

Zoning of water quality on Haraz river bases on National Sanitation Foundation Water Quality Index

Kamran Nasirahmadi¹,
Zabihollah Yousefi²,
Ahmad Tarassoli³

¹ MSc in Environmental and Visiting Lecturer in Nonprofit Institutions of Higher EducationTajan, Sari, Iran

² Department of Environmental Health, Faculty of Health, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

³ Department of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modarres, Tehran, Iran

(Received , 2012 ; Accepted , 2012)

Abstract

Background and purpose: In order to identify the impact of aquaculture effluents systems, industrial, agricultural and residential centers, between the output of water from Lar dam up the water input to the Caspian Sea in 7 different stations, river water quality parameters from October 1388 to September 1389 was studied and evaluated with water quality index.

Materials and methods: This experimental study was conducted on Haraz river. In order to identify the impact of aquaculture effluents, industrial, agricultural and residential centers, between the output of water from Lar dam up the water input to the Caspian Sea in 7 different stations, river water quality parameters from October 1388 to September 1389 studied and evaluated. Sampling, sample preparation and analysis, according to standard methods (1998) were done.

Results: Results of statistical analysis data indicate that the parameters of BOD, TS, EC, turbidity, nitrate, phosphate, and fecal coliform in the effluent entering the river to the plains and the confluence with agricultural and residential centers based on indicators of water quality NSFQI class average was 70-50 with a range of indicators, while the downstream station (station Sorkhrood) of these indicators in the months except January, June and July reduced to below 50 and as a region with poor water quality (pollution) were identified.

Conclusion: Haraz river water at 6 stations (output from Lar dam until Karesang station) based on NSFQI water quality index evaluated. The range of average quality index was 70-50, while in the downstream stations (station Sorkhrood), the value of these indicators, reduced to below 50, except for the months January, June and July. The station Sorkhrood was identified as an area with poor water quality (pollution).

Keywords: Water quality, zoning, Haraz River

J Mazand Univ Med Sci 2012; 22(92): 64-71 (Persian).

پهنه بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFQI

کامران نصیراحمدی^۱

ذبیح اله یوسفی^۲

احمد ترسلی^۳

چکیده

سابقه و هدف: پهنه بندی آلودگی و ارائه تصویر صحیح از وضعیت کیفی آب‌های سطحی علاوه بر افزایش مشارکت مردمی در حفظ سلامت و کیفیت آب‌های سطحی، ابزار مفیدی در اختیار قرار داده تا هر گونه تصمیم‌گیری مدیریتی که اثرات زیست محیطی آن به صورت مستقیم یا غیر مستقیم متوجه آب‌های سطحی کشور باشد، با آگاهی بیشتری اتخاذ شود و ضرورت اعمال شیوه‌های مدیریتی منابع آب در هر نقطه مشخص می‌گردد، لذا هدف از این مطالعه پهنه‌بندی کیفی رودخانه هراز با استفاده از شاخص‌های کیفی است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه به منظور شناسایی تأثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی، صنعتی، کشاورزی و مراکز مسکونی، حد فاصل خروجی آب از سد لار تا ورودی آب به دریای خزر در ۷ ایستگاه مختلف، پارامترهای کیفی آب رودخانه از مهرماه ۱۳۸۸ تا شهریور ماه ۱۳۸۹ مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. نمونه برداری، آماده سازی و آنالیز نمونه ها، طبق روش استاندارد (Standard method 1998) انجام پذیرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از محاسبات آماری داده‌ها بیانگر آن است که میزان پارامترهای EC، TS، BOD، کدورت، نترات، فسفات و کلی فرم مدفوعی در محل ورود رودخانه به دشت و تلاقی با پساب‌های کشاورزی و مراکز مسکونی با آب رودخانه هراز، تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته، به گونه‌ای که در ایستگاه سرخورد این افزایش معنی‌دار است.

استنتاج: آب رودخانه هراز در ۶ ایستگاه (ایستگاه خروجی از سد لار تا ایستگاه کره سنگ) بر اساس شاخص NSFQI در کلاس آب‌های دارای کیفیت متوسط با شاخص محدوده ۷۰-۵۰ قرار گرفت، در صورتی که در ایستگاه پایین دست (ایستگاه سرخورد) میزان این شاخص‌ها به جز در ماه‌های دی، خرداد و تیر به زیر ۵۰ تقلیل یافته و به عنوان منطقه‌ای با کیفیت آب ضعیف (آلوده) شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، پهنه بندی، رودخانه هراز

مقدمه

مصرف آب و رشد روزافزون جمعیت جهان کمیت منابع آب در دسترس را کاهش داده است (۱-۳). از طرفی توسعه شهرنشینی و افزایش آلودگی ناشی از

با وجودی که آب یکی از فراوان‌ترین ترکیباتی است که در طبیعت یافت می‌شود، عواملی چون توزیع ناهمگون جغرافیایی، عدم تطابق زمانی توزیع با الگوی

