	۹	۱۱	۱۰/۵	۱۰/۲	۱۰	۹/۵	۱۳
pH	_	۸	۸/۱	۸/۲	۸/۲	۸/۳	۸/۳	۸/۳	۸/۳	۸/۳	۸/۳	۸/۴	۸/۳	۸/۲	۷/۸	۸/۲	۸/۲	۸	۸	۸	۸/۲
DO	Mg/l	۴/۵	۴/۶	۵/۱	۴/۸	۵/۳	۵/۵	۵/۵	۵/۴	۵/۷	۵/۷	۵/۸	۵/۸	۵/۷	۶/۳	۶/۱	۶/۳	۶/۳	۶/۳	۶/۴	۴/۶
BOD	Mg/l	۱۷/۲	۱۰	۱/۵	۱۴	۸/۹	۳/۸	۲/۳	۳/۱	۳/۱	۳/۲۵	۹/۸	۹/۴	۲/۷	۰/۸۵	۳/۲	۷/۶	۱/۳	۰/۹	۰/۹	۱/۶
COD	Mg/l	۲۱/۳	۱۱/۲۵	۱/۲	۱۲/۵	۵	۶	۷/۱	۸/۲	۷/۸	۵/۱	۶/۵	۶/۵	۴/۲	۰/۳	۴/۲	۶/۷	۱/۲۵	۰/۹۵	۰/۹	۹
EC	µmho/cm	۱۶۵۱	۱۶۰۱	۸۶۳	۱۳۹۸	۱۰۶۲/۵	۷۲۷	۷۱۲	۶۸۹	۶۹۵	۷۱۰	۷۰۸	۷۱۵	۵۸۶	۴۰۰	۶۰۵	۷۸۵	۴۰۵	۴۲۸	۴۵۰	۵۱۳
سختی کل	Mg/l	۲۱۰	۲۰۰	۲۰۱	۱۹۸	۲۰۵	۲۰۰	۲۰۷	۲۱۰	۲۱۰	۲۰۶	۲۱۰	۲۰۸	۲۱۱	۲۱۵	۲۲۵	۲۱۹	۲۳۵	۲۳۰	۲۴۰/۵	۲۰۸
فسفات	Mg/l	۰/۱۹۵	۰/۱۵۳	۰/۱۱	۰/۱۸۵	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۱۱۲	۰/۹۵	۰/۱۱۷	۰/۰۱	۰/۸۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶۲	۰/۰۵	۰/۱۴۲
نیترات	Mg/l	۷	۷/۵	۸/۶	۷/۱	۸	۹	۸/۹	۸/۷	۸/۲	۷/۲	۵/۷	۵/۵	۵/۵	۱	۳/۵	۱/۲۵	۳	۱/۵	۱/۲۵	۱/۵
آمونیوم	Mg/l	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲۵	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰	۰	۰/۱
FC	تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰



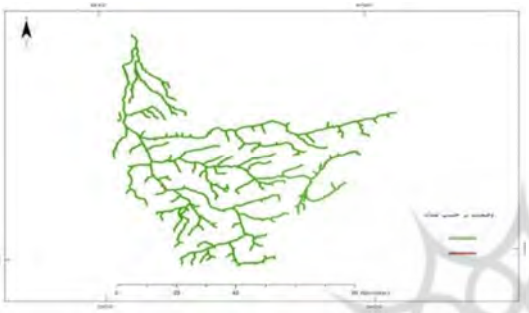
شکل ۳. فشار کشاورزی برحسب شدت (وضعیت) در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن



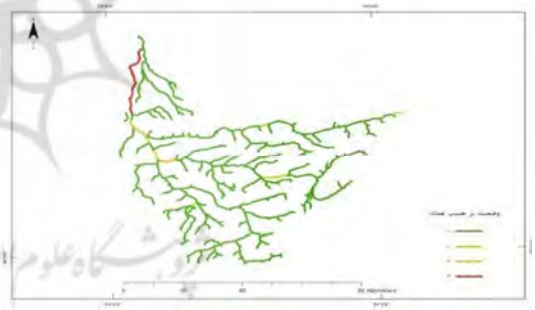
شکل ۴. فشار شهری برحسب شدت (وضعیت) در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن



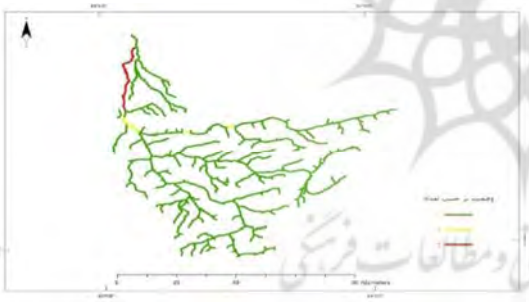
شکل ۵. فشار پل‌ها و موانع برحسب تعداد در حوضهٔ آبریز تجن



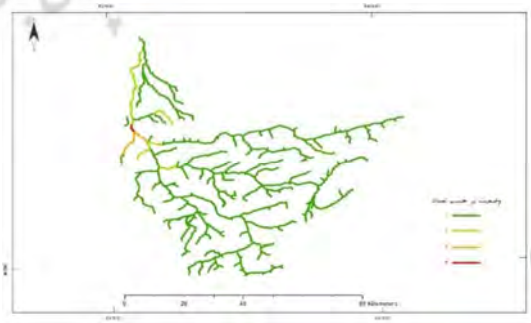
شکل ۶. فشار سدسازی برحسب تعداد در رودخانهٔ تجن‌ـ سد سلیمان‌تنگه



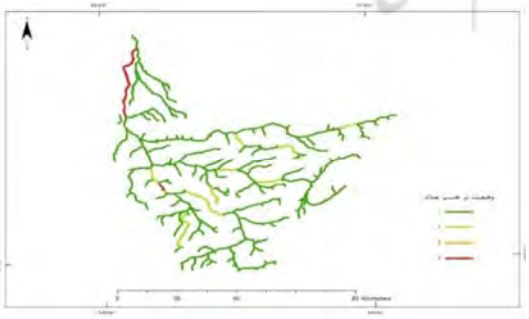
شکل ۷. فشار برداشت شن و ماسه برحسب تعداد در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن



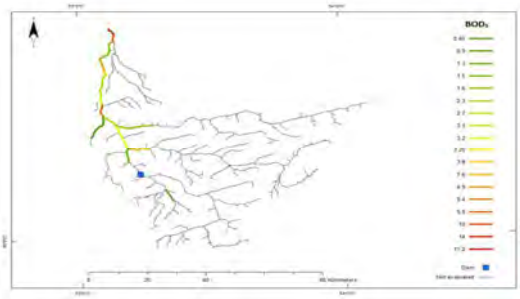
شکل ۸. فشار کانال‌سازی برحسب تعداد در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن



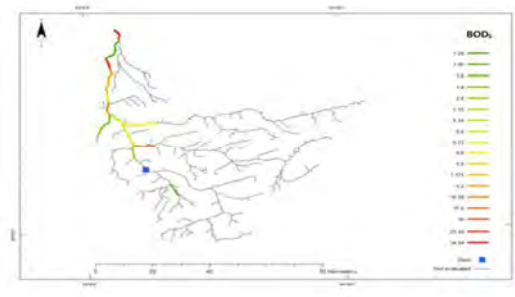
شکل ۹. فشار صنعت برحسب تعداد در حوضهٔ آبریز تجن



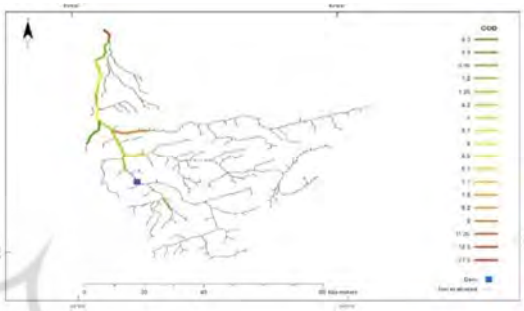
شکل ۱۰. فشار کارگاه پرورش ماهی برحسب تعداد در رودخانهٔ تجن