E-mail: zyousefi2004@gmail.com

مؤلف مسئول: ذبیح اله یوسفی - ۱۸ جاده خزر آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست و مدرس مدعو موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی تجن

۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

۳. دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس

✉ تاریخ دریافت: تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: تاریخ تصویب:

تخلیه انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل‌های دفن زباله موجب تغییر و تنزیل کیفیت آب‌ها شده است (۵، ۴). بنابراین همزمان با نیاز شدید به استفاده از منابع آب در دسترس، ضرورت توجه به حفاظت از آن در مقابل آلودگی احساس می‌شود (۶). امروزه جهت پایش و کنترل کیفی آب‌های سطحی، از شاخص‌های کیفی آب (Water Quality Index) استفاده می‌شود. شاخص‌های کیفی با ساده سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می‌دهند (۷). از جمله شاخص کیفی پرکاربرد و ساده در سطح دنیا، شاخص NSFQI National Sanitation (Foundation Water Quality Index) می‌باشد که با بیان نتایج به زبان ساده و قابل فهم، نقش بسیار مهمی در بررسی کیفی آب‌ها ایفا می‌کند (۹، ۸). اساس کاربرد این روش بر پایه اندازه‌گیری پارامترهای DO، pH، BOD، TS، کدورت، نیتрат، دما، فسفات و کلیرم مدفوعی است. استفاده از این شاخص بسیار متداول بوده و برای طبقه‌بندی کیفی آب‌های سطحی از لحاظ آشامیدن، شاخصی کامل و جامع محسوب می‌شود (۱۰). میرزایی و همکاران، فدایی و همکاران، هوشمند و همکاران، کریمیان و همکاران، صمدی و همکاران، نوری و همکاران، مفتاح هلقی، Kazuyuki و همکاران، Enrique و همکاران برای طبقه‌بندی کیفی رودخانه‌های مختلف از شاخص NSFQI استفاده نمودند که نتایج آن‌ها کارایی این روش را نشان داد. رودخانه هراز یکی از رودخانه‌های پرآب حوضه جنوبی دریای خزر محسوب می‌شود (با حجم آب‌دهی ۶۶۷/۸۶ میلیون متر مکعب از مجموع ۷ رودخانه مهم استان مازندران با حجم آب‌دهی ۲۱۵۹/۹۴۲ میلیون متر مکعب در سال آبی ۸۹-۸۸) که از دامنه شرقی کوه پالون گردن سرچشمه گرفته و تا پلور، رودخانه لار و از آن پس هراز نامیده می‌شود (۱۸، ۱۷). تخلیه فاضلاب مراکز مسکونی، خدماتی و تفریحی، صنعت،

کشاورزی، کارگاه‌های پرورش ماهی، دپوی زباله‌های شهری، کارگاه‌های استحصال شن و ماسه از مهمترین منابع آلاینده رودخانه هراز به‌شمار می‌روند. هدف این مطالعه، پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز با استفاده از شاخص NSFQI می‌باشد. با توجه به این که رودخانه هراز مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب مورد نیاز بخش صنعت و کشاورزی دشت هراز محسوب می‌شود و از طرفی، یکی از دلایل احداث سد مخزنی هراز (در حال ساخت)، تأمین آب شرب مردم منطقه است، لذا پایش و کنترل آلاینده‌های ورودی به این رودخانه ضروری است.

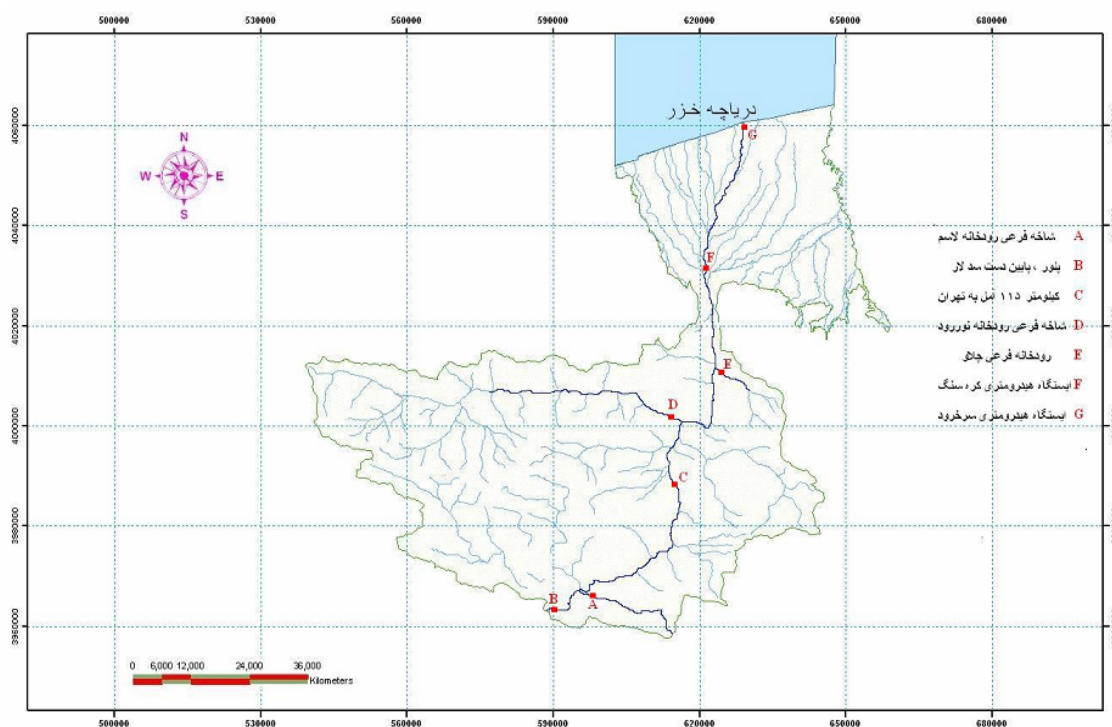
مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز در بررسی وضعیت و کیفیت آب رودخانه هراز نمونه برداری از ۷ ایستگاه منتخب انجام شد. انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری آب با توجه به بررسی‌های انجام شده و پیمایش طول رودخانه به منظور بررسی تغییرات وضعیت رودخانه از نظر سرعت آب، دبی، توپوگرافی و با در نظر گرفتن موقعیت رستوران‌ها، روستاها، کارگاه‌های پرورش ماهی، پل‌ها، شاخه‌های فرعی ورودی به رودخانه انجام شد. ایستگاه‌های انتخاب شده به شرح ذیل می‌باشند:

- ایستگاه اول (A): ورودی شاخه فرعی رودخانه لاسم به رودخانه هراز
ایستگاه دوم (B): در منطقه پلور (پایین دست سد لار)
ایستگاه سوم (C): قبل از الحاق شاخه فرعی نوررود به رودخانه هراز (کیلومتر ۱۱۵ تهران)
ایستگاه چهارم (D): شاخه فرعی رودخانه نوررود
ایستگاه پنجم (E): بعد از پل چلاو و قبل از ساختگاه سد هراز
ایستگاه ششم (F): در ایستگاه هیدرومتری کره سنگ
ایستگاه هفتم (G): در ایستگاه هیدرومتری سرخورد
پس از تعیین نقاط نمونه‌برداری، با استفاده از دستگاه GPS (Garmin eTrex) مختصات جغرافیایی

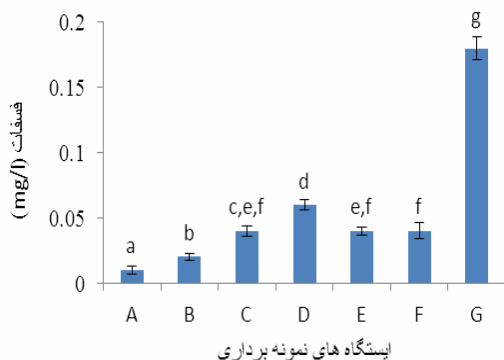
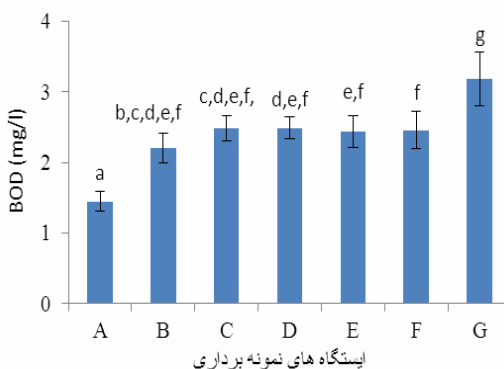
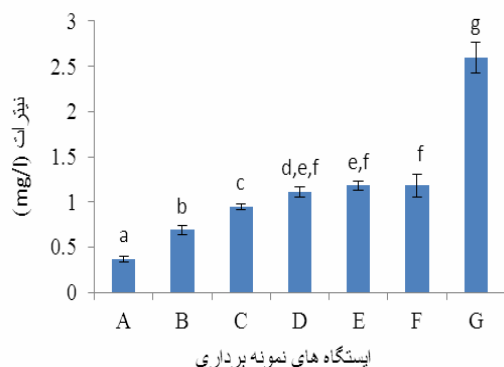
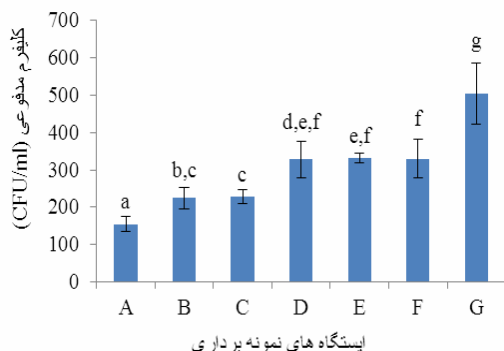
نقاط نمونه برداری مشخص گردید. موقعیت کلی ایستگاه‌های مورد مطالعه در تصویر شماره ۱ آورده شده است. نمونه برداری‌های میدانی برای مدت یک سال آبی به صورت ماهیانه (۱۲ مورد نمونه برداری) از مهرماه ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹ انجام شد. برداشت، نگهداری و سنجش عوامل مورد نظر در نمونه‌های آب با استفاده از روش استاندارد (Standard method 1998) انجام گردید. در این مطالعه پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مورد آزمایش عبارتند از: DO، pH، BOD، EC، TS، کدورت، نیتрат، دما، فسفات و کلیرم مدفوعی. در این تحقیق از روش دماسنج جیوه‌ای جهت تعیین دما، از روش وزن سنجی جهت تعیین فاکتور TS، روش اسپکتروفتومتر (دستگاه GBC UV-VIS 911) جهت تعیین نیترات و فسفات کل، از روش تیتراسیون محلول تیوسولفات سدیم در حضور یدور قلیایی برای تعیین میزان اکسیژن محلول در آب، روش ستون جیوه‌ای با دستگاه هوریا برای سنجش میزان اکسیژن خواهی زیستی (BOD_5)، از روش احتمالی MPN برای