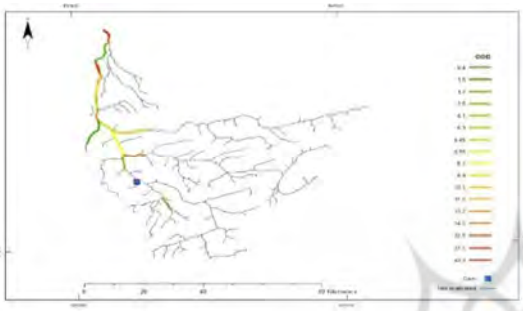
شکل ۱۱. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ BOD5 در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل پاییز



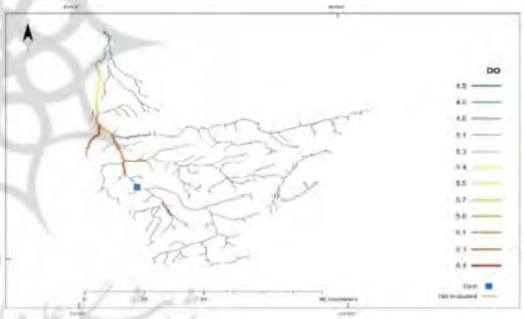
شکل ۱۲. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ BOD5 در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل گرم



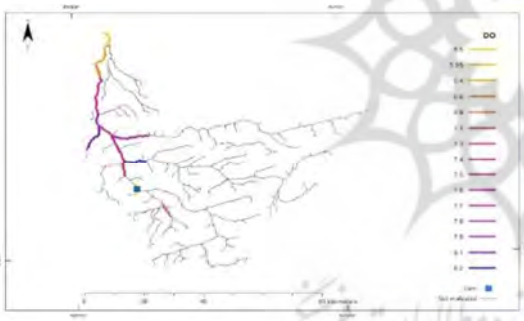
شکل ۱۳. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ COD در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل پاییز



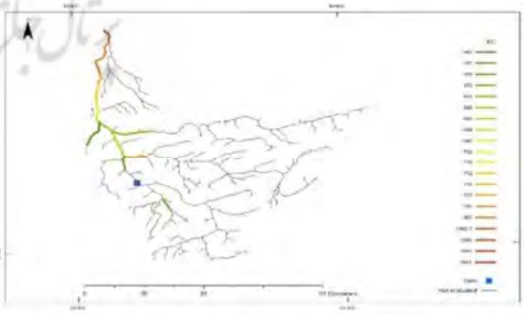
شکل ۱۴. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ COD در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل گرم



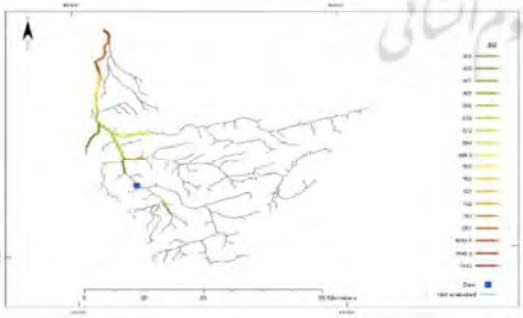
شکل ۱۵. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ DO در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل پاییز



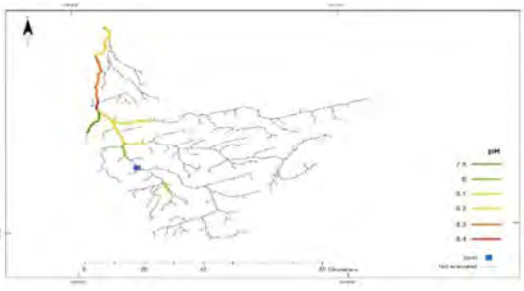
شکل ۱۶. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ DO در حوضهٔ آبریز تجن در فصل گرم



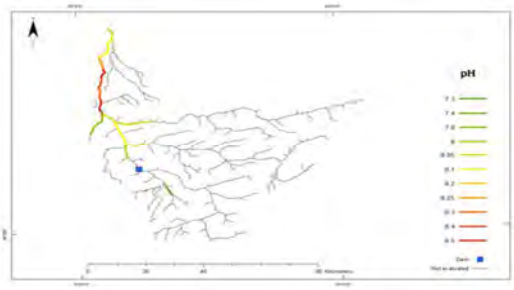
شکل ۱۷. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ EC در حوضهٔ آبریز تجن در فصل پاییز



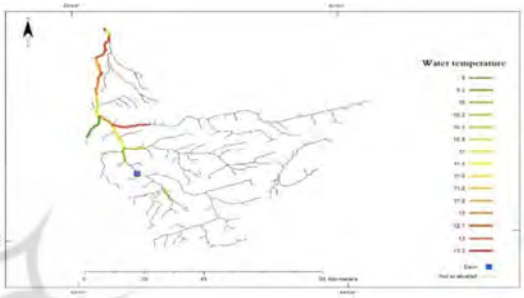
شکل ۱۸. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ EC در حوضهٔ آبریز تجن در فصل گرم



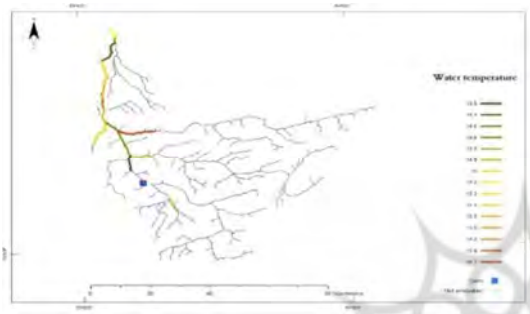
شکل ۱۹. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ pH در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل پاییز



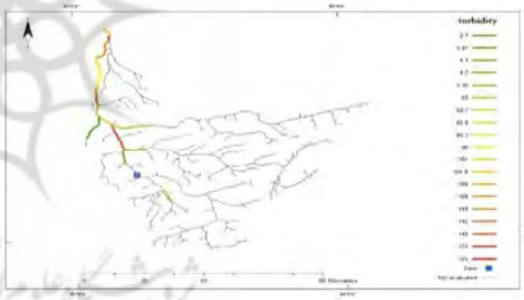
شکل۲۰. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ pH در حوضهٔ آبریز تجن در فصل گرم



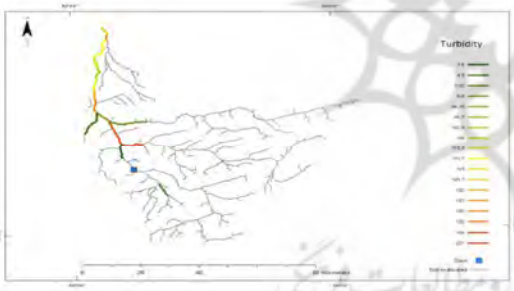
شکل ۲۱. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ دمای آب در حوضهٔ آبریز تجن در فصل پاییز



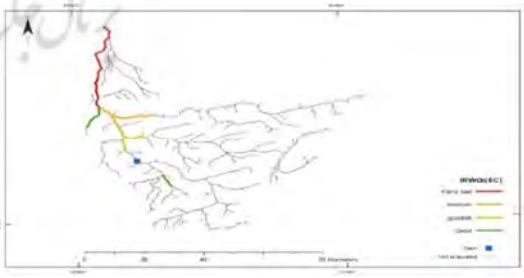
شکل ۲۲. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ دمای آب در حوضهٔ آبریز تجن در فصل گرم



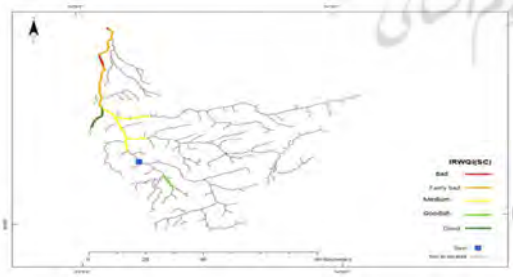
شکل ۲۳. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ کدورت در حوضهٔ آبریز تجن در فصل پاییز



شکل ۲۴. مقادیر اندازه‌گیری‌شدهٔ کدورت در حوضهٔ آبریز تجن در فصل گرم



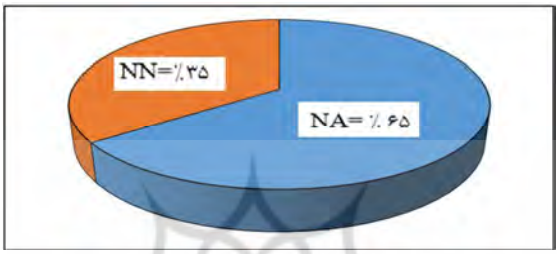
شکل ۲۵. کیفیت آب براساس شاخص IRWQI(SC) در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل پاییز



شکل ۲۶. کیفیت آب براساس شاخص IRWQI(SC) در حوضهٔ آبریز تجن طی فصل گرم

شکل ۲۷. شکل فشار تجمعی برحسب شدت در رودخانهٔ تجن

شکل ۲۸. فشار تجمعی برحسب تعداد در رودخانهٔ تجن



شکل ۲۹. درصد سهم گونه‌های ماهی بومی و غیربومی در رودخانهٔ تجن (NA: بومی، NN: غیربومی)

جدول ۵. دستورالعمل احیا برای سایت‌هایی که براساس WFD، در طبقات متوسط، ضعیف و بد قرار می‌گیرند؛ نتایج برگرفته از شاخص IRWQI(SC) است

شمارهٔ ایستگاه	نتیجهٔ شاخص IRWQI(SC) در فصل گرم	کیفیت آب براساس شاخص IRWQI(SC) در فصل گرم	نتیجهٔ شاخص IRWQI(SC) در فصل پاییز	کیفیت آب براساس شاخص IRWQI(SC) در فصل پاییز	نیاز به اقدام برای احیای رودخانه	شمارهٔ ایستگاه	نتیجهٔ شاخص IRWQI(SC) در فصل گرم	کیفیت آب براساس شاخص IRWQI(SC) در فصل گرم	نتیجهٔ شاخص IRWQI(SC) در فصل پاییز	کیفیت آب براساس شاخص IRWQI(SC) در فصل پاییز	نیاز به اقدام برای احیای رودخانه
۱	۲۲/۴	بد	۲۸/۵	بد	دارد	۱۱	۳۱/۸	نسبتاً بد	۳۲/۹	نسبتاً بد	دارد
۲	۲۸/۹	بد	۳۱/۹	نسبتاً بد	دارد	۱۲	۳۳/۴	نسبتاً بد	۳۰/۶	نسبتاً بد	دارد
۳	۳۹/۲	نسبتاً بد	۳۸/۴	نسبتاً بد	دارد	۱۳	۳۸/۹	نسبتاً بد	۳۸/۷	نسبتاً بد	دارد
۴	۲۲/۲	بد	۳۰/۷	نسبتاً بد	دارد	۱۴	۷۳/۱	خوب	۷۳	خوب	ندارد
۵	۲۷/۱	بد	۳۳/۶	نسبتاً بد	دارد	۱۵	۳۶/۹	نسبتاً بد	۵۱/۴	متوسط	دارد
۶	۳۴/۱	نسبتاً بد	۳۶/۲	نسبتاً بد	دارد	۱۶	۵۰/۸	متوسط	۶۰/۵	نسبتاً خوب	ندارد
۷	۳۵/۴	نسبتاً بد	۳۷/۲	نسبتاً بد	دارد	۱۷	۴۱/۱	نسبتاً بد	۶۳/۹	نسبتاً خوب	دارد
۸	۳۶/۶	نسبتاً بد	۳۷	نسبتاً بد	دارد	۱۸	۶۱/۸	نسبتاً خوب	۶۸/۷	نسبتاً خوب	ندارد
۹	۳۶/۳	نسبتاً بد	۳۳/۵	نسبتاً بد	دارد	۱۹	۶۴/۶	نسبتاً خوب	۶۹/۲	نسبتاً خوب	ندارد
۱۰	۳۵	نسبتاً بد	۳۲/۶	نسبتاً بد	دارد	۲۰	۴۷	متوسط	۴۸/۹	متوسط	ندارد

۷) فلزات سنگین انباشته‌شدهٔ حاصل از فرایند ذوب، تخلیهٔ لجن، فاضلاب، خاکستر، دفع مواد لایروبی، رنگ‌های ضدرسوب، تیمارکننده‌های بذر، خوردگی‌های قطعات نیروگاهی، پساب‌های پالایشگاه‌های نفتی و سایر فرایندهای صنعتی؛ ۸) مواد رادیواکتیو تولیدشده با گداخت و استخراج اورانیوم نیروگاه‌های هسته‌ای و همچنین مواد رادیواکتیو به‌کاررفته در کاربردهای صنعتی، پزشکی و علمی؛ ۹) بارگذاری حرارتی آب‌های طبیعی، پیش‌از هرچیز، به‌دلیل خنک کردن آب خنک‌کننده‌های نیروگاه‌های تولید برق؛ ۱۰) آوارها و زباله‌های واردشده برأثر فعالیت‌های گوناگون دریایی و زمینی؛ ۱۱) خاکسترهای بادی (زائده‌های نیروگاه‌های حرارتی)، پسماندهای معادن زغال‌سنگ، لجن‌های ناشی از گوگردزدایی در دودکش‌های صنایع، خاکسترهای کف دیگ بخار و باطلهٔ معادن؛ ۱۲) ضایعات اسیدی معادن؛ ۱۳) مواد دارویی و شیمیایی قلیایی؛ ۱۴) پساب کارخانه‌های تولید کاغذ و خمیر؛ ۱۵) گل حفاری و مته‌های شکستهٔ حفاری؛ ۱۶) جامدات معلق، کدورت، گل‌ولای رسوب.

براساس نتایج این پژوهش، مخاطرات محیط‌زیستی و کاربری‌های متعددی مصب تجن را تهدید می‌کنند که عبارت‌اند از:

کاربری کشاورزی: نتایج بررسی‌های این پژوهش نشان داد بیشترین فشار ناشی از فعالیت‌های کشاورزی متوجه پایین‌دست حوضهٔ آبریز تجن است و بیشتر به شالی‌کاری اختصاص دارد. با توجه به کوهستانی بودن توپوگرافی حوضه، فعالیت‌های کشاورزی در نواحی میان‌دست و بالادست درخور توجه نیست. شکل ۳ شدت فشار کشاورزی را بر پیکرهٔ آبی مصب تجن نشان می‌دهد. کشاورزی مسبب انواع مشکلات آلودگی آب است زیرا استفاده از مواد شیمیایی، مانند سموم دفع آفات و علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها طی روند کشت محصولات کشاورزی در حاشیهٔ رودخانه، در کیفیت آب سیستم‌های آبی تأثیر می‌گذارد (Holden et al., 2015) و برای نمونه، به کاهش اکسیژن محلول (DO) در آب منجر می‌شود. تأثیر کشاورزی در هیدرولوژی رودخانه بسیار درخور توجه است زیرا آبیاری محصولات کشاورزی با برداشت آب از رودخانه‌ها انجام می‌شود و فشار بسیاری بر این بوم‌سازگان وارد می‌کند. به‌عبارت دیگر، برداشت آب ممکن است ماهیت پیوستگی هیدرولوژیکی و اکولوژیکی رودخانه‌ها را تغییر دهد (Bunn & Arthington, 2002). تأثیر فعالیت‌های کشاورزی در بیولوژی رودخانه نیز معضلی جدی است؛ افزایش ورودی رسوبات ریز زمین‌های کشاورزی به رودخانه باعث کاهش ناهمگنی زیستگاه، ازجمله ازبین رفتن چالاب‌های عمیق و کاهش پیچیدگی بستر جریان می‌شود. ازاین‌رو این عامل باعث تغییر در جمعیت زیست‌مندان، به‌ویژه ماهیان، خواهد شد (Saunders & Smith, 1965). فسفر از عناصری است که ورود آن به منابع آبی، به‌ویژه ازلحاظ محیط‌زیستی و تغییر کیفیت آب به‌دلیل تأثیرات ثانویهٔ آن، نگرانی‌هایی ایجاد می‌کند. گرچه فرسایش لزوماً باعث انتقال فسفر به داخل منابع آبی می‌شود، هم‌اکنون زه‌آب فسفر محلول، با نفوذ از پروفیل خاک به داخل آب، بیشترین اهمیت را دارد (Haygarth & Jarvis, 2002). نتایج مطالعات احمدی ممقانی[1] و همکاران (۲۰۱۰) دربارهٔ بررسی منابع آلاینده و کیفیت آب رود تجن نشان داد که فسفر محلول، در منطقهٔ مورد مطالعهٔ آنها، بیشترین غلظت را دارد و به ۰/۶ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد. فسفر در آب‌ها معمولاً ماده‌ای طبیعی، مغذی و محدودکنندهٔ رشد به شمار می‌رود. سطح بحرانی آن برای شکوفایی جلبکی حدود ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر، در شرایط رشد تابستانی است. افزایش جلبک در پیکره‌های آبی باعث افزایش مواد آلی اکسیژن‌خواه می‌شود و درنتیجه، با مصرف اکسیژن محلول در آب و کاهش آن، به‌ویژه در طول شب، سبب کاهش مطلوبیت زیستگاه برای موجودات زنده، به‌خصوص ماهی‌ها، می‌شود.