تعیین کلی فرم مدفوعی، از روش KACH 2100N (Turbidimeter) برای سنجش کدورت و از دستگاه EC مدل Sension جهت اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی استفاده شده است. در این مطالعه علاوه بر این که از نرم‌افزار Excel جهت رسم نمودارها و مقایسه با استانداردهای آب آشامیدنی استفاده شد، از شاخص NSFQI جهت پهنه‌بندی کیفی رودخانه هراز بهره‌گیری شد. در سال ۱۹۷۰ با حمایت بهداشت ملی امریکا، براون و همکارانش یک شاخص کیفی کاهشی را بر اساس نظرسنجی از تعداد زیادی از افراد متخصص با تخصص‌های گوناگون در این زمینه ارائه نمودند. آن‌ها در ابتدا حدود ۳۵ پارامتر آلودگی را معرفی کرده و سپس بر اساس نظر افراد متخصص حدود ۹ پارامتر را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند. در ایجاد شاخص کلی NSFQI برای منظور کردن میزان اثر هر پارامتر و یا زیرشاخص مربوط به آن، به هر یک از پارامترها یک وزن و یا ارزش عددی نسبت داده شده است. برای محاسبه شاخص نهایی ابتدا از جمع وزنی



تصویر شماره ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول مسیر رودخانه هراز

پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه‌های فوق با ایستگاه G (ایستگاه سرخورد) نشان داد (نمودار شماره ۱).



نمودار شماره ۱: روند تغییرات برخی از پارامترهای کیفی رودخانه هراز در ۷ ایستگاه مورد مطالعه

خطی زیر شاخص‌ها استفاده می‌شود. در این شاخص بیشترین وزن‌دهی مربوط به غلظت اکسیژن محلول در آب (DO) به میزان ۰/۱۷ واحد و کمترین آن مربوط به غلظت کل جامدات آب به میزان ۰/۰۷ واحد است. با افزایش میزان آلودگی آب، شاخص NSFQI کاهش می‌یابد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی آلودگی و گزارش شرایط آلودگی، پنج رنگ به شرح جدول شماره ۱ در نظر گرفته شده است. شاخص کیفی دیگری که تعداد پارامترهای مورد نیاز آن کم بوده و نیازی به استفاده از منحنی‌های تبدیل و به‌دست آوردن زیر شاخص نیست، شاخص Said و همکاران در سال ۲۰۰۴ است. نتایج حاصل از این شاخص قابل مقایسه با شاخص به‌دست آمده از روش NSFQI است.

جدول شماره ۱: شاخص بندی کیفیت آب بر اساس شاخص

Said et al (2004) و NSFQI (Miller et al, 1986)

Said et al. (2004)	NSFWQI (Miller et al., 1986)
	I_i : زیر شاخص هر مشخصه W_i : فاکتور وزنی آن ها n : تعداد زیر شاخص ها
$\log \left[\frac{(DO)^{1.5}}{(3.8)^{2P} (Turb)^{0.15} (15)^{P_{10000}} + 0.14 (EC)^{0.5}} \right]$	
مقدار شاخص	مقدار شاخص
کیفیت قابل قبول	آبی
نیاز به تغییر سیاست های مدیریتی است.	عالی
۱-۲	خوب
تغییر سیاست های مدیریتی الزام آور است.	سبز
۰-۱	متوسط
	زرد
	ضعیف
	نارنجی
	بسیار بد
	قرمز
	۹۱-۱۰۰
	۷۱-۹۰
	۵۱-۷۰
	۲۶-۵۰
	۰-۲۵

داده‌های حاصل از این مطالعه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با توجه به رنگ‌بندی فوق الذکر، مقطع رودخانه پهنه بندی و نقشه نهایی آن تهیه گردید.