1. Ahmadi Mamaghani

احمدی ممقانی و همکاران (۲۰۱۱)، طی مطالعهٔ دیگری، تأثیر فعالیت‌های کشاورزی در غلظت آفت‌کش دیازینون در رودخانهٔ تجن را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد تنها منبع ورود دیازینون به این رودخانه، در بازهٔ مورد مطالعه، اراضی کشاورزی، به‌ویژه شالی‌کاری‌های حاشیهٔ رودخانه است. دیازینون، پس‌از ورود به رودخانه، موجودات زنده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در مطالعهٔ دیگری، قانعی تهرانی[1] و همکاران (۲۰۱۵) در رودخانه‌های تجن و سرخرود، طی دورهٔ رهاسازی ماهی سفید انگشت‌قد[2]، فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی را بررسی و سموم ارگانوکلره را شناسایی کردند. نتایج مطالعات آنان نشان داد نیتریت اندازه‌گیری‌شده در رودخانهٔ تجن درحد نامناسب است؛ این میزان بیانگر آلودگی آب رودخانه با سموم کشاورزی یا دیگر آلاینده‌های انسانی و صنعتی است. همچنین مطالعهٔ مورد اشاره گویای آن بود که رودخانه‌های محل رهاسازی بچه‌ماهیان، به‌ویژه در نواحی منطقهٔ مصبی، درمعرض انواع سموم کلره قرار دارد؛ این سموم اغلب محصول فعالیت‌های کشاورزی است و همراه جریان آب‌های سطحی، وارد رودخانه‌های منتهی به خزر می‌شود. مهم‌ترین آسیب این نوع سموم مقاوم بودن در شرایط متفاوت محیط آبی است که برای تجمع در توده‌های زیستی موجودات آبزی، مانند فیتو و زئو و بنتوز، فرصت کافی دارد و بنابراین برای انواع آبزیان سمی و خطرناک محسوب می‌شود.

کاربری شهری: نتایج مطالعهٔ حاضر همچنین نشان داد که بیشترین فشار ناشی از توسعهٔ شهری در پایین‌دست حوضهٔ تجن شکل گرفته است. البته باید اشاره کرد که برخی جمعیت‌های روستایی نیز در نواحی دیگر حوضه سکنا دارند اما، به‌دلیل ناچیز بودن میزان جمعیت‌های روستایی در زیرحوضه‌های بالادست، فشار درخور توجهی این بخش‌ها را تهدید نمی‌کند. شکل ۴ شدت کاربری شهری را نشان می‌دهد. شهرها تغییرات هیدرولوژیکی حوضه‌های طبیعی را تسریع می‌بخشند و ممکن است سبب تغییر در فرکانس سیلاب، جریان پایه و تغییر در میانگین دبی سالیانه شوند و درنتیجه، در هیدرولوژی رودخانه تأثیر می‌گذارند. برای نمونه، سیلاب‌های کوچک ممکن است تا ده‌برابر در مناطق شهری تشدید شوند و خطرهای ناشی از سیلاب را افزایش دهند. توسعهٔ شهری در مورفولوژی رودخانه نقش پررنگی ایفا می‌کند؛ مثلاً تأثیرات انسانی در پوشش‌گیاهی و خاک در مناطق مهم، درپِی شهرنشینی، می‌تواند در فرسایش، حمل و رسوب‌گذاری و به‌تبع آن، ژئومورفولوژی رودخانه تأثیر زیادی داشته باشد (Cooper et al., 2013). تغییرات در زیستگاه طبیعی گیاهان و جانوران بومی حوضهٔ رودخانه‌ها، از دست دادن تنوع زیستی و اختلال در عملکرد بوم‌سازگان از آثار بیولوژیکی توسعهٔ شهری در حوضه‌های رودخانه‌هاست و تغییرات کاربری ناشی از توسعهٔ شهری فرایندهای بوم‌سازگان، مانند بهره‌وری اولیه، تجزیهٔ برگ، چرخهٔ مواد مغذی و ساختار بوم‌سازگان رودخانه‌های شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shukla et al., 2013).

توسعهٔ شهری در کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها نیز تأثیر مهمی دارد زیرا مناطق شهری میزبان مجموعه‌ای از آلاینده‌ها هستند که در کیفیت آب نقش دارد. تولید رواناب از سطوح نفوذناپذیر شهری می‌تواند مجموعه‌ای از آلاینده‌ها، ازجمله فلزات سنگین، مواد مغذی اصلی (مانند سدیم، نیترات و فسفر) و پسماندها را با خود حمل و وارد رودخانه کند (Tong & Chen, 2002). فاضلاب تصفیه‌نشدهٔ شهری نیز مستقیماً به جریان‌های طبیعی تخلیه می‌شود و این مسئله تأثیری منفی در کیفیت آب و یکپارچگی محیط آبی دارد (Srinivasan & Reddy, 2009).

1. Ghaneii Tehrani
2. *Rutilus frisii kutum*

شکل ۳۰. برخی مخاطرات محیط‌زیستی در حوضهٔ رودخانهٔ تجن و مصب آن، واقع در حوضهٔ جنوبی دریای خزر

سدسازی و موانع: نتایج این پژوهش همچنین نشان می‌دهد، مطابق شکل ۵ و ۶، سدها و موانع در میان‌دست و پایین‌دست حوضهٔ تجن بیشترین فشار را بر رودخانه و مصب این رود وارد کرده‌اند. تأثیر سدسازی، در این زمینه، بیشتر در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه است و رژیم هیدرولوژیکی بسیاری از جنبه‌های فیزیکی و اکولوژیکی اکوسیستم‌های آبی، تالابی و ساحلی را تعیین می‌کند (Richter et al., 1997). سدها پیش‌از هرچیز باعث تغییر در بزرگی، زمان‌بندی و فرکانس جریان‌ها می‌شوند. رژیم تغییریافتهٔ جریان در کیفیت آب، منابع انرژی، زیستگاه فیزیکی و برهم‌کنش‌های زیستی تأثیر می‌گذارد و درنتیجه، به تمامیت اکولوژیکی رودخانه‌ها آسیب می‌رساند (Suen, 2011). آنچه ازنظر مورفولوژی اهمیت دارد تغییراتی است که در عملکرد فرایندهای فرسایشی در پایین‌دست رودخانه، بعدأز احداث سد، رخ می‌دهد. این تغییرات که حاصل تغییر در عملکرد فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری در حوضهٔ زهکشی است، چهرهٔ حوضه و کانال‌ها را در محدودهٔ نزدیک به سد احداث‌شده، کاملاً دگرگون می‌کند (Hosseinzadeh & Esmaili, 2015). احداث سد، ازطریق انسداد کانال رودخانه در جهات گوناگون، باعث قطع پیوستگی طولی رودخانه و اختلال در حمل مواد غذایی و رسوب درطول کانال رودخانه می‌شود (Majnunian & PurKarimi,

2012). هنگامی‌که رودخانه‌ها از رسوبات محروم می‌شوند، ازطریق فرسایش سواحل پایین‌دست سعی در جبران این کمبود دارند (Ardón & Bernhardt, 2009). این فرسایش می‌تواند باعث نشست بستر کانال رودخانه شود. این شرایط ممکن است سبب پیچیدگی کمتر زیستگاه‌ها و یکنواخت شدن آنها در داخل کانال رودخانه شود و تعامل اکولوژیکی بین رودخانه و دشت سیلابی کاهش یابد؛ درنتیجه، تالاب‌ها و مناطق جنگلی جدا می‌شوند (Ardón & Bernhardt, 2009). سدها می‌توانند چرخه‌های مواد مغذی را تغییر دهند، رژیم‌های دما و میزان اکسیژن محلول را مختل کنند و بدین‌ترتیب در همهٔ جنبه‌های زندگی آبزیان، ازجمله ماهی‌ها، تأثیر بگذارند (International Rivers Network, 2001; Canadian Dam Association, 2000). این تأثیرات شامل مسدود کردن مسیر مهاجرت، تکه‌تکه شدن زیستگاه، تغییر آب جاری به راکد در منطقهٔ توقیف‌شده و تغییرات جریان آب در بخش پایین‌دست می‌شود (Wu et al., 2019)؛ به این ترتیب، مسیر مهاجرت ماهی برای تخم‌گذاری و تغذیه به بالادست رودخانه، درپی ایجاد سد مختل می‌شود و بنابراین جمعیت ماهی کاهش چشمگیری می‌یابد (Ardón & Bernhardt, 2009).

کانال سازی: دلیل کانال‌سازی، در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن، اغلب کاربری شهری و جاده‌سازی است و بر این اساس، بیشترین فشار در بخش شهری متمرکز است (شکل ۸). کانال‌سازی ممکن است ازطریق تغییرات عرض، عمق و بستر (ازبین رفتن تخته‌سنگ‌ها و قلوه‌سنگ‌ها) در زیستگاه آبزیان و درنتیجه، بیولوژی رودخانه تأثیر بگذارد؛ به‌دنبال این شرایط، فرصت‌های اندکی برای تجمع ماهی‌ها و سایر زیست‌مندان فراهم می‌شود (Scarnecchia, 1988). بدین‌ترتیب زیست‌مندان کمتری در بخش‌های کانال‌سازی‌شدهٔ رودخانه، درمقایسه با بخش‌های طبیعی، دوام می‌آورند. ماهی‌ها دارای ویژگی‌های فیزیکی، تولیدمثلی و تغذیه‌ای مرتبط با نیچ‌های اکولوژیکی خاص، مانند چالاب‌ها و خیزاب‌ها، هستند (Gorman & Karr, 1978). کاهش این نیچ‌ها، به‌دنبال کانال‌سازی، مهم‌ترین عامل مؤثر در کاهش اجتماعات ماهی‌هاست. در بازه‌های رودخانه نیز ازبین رفتن ساختارهای فیزیکی، مانند واریزه‌های چوبی، انواع مهمی از زیستگاه‌های رودخانه‌ای را ازبین برده است (Naiman et al., 1986; Frissell & Nawa, 1992)؛ درنتیجه، ازبین رفتن زیستگاه‌های مناسب پس‌از کانال‌سازی، کاهش فراوانی و غنای گونه‌ها، در بوم‌سازگان، مسئله‌ای کاملاً شایع است (Groen & Schmulbach, 1978; Swales, 1988). ازسوی دیگر، کانال‌سازی سبب کاهش سطح آب‌های زیرزمینی و تغذیهٔ آبخوان‌های کم‌عمق می‌شود و درمقابل، سرعت جریان آب را افزایش می‌دهد (Mason et al., 1975). افزایش مقدار جریان در کانال باعث می‌شود ماهیان جوان، از مناطقی که مناسب استقرار آنهاست، رانده شوند و این وضعیت به ازبین رفتن گونه‌های جریان‌گرا خواهد انجامید (Majnunian & PurKarimi, 2012). از تأثیرات کانال‌سازی در مورفولوژی رودخانه، می‌توان به فرسایش بستر، مستقیم شدن، کاهش سینوسیته و افزایش ظرفیت کانال، و افزایش عمق و شیب رودخانه اشاره کرد؛ درپی این تغییرات، کانال از دشت سیلابی خود جدا می‌شود (Fryirs & Brierley, 2013).

برداشت شن و ماسه: کارخانه‌های تولید شن و ماسه، علاوه‌بر برداشت شن و ماسه از بستر رودها، تأثیرات شدیدی در رودخانه می‌گذارند؛ این تأثیرات همان رسوبات ناشی از شست‌وشو است که تا مصب رودخانهٔ تجن هدایت می‌شوند. مسئلهٔ اشاره‌شده به‌قدری جدی است که به‌یقین، تا کنون آبزیان بسیار زیادی را تحت تأثیر قرار داده و وضعیت را بسیار بحرانی کرده است (شکل ۷). استخراج شن و ماسه کیفیت آب رودخانه را نیز دگرگون می‌کند؛ ازجمله تغییر رنگ، کاهش اسیدیته، افزایش غلظت یون‌های سولفات و آهن و فلزات سنگین سمی و کاهش اکسیژن محلول در آب (Saviour, 2012). برداشت شن و ماسه با تغییر pH، BOD، COD، افزایش کدورت و دما،

سبب تغییر در ترکیب فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه می‌شود و از این طریق، در کیفیت آب تأثیر می‌گذارد (Saviour, 2012). نقش برداشت شن و ماسه در تغییر بیولوژی رودخانه ممکن است شامل تولید اولیهٔ کمتر (Newport & Moyer, 1974)، کاهش تراکم و فراوانی گونه‌های آبزی (Forshage & Carter, 1974) و کاهش بهره‌وری در تغذیهٔ شکارچیان (Newport & Moyer, 1974)، به‌علت رسوب و کدورت ناشی از برداشت شن و ماسه شود. درموارد حادتر، گل‌ولای ایجادشده که باعث ایجاد کدورت زیاد در آب می‌شود، جمعیت ماهیان و سایر زیست‌مندان را نابود می‌کند و باعث انقراض برخی گونه‌های محلی می‌شود (Ambak & Zakaria, 2010). برداشت شن و ماسه به تخریب بستر رودخانه نیز منجر خواهد شد و این عامل زیستگاه آبزیان را با تغییراتی مواجه خواهد کرد (Byrnes & Hiland, 1995). نتایج مشاهدات و بررسی‌های میدانی، در این پژوهش، حاکی از بروز خسارات سنگین برآثر این نوع فشار در حوضهٔ آبریز رودخانهٔ تجن است.

کارگاه پرورش‌ماهی: رودخانهٔ تجن پتانسیل بالایی برای پرورش ماهیان سردابی و گرمابی دارد. این مزارع تأثیرات نامطلوبی دارند که باید مدیریت شوند. شکل ۱۰ پراکنش و تعداد این کارگاه‌ها را در زیرحوضه‌های آبریز رودخانهٔ تجن، نشان می‌دهد. آلودگی آب رودخانه با مزارع پرورش ماهی یکی از نگرانی‌های مهم محیط‌زیستی است (Jones, 1990) زیرا افزایش غلظت مواد آلی، مواد مغذی و جامدات معلق در مزارع به کاهش اکسیژن، افزایش پرغذایی یا اوتریفیکاسیون و افزایش کدورت آب منجر می‌شود (Beasley & Allen, 1974). تأثیر بیولوژیکی کارگاه‌های پرورش ماهی مسئله‌ای جدی است؛ احتمال دارد ماهی از مزارع پرورشی خارج شود و بنابراین جمعیت ماهی بومی را با جنسی جدید، مخلوط کند (Alanärä & Strand, 2011). اگر گونه‌های غیربومی واردشده به محیط رودخانه گونه‌ای مهاجم باشد، در جوامع محلی تأثیر بیشتری خواهد داشت (Deegan & Buchsbaum, 2005). این گونه‌ها ممکن است از گونه‌های بومی تغذیه کنند و برای تهیهٔ غذا و فضا، با آنها در رقابت باشند، زیستگاه آنها را تغییر دهند یا ازبین ببرند و بیماری‌ها و انگل‌های جدیدی ایجاد کنند (Krueger & May, 1991)؛ بنابراین تغییر در ترکیب گونه‌ها یا کاهش تنوع زیستی به اکوسیستم رودخانه آسیب می‌رساند (Courtenay & Williams, 1992).