یافته‌ها

با توجه به داده‌های به‌دست آمده مشخص شد که ایستگاه‌های شماره A و B نسبت به سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه در تمامی پارامترهای مورد سنجش غلظت کمتری را نشان داده است. به گونه‌ای که اختلاف معنی‌داری بین

در این مطالعه مشخص شد که میانگین سالیانه شاخص NSFQI در ایستگاه A (۵۹/۲۷)، ایستگاه B (۵۸/۳۵)، ایستگاه C (۵۷/۵۷)، ایستگاه D (۵۵/۸۳)، ایستگاه E (۵۴/۲۱)، ایستگاه F (۵۲/۴۱) و در ایستگاه G (۴۸/۰۶) بوده است.

جدول شماره ۲: نتایج کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFQI

ایستگاه ها	A	B	C	D	E	F	G
ماه ها							
مهر	۵۷/۶۴	۵۶/۰۲	۵۵/۶۹	۵۴/۲۸	۵۵/۴۲	۵۳/۵۳	۴۸/۳۳
آبان	۵۹/۸۵	۵۸/۶۲	۵۹/۶۴	۵۷/۰۴	۵۴/۶۱	۵۲/۱۰	۴۷/۰۱
آذر	۵۷/۲۸	۵۷/۲۱	۵۱/۶۶	۵۳/۳۱	۵۱/۸۶	۵۱/۰۹	۴۶/۰۴
دی	۶۲/۱۹	۶۱/۲۷	۵۹/۸۷	۵۸/۰۷	۵۶/۸۱	۵۳/۵۲	۵۰/۸۹
بهمن	۶۰/۶۲	۵۸/۸۹	۵۴/۴۳	۵۲/۸۴	۵۱/۶۲	۵۱/۰۱	۴۹/۶۴
اسفند	۶۰/۳۹	۵۳/۸۱	۵۷/۳۱	۵۵/۶۲	۵۵/۳۲	۵۴/۰۲	۴۶/۸۶
فروردین	۵۸/۳۴	۵۷/۹۹	۵۷/۸۷	۵۵/۳۲	۵۲/۸۷	۵۲/۱۶	۴۲/۸۲
اردیبهشت	۵۸/۴۵	۵۷/۳۷	۵۶/۵۴	۵۶/۱۱	۵۴/۲۱	۵۲/۵۱	۴۹/۰۸
خرداد	۵۸/۲۶	۶۰/۱۶	۵۷/۱۲	۵۶/۱۱	۵۵/۱۴	۵۴/۱۲	۵۰/۸۷
تیر	۵۹/۶۷	۵۸/۶۲	۵۸/۴۶	۵۶/۰۶	۵۵/۱۲	۵۴/۰۸	۵۰/۰۶
مرداد	۵۹/۲۴	۵۸/۵۲	۵۹/۲۱	۵۶/۰۱	۵۳/۳۱	۵۰/۲۶	۴۶/۲۴
شهریور	۶۲/۲۳	۶۱/۶۸	۶۳/۰۲	۵۹/۲۱	۵۴/۳۴	۵۰/۵۴	۴۸/۹۳

بحث

نتایج مطالعه نشان داد کیفیت آب رودخانه هراز در همه ایستگاه‌ها، به جز ایستگاه سرخرو در محدوده کیفیتی متوسط قرار دارند. علی‌رغم این که در این ایستگاه‌ها کلیه پارامترها در محدوده استاندارد و قابل قبولی قرار دارند، اما به دلیل بالا بودن کلی فرم مدفوعی ناشی از تخلیه فاضلاب واحدهای خدماتی-رفاهی و استخرهای پرورش ماهی و اثرگذاری این پارامتر بر سایر پارامترهای مورد مطالعه، موجب شده است که این

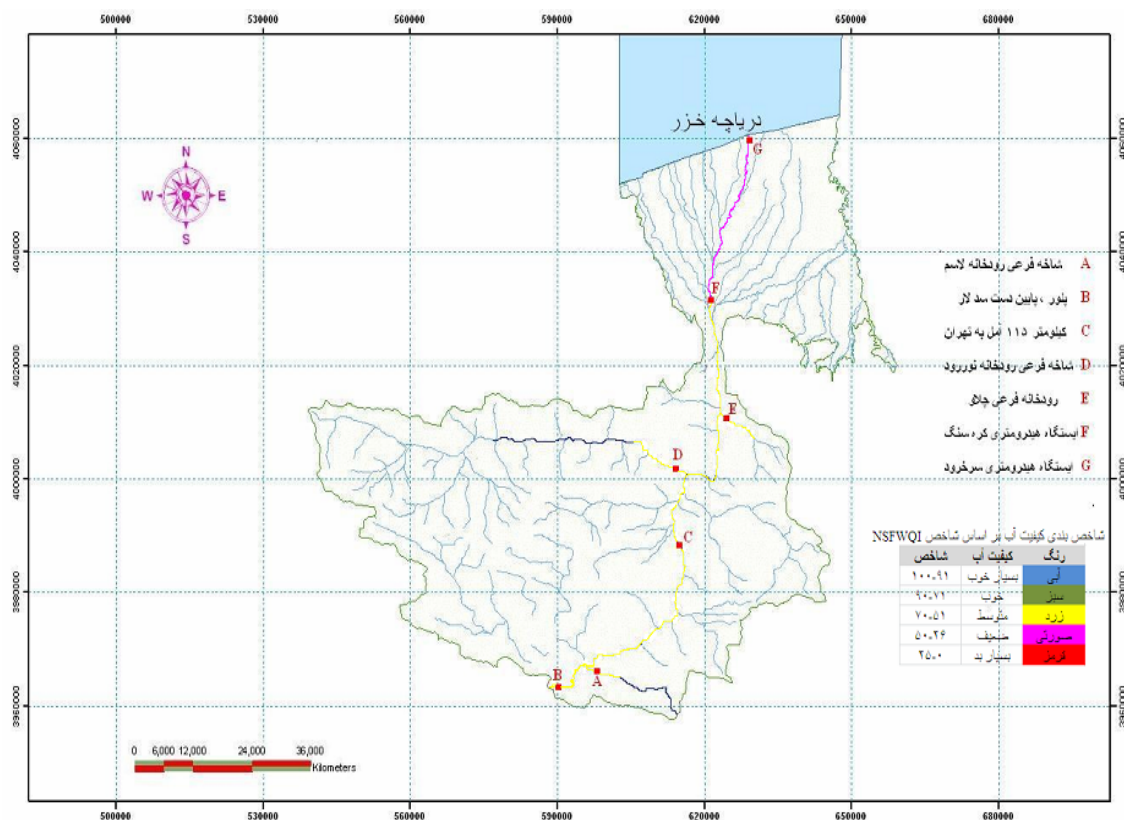
ایستگاه‌ها در محدوده کیفیتی خوبی از نظر این شاخص قرار نگیرد. همانگونه که در جدول شماره ۳ آورده شده است، میانگین کلی فرم مدفوعی بالاتر از حد استانداردهای مجامع جهانی است.

در مطالعه انجام شده شهسواری پور و همکاران بر روی رودخانه هراز مشخص گردید که میزان آلودگی در پایین دست رودخانه بیشتر از بالادست است. این در حالی بود که آلودگی میکروبی رودخانه در تمامی ایستگاه‌ها (۱۷ ایستگاه مطالعاتی) به خصوص در فصل بهار بالا مشهود بود. همان طور که جدول شماره ۲ نشان می‌دهد، شاخص کیفی آب رودخانه هراز در همه ایستگاه‌ها بجز ایستگاه G (ایستگاه سرخرو) در محدوده متوسط به دست آمد که عامل کلی فرم نقش مهمی در کاهش شاخص NSFQI داشته است. در بین این ۶ ایستگاه، شاخص کیفی ایستگاه A (ایستگاه لاسم) به لحاظ مقدار عددی بالاتر از سایر ایستگاه‌ها قرار گرفته است. زمانی که رودخانه هراز وارد دشت می‌شود شاخص کیفی NSFQI در ایستگاه G (ایستگاه سرخرو) در کلاسه‌بندی ضعیف قرار می‌گیرد (تصویر شماره ۲). علی‌رغم استقرار واحدهای صنعتی، پرورش ماهی و مراکز خدماتی بین راهی و ورود آلاینده‌های آن‌ها به رودخانه هراز، به نظر می‌رسد میزان بارش در منطقه و دبی بالا نقش مهمی در خودپالایی رودخانه دارد. طی فرآیند خودپالایی مواد قابل تجزیه‌ای که وارد آب می‌شوند به تدریج توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و آلودگی آب کاهش

جدول شماره ۳: مقایسه میانگین برخی از پارامترهای مورد مطالعه با استانداردهای جهانی

پارامترها	ایستگاه های نمونه برداری							استاندارد ها		
	A	B	C	D	E	F	G	WHO	EUROPE	USA
	میانگین									
pH	۸/۱	۸/۱	۷/۹	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۷/۸	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵	۶/۵-۸/۵
کدورت (NTU)	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۴۶	۵	۱/۵	۵
کل جامدات	۶۳	۴۰	۶۴	۵۱	۷۴	۹۷	۳۳۰	۱۰۰۰	-	-
نیترات	۰/۳۷	۰/۶۹	۰/۹۵	۱/۱۱	۱/۱۸	۱/۱۸	۲/۵۹	۱۰	۱۰	۱۰
کلیفرم CFU/100ml	۱۵۴	۲۲۴	۲۲۷	۳۲۸	۳۳۰	۳۲۹	۵۰۴	۰	۰	۰

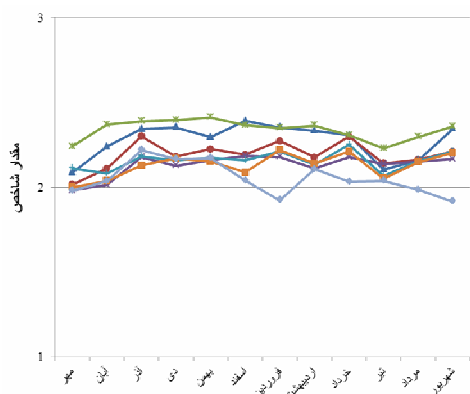
ماخذ: Adekunle و همکاران.



تصویر شماره ۲: پهنه بندی کیفی آب رودخانه هراز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

می یابد و کیفیت آب تا حد مطلوب افزایش می یابد. در مطالعه فدایی و همکاران که بر روی رودخانه دز در جنوب غربی ایران صورت گرفت به کاربرد همزمان نظام شاخص کیفیت آب و GIS به عنوان یک ابزار مدیریتی مبادرت ورزیدند. در این بررسی، ۶ ایستگاه جهت نمونه برداری انتخاب گردید که نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که دامنه شاخص کیفیت سالانه در ایستگاه های مختلف در محدوده ۶۴ تا ۷۵ متغیر بوده است. طبق این مطالعه، بیشترین مقدار شاخص کیفیت مربوط به ایستگاه بالادست و کمترین ایستگاه مربوط به پایین دست رودخانه حاصل شده است. نوروزی و همکاران مطالعه ای تحت عنوان بررسی پهنه بندی شاخص کیفیت آب رودخانه دیوجین در محیط GIS انجام دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که در تمام فصول هیچ کدام از ایستگاه های مورد مطالعه از نظر شاخص WQI وضعیت خوب یا خیلی خوب نداشته اند. بر این

اساس، بارگذاری جمعیت و فعالیت زیاد در حوزه آب خیز این رودخانه، همچنین توسعه های سریع شهری در محدوده آن، عملکردهای زندگی و فعالیت شهری و صنعتی، اصلی ترین منشأ آلودگی رودخانه بوده و در همین حال مصرف بی رویه انواع کودهای شیمیایی و سموم گیاهی در کنار تخلیه فاضلاب های شهری و روستایی و صنعتی و همچنین تخلیه مواد زائد جامد به این رودخانه که پیوسته روند فزونی دارد، آلودگی رودخانه را افزایش داده است. بنابراین عوامل انسانی از مهم ترین عامل آلودگی رودخانه دیوجین معرفی گردید. Enrique و همکاران شاخص WQI و کمبود اکسیژن محلول در طول رودخانه Guadarrama و Manzanares را مورد مطالعه قرار دادند. نمونه برداری در طول رودخانه و از ۶ ایستگاه برداشت گردید. نتایج نشان داد که شاخص WQI در ابتدای رودخانه Guadarrama دارای کیفیت خوب و در انتهای آن از



نمودار شماره ۲: نمودار تعیین کیفیت آب رودخانه هراز به روش کلاسه بندی (Said et al (2004)

در مطالعه‌ای که بر روی رودخانه جاجرود انجام شد، از دو شاخص NSFQWI و Said et al (2004) جهت بررسی کیفیت آب استفاده شد که نتایج مشابهی از هر دو شاخص بدست آمد. ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه جاجرود بخصوص در فصول با بار جمعیتهی بالا از مهمترین عوامل کاهش کیفیت آب عنوان گردید (۱۱). نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که کیفیت آب رودخانه هراز در طی ماه‌های مختلف به خصوص قبل از ورود به دشت از تغییرات چندانی برخوردار نیست. اما باید توجه داشت که این رودخانه علی‌رغم برخورداری از دبی بالا و قدرت خودپالایی مناسب، اما باز هم کیفیت آن در محدوده متوسط قرار دارد که این امر نشان دهنده ورود بیش از حد آلاینده‌ها به رودخانه می‌باشد. به همین منظور جهت حفاظت این منبع آبی با ارزش از خطر آلودگی بیشتر، می‌بایست قوانین سختگیرانه‌ای اعمال گردد تا سلامت جامعه تامین گردد و منابع آب برای نسل آتی حفظ گردد. به خصوص که در حال حاضر سد مخزنی هراز جهت تامین آب شرب و کشاورزی مردم منطقه بر روی این رودخانه در حال احداث است.

کیفیت آن کاسته و در محدوده متوسط می‌باشد. همچنین شاخص WQI برای رودخانه Manzanares در حدود ۶۵ اعلام گردید. در جدول شماره ۴ میانگین شاخص کیفیت آب رودخانه هراز در مطالعه حاضر با میانگین شاخص کیفیت آب برخی از رودخانه‌ها مقایسه شده است. بر این اساس، رودخانه کارون (محدوده زرگان - ام الطیر) و مارون در داخل کشور از شاخص کیفیتی آب مناسبتری از رودخانه هراز برخوردارند.

جدول شماره ۴: شاخص کیفیت آب رودخانه هراز در مقایسه با

رودخانه های مختلف دنیا		
منبع	WQI	رودخانه
مطالعه حاضر	۵۵/۱۰	هراز
صفاریان و همکاران، ۱۳۸۶	۷۰	کارون (محدوده زرگان - ام الطیر)
هوشمند و همکاران، ۱۳۸۷	۵۰-۶۵	کارون (محدوده گوند - دارخوین)
دادالهی و ارجمند، ۱۳۸۹	۴۰-۵۴	کارون (محدوده خرمشهر)
صفاریان و همکاران، ۱۳۸۶	۶۸	مارون
Sharma et al. 1996	۶۱-۸۰	Halali river
Suvarna et al, 1997	۵۰-۷۰	Cauver river
Dunnette. 1979	۷۸-۸۸	Oregon river-basin

از طرفی دیگر، نتایج روش کلاسه بندی (Said et al (2004) نشان داد که شاخص کیفیت آب در خروجی ایستگاه‌های مورد مطالعه در حد متوسط است (تصویر شماره ۲). این شاخص مشخص نمود که ایستگاه سرخورد (G) در ماه‌های مهر، فروردین، مرداد و شهریور از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. میانگین این شاخص نشان می‌دهد که ایستگاه لاسم (A) به دلیل عدم واقع شدن کانون‌های آلوده ساز در طول مسیر، از کیفیت بهتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها برخوردار است. نتایج این روش با نتایج شاخص کیفیت NSFQWI همخوانی دارد. دلیل اصلی آن تاثیر پارامتر کلیفرم مدفوعی است.

References

1. Eduardo BC, Alejandro CM, Ernesto VF.

Water quality indicators: Comparison of a

- probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). *Ecological Indicators*, 2010; 10(5):1049-1054.
2. Lermonto A, Yokoyam L, Lermontov M, Augusta M, Machado S. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. *Ecological Indicators* 2009; 9(6): 1188-1197.
 3. Enrique S, Manuel F, Colmenarejo JA, AngelRG, Garcia LT, Borja R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators* 2007; 7: 315-328.
 4. Samadi M, Saghi M, Rahmani A, Torabzade H, Zoning of water quality on hamedan moradbig river bases on water quality index with geographic information system. 12nd congress on environment health. shahid beheshti university. 2009: (In Persian).
 5. Simeonov V, Stratis JA, Samara C, Zachariadis G, Voutsas D, Anthemidis A., Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *WaterResources*. 2008: Vol; 37: 4119-4124.
 6. Simoes F, Moreira AB, Bisinoti MC, Gimenez S, Santos M. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators* 2008: Vol;38: 476-480
 7. Curtis G., Oregon water quality indexes a tool for evaluating water quality management effectiveness. *American Water Resources Association*. 2001: Vol; 37(1). 76-83.
 8. Silvia F. Pesce M. Daniel A. Wunderlin M., Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research*. 2000: Vol 34(11): 2915-2926.
 9. NSF, 2003: National Sanitation Foundation. <http://www.Nsfconsumer.org/environment/wqi.asp>
 10. Ramirez NF., Solano F., Physic-chemical water quality indices-A comparative review. *Revista Bifua J*. 2004:Vol 27, 437-441.
 11. Mirzaei M., Nazari A., Yari A., Zoning of Jajrood river. *The Journal of Environmental Research (Iran)* 2005: 37: 17-26. (In Persian).
 12. Fadaei A., Shariat M., Jafarzadeh N., Sakian M., 2006: Simultaneous application of GIS systems and water quality indicators as a management tool (Case Study: Dez River in southwestern Iran). 7th International River Engineering Conference. Ahvaz. Water and Power Authority, Shahid Chamran University.
 13. Hooshmand A, Delgandi M, Sied Kaboli H. 2008: Zoning of water quality on Karoon river bases on WQI index with GIS. 2nd congress on environmental Eng. Proceedings. Tehran University.
 14. Karimian A, Jafarzadeh N, Nabizadeh R, Afkhami M. 2007: Zoning of water quality bases on WQI index, Zohreh river case study. *Int J Water Eng*. Vol.18: 53-62 (In Persian).
 15. Meftah Halaghi, M., Golalipor, A. 2007: Classification of Water Quality of Atrak River, Technical Report of Golestan Environmental Office, 177p. (In Persian).
 16. Kazuyuki S., Kunihiro A., Yoshiya Y., 2000: Integrating GIS and water quality model: a case study in a volcanic watershed, in Japan, 4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs. Banff, Alberta, Canada.
 17. Karbasi A, Kalantari F., An investigation pollutant sources on Haraz river. *Journal of Environmental Science and technology*. 2007: Vol 9. 61-70.

-
18. Ministry of Energy, Mazandaran regional water. 2011: Status report on the province's water resources.
 19. Said A., Stevens D.K., Sehlke G., 2004: An innovative index for evaluation water quality in streams. *Environmental Management*. Vol. 34, (3), 406–414.
 20. Adekunle M., Adetunji M., Gbadebo M., Banjoko B., Assessment of groundwater quality in a typical rural settlement in southwest Nigeria. *Int. J. Environmental research public health*. 2007: Vol 4(4). 307-318.
 21. Shamsavaripour N., Esmaeili sari A., Salehi A., Mosavi M., Molazade N., 2007: An investigation of water quality on Haraz river in order to irrigation and determination of pollutant source in river. 9th national seminar on irrigation & evapotranspiration. Kerman University. In Persian.
 22. Norozi J., Jahani A., Moradi M., Jolokhani H., 2010: An investigation of zoning water quality on Diojin river with GIS. National seminar of water with approach on clean water. Power & Water University of Technology (shahid abbaspour). In Persian.