آلودگی صنعتی: نتایج سنجش عوامل گوناگون فیزیکی و شیمیایی، در دو فصل تابستان و پاییز، نشان می‌دهد مصب تجن شرایط مناسبی ندارد. در شکل ۹، فشار صنعت برحسب تعداد، در حوضهٔ آبریز تجن، نشان داده شده است. آلودگی پهنه‌های آبی به پساب‌های صنعتی تهدید عمده‌ای برای تنوع زیستی آب شیرین است (Richardson et al., 2007) زیرا آلودگی آب، برآثر فعالیت‌های صنعتی، باعث ازبین رفتن گونه‌های گیاهی، مهاجرت گونه‌های جانوری و نابودی گونه‌های ضعیف‌تر می‌شود و درنتیجه، به کاهش تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری می‌انجامد.

فشار زیستی یا بیولوژیکی: براساس مطالعات گوناگون، می‌توان گفت این فشار از صیدهای غیرقانونی و بی‌رویه و ورود گونه‌های غیربومی پرورشی ناشی می‌شود. این موارد از مشکلات مهم دیگری است که به ذخایر طبیعی ماهیان آسیب می‌رساند. دربارهٔ تأثیرات گونه‌های غیربومی در بومی این حوضه، اطلاعاتی در دسترس نیست اما فشار صید غیرقانونی به‌قدری زیاد است که نمی‌توان نقشهٔ پراکنشی ارائه داد؛ برای نمونه، در ایستگاه شیرین‌رود با اینکه فشارهای برشمرده در محل وجود ندارد، صید غیرقانونی ذخایر ماهیان خال‌قرمز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مسئله، به‌ویژه در نواحی رودخانه‌ای مصب، تقریباً در تمامی طول سال مشاهده می‌شود.

فشار تجمعی: براساس ارزیابی نهایی که لایه‌های گوناگون فشار روی هم قرار گرفته‌اند، بخش اعظم رودخانهٔ اصلی، به‌ویژه در میان‌دست و پایین‌دست تحت تأثیر فشار زیاد مداخلات انسانی (پرفشار) قرار دارند (شکل‌های ۲۷ و ۲۸).

البتــه چنــدین پژوهشــگر کیفیــت آب مصــب و رودخانهٔ تجـن را بـا اسـتفاده از پارامترهـای فیزیکـی و شیمیایی، تعیین کرده‌اند که ازجملهٔ آنها، مـی‌تـوان بـه مطالعات کاظمی و زبردست[1] (۲۰۱۸) اشاره کـرد. آنهـا دریافتند رودخانهٔ تجـن، در برخـی پارامترهـا، بـا دیگـر ایستگاه‌های مورد بررسی اختلاف بیشتری دارد. دلبری[2] و همکـاران (۲۰۲۲)، بـا ارزیـابی کیفیـت آب رودخانـهٔ تجــن بــا اســتفاده از شــاخص IRWQIsc، دریافتنــد ایستگاه‌های بالادست این رودخانه در کـلاس توصـیفی نسبتاً خوب و ایستگاه‌های میان‌دسـت و پـایین‌دسـت و همچنین مصب رودخانـه در کـلاس توصـیفی بـد قـرار گرفته‌اند. نتایج بررسی‌هـای مکـانی و مطالعـات فرقـانی تهرانــی[3] و مصــطفوی (۱۳۹۶) نیــز، درپِــی پــایش و پهنه‌بندی کیفی آب رودخانهٔ تجن، این مسئله را تأییـد می کند؛ تغییرات وسـیع در مقـدار عـددی پارامترهـای کیفی و کاهش کیفیت آب رودخانه، در نواحی میـانی و پایین‌دسـت حوضـهٔ آبریـز آن، در پـژوهش مـورد نظـر بازتاب یافته است. نتایج این دو پژوهش آخر، با سنجش پارامترهـای فیزیکـی و شـیمیایی آب، وجـود رونـدی معنادار در افزایش میزان آلودگی و کـاهش کیفیـت آب را از بخش‌های بالادست تا پایین‌دست رودخانه و مصب آن می‌رساند که با نتایج پیمایش‌ها و مشاهدات میـدانی در پژوهش حاضر مطابقت دارد؛ چراکه درامتداد مسـیر بالادست تا پایین دست رودخانه و مصب آن، مخـاطرات محیط زیستی متنوعی پراکنده‌اند (شکل ۳۰) و ازایـن‌رو می‌توان گفت که مصب تجن، هم از مقیاس محلی و هم از محدودهٔ رودخانـه‌ای بلافصـل و حوضـهٔ آبریـز خـود، تنش‌های متعددی دریافت می‌کند و بر این اساس، لزوم ایجاد نگاهی چندبعـدی بـه پیکـره‌هـای آبـی کشـور و مدیریت یکپارچهٔ آنها، باید هـدفی اسـتراتژیک و مـورد توجه محسوب شود اما در کشور ما به این موضوع کمتر پرداخته شـده اسـت. درپایـان، مـی‌تـوان گفـت نتـایج مطالعات و سنجش پارامترهـای فیزیکـی و شـیمیایی و مقایسهٔ آن بـا پـژوهش‌هـای سـال‌هـای گذشـته نشـان می‌دهد وضعیت کیفیت و سـلامت آب، در بخـش‌هـای میان‌دست تا پایین‌دست و مصب تجن، بحرانـی اسـت و برای کاستن از فشارهای یادشده بر این پیکرهٔ آبی، نیـاز مبرم به اقدامات مدیریتی است.

۵- تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌هـای جنـاب آقای دکتر بابک شکری (معاون محترم پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی) و همچنین جناب آقای دکتـر احمدرضـا لاهیجان‌زاده (معاون محترم وقت محیط‌زیست دریایی و تالاب‌های سازمان حفاظت محیط‌زیست) قدردانی کنند.

۶- منابع

Ahmadi Mamaghani, Y., Khorasani, N. & Rafiei, GH., 2010, **Investigation of Pollution Sources and Water Quality of Tajan River**, Journal of Natural Environment, 63(4), PP. 317-327.

Ahmadi Mamaqani, Y., Khorasani, N., Talebi Jahromi, K.H., Hashemi, S.H. & Bahadori Khosroshahi, F., 2011, Agricultural Activities Effects on Diazinon Pesticide Concentration in Tajan River, Environmental Sciences. 8(4), Summer.

Alanärä, A. & Strand, Å., 2011, **FOMA-projekt - Fiskodlingens Närsaltsbelastning**, Technical Report.

Ambak, M.A. & Zakaria, M.Z., 2010, **Freshwater Fish Diversity in Sungai Kelantan**, Journal of Sustainability Science and Management, 5(1), PP. 13-20.

Ardón, M. & Bernhardt, E.S., 2009, **River Recovery Project, Restoring Rivers and Streams**, https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020148.

Beasley, D.B. & Allen, J.B., 1974, **A Characterization of the Effluent from Commercial Catfish Ponds**, American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 74-5004, St. Joseph, MI.

1. Kazemi & Zebardastrostami
2. Delbari
3. Forghani Tehrani

Bunn, S.E. & Arthington, A.H., 2002, **Basic Principles And Ecological Consequences Of Altered Flow Regimes For Aquatic Biodiversity**, Environmental Management, 30(4), PP. 492-507, DOI:10.1007/s00267-002-2737-0.

Byrnes, M.R. & Hiland, M.W., 1995, **Large-Scale Sediment Transport Patterns on the Continental Shelf and Influence on Shoreline Response: St. Andrew Sound**, Georgia to Nassau Sound, Florida, United States of America, https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00064-6.

Canadian Dam Association, 2000, https://cda.ca.

Cooper, A.H., Odling, N.E., Murphy, P.J., Miller, C., Greenwood, C.J. & Brown, D.S., 2013, **The Role of Sulfate-Rich Springs and Groundwater in the Formation of Sinkholes over Gypsum in Eastern England**, In: L. Land, D.H. Doctor, J.B. Stephenson (Eds.), Sinkholes and the Engineering and Environmental Imapacts of Karst: Proceedings of the Thirteenth Multidisciplinary Conference, May 6-10, National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad, New Mexico, PP. 141-150. DOI: 10.5038/9780979542275.1122.

Cloern, J.E., Foster, S.Q. & Kleckner, A.E., 2014, **Phytoplankton Primary Production in the World's Estuarine-Coastal Ecosystems**, Biogeosciences, 11(9), PP. 2477-2501, https://doi.org/10.5194/bg-11-2477-2014.

Copeland C. & Pollard, D., 1996, **The Value of NSW Commercial Estuarine Fisheries**, Internal Report, NSW Fisheries.

Country Mapping Organization, 2001, https://en.ncc.gov.ir.

Country Mapping Organization, 2011, https://en.ncc.gov.ir.

Country Mapping Organization, 2021, https://en.ncc.gov.ir.

Courtenay, W.R. & Williams, J.D., 1992, **Dispersal of Exotic Species from Aquaculture Sources, with Emphasis on Freshwater Fishes**, In Dispersal of Living Organisms into Aquatic Ecosystems, A. Rosen, R. Mann (Eds.), University of Maryland Sea Grant Program: College Park, MD; PP. 49-81.

Dauvin, J.C., Delhay, P., Hacquebart, E., de Saint-Leger, G., Izabel, L. & Tomas, F.L., 2014, **The Evolution of Habitat Areas and Carrying Capacity for Western Cotentin Estuaries (North-Western France)**, Cahiers de Biologie Marine, 55(1), PP. 77-89.

Deegan, L.A. & Buchsbaum, R.N., 2005, **The Effect of Habitat Loss and Degradation on Fisheries**, In: R. Buchsbaum, J. Pederson, W.E. Robinson (Eds), The Decline on Fisheries Resources in New England: Evaluating the Impact of Overfishing, Contamination, and Habitat Degradation, Cambridge (MA), MIT Sea Grant College Program; Publication No. MITSG 05-5, PP. 67-96.

Delbari, F., Rezaei Tavabe, K., Mirvaghefi, A., Lahijanzade, A., Bagherzade Karimi, M. & Salmroodi, E., 2022, **Evaluation of Water Quality of Tajan River Using IRWQIsc Index**, Journal of Aquaculture Sciences, 10(19).

Dowdall, L., Bowe, C. & Kirby, J.R., 2022, **The Natural Capital Approach: A Framework for the Successful Recovery of Nature in Estuaries**, Ecological Solutions and Evidence, 3, P. e12161, https://doi.org/10.1002/2688-8319.12161.

Forghani Tehrani, G. & Mostafavi, R., 2016, **Zoning And Water Quality Assessment Based on Different Water Quality Indices in Tajan River, Mazandaran**, Mazandaran Regional Water Company, https://en.civilica.com/doc/1282787/.

Forshage, A. & Carter, N.E., 1974, **Effects of Gravel Dredging on the Bragas River**, In A.L. Milchell (Ed.), 27th Proc. Annv. Conf. Southeast. Assoc., Game Foish Comma.

França, S., Vasconcelos, R.P., Tanner, S.E.,…, Máguas, C., Costa, M.J. & Cabral, H.N., 2011, **Assessing Food Web Dynamics and Relative Importance of Organic Matter Sources for Fish Species in Two Portuguese Estuaries: A Stable Isotope Approach**, Mar. Environ. Res., 72, PP. 204-215, DOI- https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2011.09.001.

Frissell, C.A. & Nawa, R.K., 1992, **Incidence and Causes of Physical Failure of Artificial Habitat Structures in Streams of Western Oregon and Washington**, North American Journal of Fisheries Management, 12, PP. 182-197.

Fryirs, K.A. & Brierley, G.J., 2013, **Geomorphic Analysis of River Systems: An approach to Reading the Landscape**, John Wiley & Sons: Chichester, 345 PP., DOI: 0.1002/9781118305454.

Ghaneii Tehrani, M., Purgholam, R., Farabi, S.M.V., Nasrollahzadeh Saravi, H. & Najafpur, Sh., 2015, **Investigation of Physicochemical Factors and Identification of Organochlorine Toxins in Rivers Tajan and Sarkhrood in the**

Release Period of White Fish (*Kutum Frisii Rutilus*), Fisheries Journal, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, (2), Summer, PP. 83-92.

Glamore, W.C., Rayner, D.S. & Rahman, P.F., 2016, **Estuaries and Climate Change**, Technical Monograph prepared for the National Climate Change Adaptation Research Facility, Water Research Laboratory of the School of Civil and Environmental Engineering, UNSW.

Gorman, O.T. & Karr, J.R., 1978, **Habitat Structure and Stream Fish Communities**, Ecology, 59, PP. 507-515, http://dx.doi.org/ 10.2307/1936581.

Groen, C.L. & Schmulbach, J.C., 1978, **The Sport Fishery of the Unchannelized and Channelized Middle Missouri River**, Trans. Am. Fish. Soc., 107, PP. 412-418.

Halpern, B.S., Walbridge, Sh., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., [...] & Watson, R., 2008, **A Global Map of Human Impacts on Marine Ecosystems**, Science, 319, PP. 948-952, https://doi.org/10.1126/ science.1149345.

Haygarth, P.M. & Jarvis, S.C., 2002, **Agriculture, Hydrology and Water Quality**, CABI Books, 435 P.

Holden, J., Palmer, S.M,. Johnston, K., Wearing, C., Irvine, B. & Brown, L.E., 2015, **Impact of Prescribed Burning on Blanket Peat Hydrology**, Water Resources Research, 51, PP. 6472-6484, DOI: 10.1002/2014wr016782.

Hosseinzadeh, M. & Esmaili, M., 2015, **Fluvial Concepts, Forms and Processes Geomorphology**, Publications of Shahid Beheshti University.

International Rivers Network, 2001, Annual Report, with 2000 Audited Financial Report.

Jones, J.G., 1990, **Pollution from Fish Farms**, J. Inst.Water and Environment Journal, 4(1), P. 14, DOI:10.1111/j.1747-6593. 1990.tb01552.

Kazemi, A., Zebardastrostami, H., 2018, **Investigating the Amount of Organic Pollutants (Bisphenol A and Nonylphenol), Heavy Metals, Anions and Cations in the Entrance of the Plain and the Mouth of Important Rivers of Mazandaran Province and Comparing between the Studied Stations in Terms of Different Pollutants**, Summary of the Project Report, Ministry of Energy-Iran Water Resources Management Company- Regional Water Company of Mazandaran.

Kennish, M.J., 2002, **Environmental Threats and Environmental Future of Estuaries**, Environmental Conservation, 29(1), PP. 78-107, DOI:10.1017/S0376892902000061.

Khazar Consulting Engineers, 2005, **Identification Studies Justifying Tejan Watershed Project (Shahid Rajaei Dam Catchment Area)**, Jahad Engineering Services Company, 15 (In Farsi).

Krueger, C.E. & May, B., 1991, **Ecological and Genetic Effects of Salmonid Introductions in North America**, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48(1), PP. 66-77, DOI: 10.1139/f91-305.

Lee, K.M., Lee, S.Y. & Connolly, R.M., 2012, **Combining Process Indices from Network Analysis with Structural Population Measures to Indicate Response of Estuarine Trophodynamics to Pulse Organic Enrichment**, Ecol. Indic., 18, PP. 652-658, DOI: 10.1038/s41598-019-47793-2.

Lotze, H.K., Lenihan, H.S., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R.G., Kay, M.C., Kidwell, S.M., Kirby, M.X., Peterson, C.H. & Jackson, J.B.C., 2006, **Depletion, Degradation, and Recovery Potential of Estuaries and Coastal Seas**, Science, 312, PP. 1806-1809, DOI: 10.1126/science.1128035.

Majnunian, H. & PurKarimi, A., 2012, **Habitats of Flowing Waters (Consequences of Effective Human Activities on Aquatic Habitats)**, Tehran, Publications of the Environmental Organization, PP. 48-47.

Mason, T.O., Petuskey, W.T., Liang, W.W., Halloran, J.W., Yen, F., Pollak, T.M., Elliott, J.F. & Bowen, H.K., 1975, **Properties and Thermochemical Stability of Ceramics and Metals in Open- Cycle Coal Fired MHD System**, Proc. of the 6th International Conf. MHD Electrical Power Generation, Washington, D.C., June 9-13, Vol. II.

Morris, C., Lee, S.Y. & Van De Merwe, J., 2015, **δ15N of Estuarine Fshes as a Quantitative Indicator of Urbanization**, Ecol. Indic., 56, PP. 41-49, https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND. 2015.03.028.

Mostafavi, H., Schinegger, R., Pinter, K., Kremser, H., Bakhtiyari, M., Abdoli, A., Esmaeili, H.R., Teimori, A., Vatandost, S. & Schmutz, S., 2015, **Comparison of human pressures and fish assemblages in the salmonid and cyprinid streams of the southern Caspian Sea basin**. Iran J. Ichthyol., 2(1), PP. 20-34.

Mostafavi, H., Teimori, A., Schinegger, R. & Schmutz, S., 2019, **A New Fish Based Multi-**

Metric Assessment Index for Cold-Water Streams of the Southern Caspian Sea Basin in Iran, Environmental Biology of Fishes, 102, PP. 645-662, DOI: 10.1007/s10641-019-00860-z.

Mostafavi, H. & Kambouzia, J., 2019, **Impact of Climate Change on the Distribution of Brown Trout, Salmo Trutta Linnaeus, 1758 (Teleostei: Salmonidae) Using Ensemble Modelling Approach in Iran**, Iranian Journal of Ichthyology, 6, PP. 73-81, https://doi.org/10.22034/IJI. V6I1.388.

Naiman, R.J., Melillo, J.M. & Hobbie, J.E., 1986, **Ecosystem Alteration of Boreal Forest Streams by Beaver (Castor Canadensis)**, Ecology, 67, PP. 1254-1269.

Newport, B.D. & Moyer, J.E., 1974, **State-of-the-Art: Sand and Gravel Industry**, U.S. Environmental Protection Agency Technical Series Report, 660/2-74-0066, Washington, DC.

NSW, State of NSW, 2015, Coastal Management Manual: Part C- Coastal Management Toolkit– A Guide to Managing Estuary Ecosystems – Consultation Draft, DOI: 10.1002/9780470015902.a0020148.

Odum, H.T., 1956, **Primary Production in Flowing Waters**, Limnology and Oceanography, 1(2), PP. 102-117, https://doi.org/10.4319/lo.1956.1.2.0102.

Ray, G.C., 2006, **Te Coastal Realm's Environmental Debt**, Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst., 16, PP. 1-4, DOI: 10.1002/aqc.764.

Richardson, S.D., Plewa, M.J., Wagner, E.D., Schoeny, R. & Demarini, D.M., 2007, **Occurrence, Genotoxicity, and Carcinogenicity of Regulated and Emerging Disinfection by-Products in Drinking Water: A Review and Roadmap for Research**. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 636(1), PP. 178-242, DOI: 10.1016/j.mrrev.2007.09.001.

Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R. & Braun, D.P., 1997, **How Much Water Does a River Need?**, Freshw. Biol., 37, PP. 231-249.

Robb, C.K., 2014, **Assessing the Impact of Human Activities on British Columbia's Estuaries**, PLoS. One, 9, P. e99578, https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0099578.

Saunders, R.L. & Smith, M.W., 1965, **Changes in a Stream Population Oftrout Associated with Increased Silt**, J. Fish. Res. Board Can., 22, PP. 395-404, https://doi.org/10.1139/f65-038.

Saviour, N.M., 2012, **Environmental Impacts of Soil and Sand Mining: A Review**, International Journal of Science, Environment and Technology, 1(3), PP. 125-134.

Scarnecchia, D.L., 1988, **Evaluation of Fish Eradication and Game-Fish Restocking in a Central Iowa Pond**, Journal of the Iowa Academy of Science: JIAS, 95(2), PP. 55-59, Available at: https://scholarworks.uni.edu/jias/vol95/iss2/7.

Shukla, S., Khire, M.V. & Gedam, S.S., 2013, **Effects of Increasing Urbanization on River Basins-State of Art**, Int. J. Eng. Res. Technol., 12, PP. 2742-2747.

Srinivasan, J.T. & Reddy, V.R., 2009, **Impact of Irrigation Water Quality on Human Health: A Case Study in India**, Ecol. Econ., 68(11), PP. 2800-2807, https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.04.019.

Suen, J.P., 2011, **Determining the Ecological Flow Regime for Existing Reservoir Operation**, Water Resources Management, 25, PP. 817-835, DOI: 10.1007/s11269-010-9728-3.

Swales, S., 1988, **Fish Populations of a Small Lowland Chan-Nelized River in England Subject to Long-Term River Main-Tenance and Management Works**, Regulated Rivers: Researchand Management, 2, PP. 493-506.

Tong, S.T.Y. & Chen, W., 2002, **Modeling the Relationship between Land Use and Surface Water Quality**, Journal of Environmental Management, 66(4), PP. 377-393, http://doi.org/10.1006/jema.2002.0593.

Thrush, S.F., Townsend, M., Hewitt, J.E., Davies, K., Lohrer, A.M., Lundquist, C. & Cartner, K., 2013, **The Many Uses and Values of Estuarine Ecosystems**, In J.R. Dymond (ed.), Ecosystem Services in New Zealand – Conditions and Trends, Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand.

Wauchope, H.S., Jones, J.P.G., Geldmann, J., Simmons, B.I., Amano, T., Blanco, D.E., Fuller, R.A., Johnston, A., Langendoen, T., Mundkur, T., Nagy, S. & Sutherland, W.J., 2022, **Protected Areas Have a Mixed Impact on Waterbirds, but Management Helps**, Nature, 605, PP. 103-107, https://doi.org/10.1038/s41586-022-04617-0.

Weinstein, M.P., Baird, R.C., Conover, D.O., Gross, M., Keulartz, J., Loomis, D.K., Naveh, Z., Peterson, S.B., Reed, D.J., Roe, E., Swanson, R.L., Swart, J.A.A., Teal, J.M., Turner, R.E. & Van der Windt, H.J., 2007,

Managing Coastal Resources in the 21st Century, Frontiers in Ecology and the Environ-ment, 5, PP. 43-48, DOI: 10.1890/ 1540-9295(2007)5[43: MCRITS]2.0.CO;2M.

Wetzel, M.A, Wahrendorf, D.S. & von der Ohe, P.C., 2013, **Sediment Pollution in the Elbe Estuary and Its Potential Toxicity at Different Trophic Levels**, Sci. Total Environ., 449, PP. 199-207, DOI: 10.1016/ j.scitotenv.2013.01.016.

Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke,C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F. et al., 2006, **Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services**, Science, 314, PP. 787-790, DOl: 10.1126/science.1132294.

Wu, Z., Tweedley, J.R., Loneragan, N.R. & Zhang, X., 2019, **Artificial Reefs Can Mimic Natural Habitats for Fish and Macroinvertebrates in Temperate Coastal Waters of the Yellow Sea**, Ecological Engineering Journal, 139(November), P. 105579, https://doi.org/ 10.1016/j.ecoleng. 2019.08.009.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی