علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۹۹

بررسی وضعیت کیفی حوزه آبریز گدارچای ارومیه با استفاده از شاخص کیفیت منابع آب ایران و مدل آسیب پذیری راستیک

نازلی مقدم یکتا[1*]

nazlimoghadam@gmail.com

سید علی جوزی[2]

عبدالرضا کریمی[3]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۳ **تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۲**

چکیده

زمینه و هدف : محدوده مطالعاتی این تحقیق حوزه‌آبریز رودخانه گدارچای (بخشی از حوزه آبریز دریاچه ارومیه) می‌باشد که کیفیت آب آن با توجه به فعالیت های کشاورزی و صنعتی و نقاط جمعیتی مستقر در این حوزه تحت تاثیر قرار گرفته است. هدف از انجام آن بررسی وضعیت آلودگی حوزه‌آبریز با استفاده از مدل آسیب پذیری و بررسی وضعیت کیفی آب با استفاده از شاخص کیفیت آب و در نهایت ارائه راهکار جهت جلوگیری از ایجاد آلودگی یا کاهش بار آلودگی و بهبود کیفیت آب می‌باشد.

روش بررسی: پس‌از جمع آوری اطلاعات و تکمیل اطلاعات در سه نوبت بازدید، محدوده حوزه‌آبریز تعیین وبه هشت بازه تقسیم گردید. سپس ایستگاه‌های نمونه برداری براساس‌معیارهای مرتبط انتخاب ونمونه‌برداری به صورت فصلی انجام و با استفاده از نتایج، مقدار شاخص کیفیت منابع آب ایران و آسیب‌پذیری حوزه با روش راستیک محاسبه شد.

یافته ها : بر اساس شاخص کیفیت منابع آب، سرشاخه‌ها و شاخه‌اصلی رودخانه دررده کیفی نسبتاًبد تا نسبتاًخوب قرار گرفتند. میزان آسیب پذیری حوزه آبریز نیز ۵۹ می‌باشد که نشان از حساسیت زیاد دارد. وجود منابع‌آلاینده ازجمله کارگاه‌های پرورش‌ماهی، مرغداری‌ها، کشتارگاه، شهرکهای‌صنعتی و مناطق شهری‌و روستایی حاشیه رودخانه و تخلیه فاضلاب، منجر به ایجاد آلودگی خصوصا در قسمتهای میانی و پایاب حوزه شده‌است. این آلاینده‌ها تحت‌تأثیر رشد جمعیت و توسعه صنایع و کشاورزی درحال افزایش است.

بحث و نتیجه گیری: جهت بهبود وضعیت کیفی و جلوگیری از ایجاد آلودگی از راهکارهای مدیریتی استفاده شده و برنامه‌های‌پیشنهادی در قالب ۱ برنامه سازه‌ای، ۴ برنامه غیرسازه‌ای و ۲ برنامه مشترک ارائه شده‌اند. پیشنهاد می شود شناسایی منابع آلاینده و اقدامات حفاظت کیفی و کنترل آلودگی در قالب مطالعات کیفی در حوزه‌های استان و طرح پایش کیفی آب با اعمال اصلاحات صورت پذیرد.

واژه های کلیدی: شاخص کیفیت منابع آب ایران، مدل آسیب پذیری راستیک، حوزه آبریز، رودخانه گدارچای ارومیه.

---

۱ - دکتری آلودگی های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. *(مسوول مکاتبات)

۲ - استاد گروه محیط زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳ - استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.2, April, 2020

Study of Quality & Pollution of Urmia Gadarchay Catchment, Using Water Quality Index and WRASTIC Vulnerability Model

Nazli Moghadam Yekta [1*]

nazlimoghadam@gmail.com

Seyed Ali Jozi [2]

Abdolreza Karimi[3]

Admission Date:May 23, 2018 Date Received: March 4, 2018

Abstract

Background and Objectives: Study area of this study is Gadarchay Catchment (Part of Urmia Basin) that has been affected by the agricultural and industrial activities as well as population points. In this study, quality and pollution of Gadarchay Catchment Using Iran Water Quality Index and WRASTIC Vulnerability Model has been investigated to improve water quality, preventing of pollution and reducing pollution load by using management mitigation plans.

Method: After collecting the history of study and completing the information, the catchment area have been assigned and divided to eight zones. Then sampling stations have been chosen by some criterions and sampling program have been started seasonally and the water quality index using IRWQISC have been estimated.

Findings: The quality of rivers was in partly bad to partly good. The vulnerability of the catchment area has been calculated 59 that show the high sensitivity of the river catchment area. Availability of pollutants in the study area for example fisheries, bird houses, slaughter house, industrial areas and urban and rural areas by the river and discharge of waste water, causes wide pollution in river specially in mid-zone and downstream of the catchment area. These pollutants are increasing due to the growth of population and industrial and agricultural development.

Discussion and Conclusion: For improvement of water quality and preventing of pollution, management mitigation plans are used and proposed plans including one structural plan, four non-structural plans and two joint plans are planned. Also it's useful to detect pollutant sources and quality conservation acts and pollution control in case of monitoring of water quality projects and reforming the existing water quality monitoring.

Keywords: Iran Water Quality Index, WRASTIC Vulnerability Model, Catchment, Urmia Gadarchay River

1- Ph.D of Environmental Pollution Engineering, North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *(Corresponding Author).

2- Professor, Environmental Pollution Engineering, North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Qom University of Technology (QUT), Qom, Iran

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت بیش از پیش توجه محققان و برنامه ریزان را به مسأله تامین آب معطوف ساخته است. نگاه جامع به آمار موجود نشان می‌دهد که علاوه بر مسأله کمبود آب و شیوه استفاده، بحران کیفی آب نیز دامنگیر جوامع شده و یا به زودی خواهد شد. با توجه به مشکلات کمی و کیفی منابع آب کشور و رویارویی با بحران‌های کم‌آبی، تدوین برنامه‌های مدیریت کیفی برای تمام منابع آبی، راهکاری ضروری و غیرقابل اجتناب برای حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع آبی است. در بین اجزای مدیریت کیفیت منابع آب، انجام برنامه‌های حفاظتی جهت جلوگیری از ایجاد آلودگی و انجام برنامه‌های کنترل و کاهش آلودگی دارای اهمیت ویژه‌ای است. در واقع حفاظت و استفاده بهینه از منابع آب از اصول توسعه پایدار هر کشور می‌باشد. آب-های سطحی جاری یا رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع آب هستند که نقش مهمی در تامین آب مورد نیاز فعالیت‌های مختلف مانند کشاورزی، صنعت، شرب و تولید برق دارند. بسیاری از برنامه‌ریزی‌های منابع آب در کشورها بر اساس ظرفیت بالقوه منابع آب سطحی می‌باشد. آگاهی از کیفیت منابع آب یکی از نیازمندی‌های مهم در برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت و کنترل آنها است. به منظور انجام این برنامه‌ها، می‌بایست ابتدا وضعیت کیفی منابع آب مورد بررسی قرار گیرد تا بر اساس منبع ایجاد آلودگی، اقدام به کنترل و حذف آن شود (۱). جهت تعیین وضعیت کیفی منابع آب استفاده از انواع متنوع شاخص-های کیفیت آب (WQI) رایج است. در کشور ایران نیز شاخص کیفیت منابع آب ایران[1] با توجه به شرایط طبیعی و مسایل و مشکلات منابع آب موجود در کشور به عنوان شاخص ملی برای سازمان حفاظت محیط زیست تدوین شده است که می‌تواند چشم انداز و فهم و درک مناسبی از وضعیت کیفی منابع آب در ایران ارائه نماید (۲). همچنین افزایش جمعیت و توسعه شهری، کشاورزی و صنعتی کشور، اهمیت توجه به کیفیت منابع آبی موجود را بیش از پیش نمایان می‌سازد. محدودیت منابع آب و ارزان بودن قیمت و عدم مدیریت صحیح کشاورزی، قدمت فرآیندهای صنعتی و آلوده سازی آنها و نبود یا ناکارایی سامانه-های کنترل و نظارت بر آلودگی آب از جمله عواملی است که ضرورت توجه بیشتر به کیفیت آب را ایجاب می‌نماید. ورود آلاینده‌های تجزیه پذیر زیستی به رودخانه باعث ایجاد اختلال در توازن اکسیژن محلول گردیده و ورود مواد مغذی از منابع مختلف به ویژه فاضلاب بهداشتی و پساب‌های کشاورزی و صنعتی، موجب تغییرات کیفی منابع آب می‌شود (۳). با توجه به وجود این آلودگی‌ها، ارزیابی آسیب پذیری روشی مناسب و کم هزینه در تشخیص نواحی مستعد به آلودگی است. به منظور دستیابی به یک روش مناسب و مؤثر برای حفاظت منابع آب از آلودگی‌هایی که آنها را تهدید می‌کنند، روش و مدل‌های مختلف ارزیابی آسیب پذیری توسعه یافته اند. یکی از این مدل ها شاخص راستیک[2] می‌باشد. این روش از انواع روش‌های ارزیابی ریسک و آسیب پذیری منابع آب سطحی است که قابلیت منطقه مورد مطالعه در ایجاد آلودگی منابع آب سطحی در هر محیط هیدرولوژیکی را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. بدین ترتیب با مشخص نمودن وضعیت کیفی منابع آب در یک حوزه آبریز و مشخص نمودن میزان آسیب پذیری با ارائه برنامه‌های حفاظتی مناسب می‌توان گامی در جهت حفاظت از منابع آب و محیط زیست در حوزه‌های آبریز برداشت. تحقیقات انجام یافته قبلی در این خصوص با توجه به جدید بودن شاخص کیفیت منابع آب ایران (۱۳۹۲)، محدود است، لیکن به دو تحقیق که مشابهت بسیار زیادی به تحقیق حاضر دارند می توان اشاره کرد : «ارزیابی شاخص کیفی منابع آب با روش NSF و بررسی آسیب پذیری حوزه آبریز با مدل WRASTIC در حوزه آبریز زاینده رود» (۴) و «بررسی کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از شاخص کیفیت آبIRWQI» (۵). در تحقیقات خارجی نیز با توجه به اینکه شاخص کیفیت آب IRWQIsc اخیراً و برای منابع آب ایران تدوین شده، تحقیقاتی در این خصوص در سطح بین‌المللی انجام نگرفته است. اما دو مقاله مرتبط از لحاظ

1-IRWQISC

2- Wrastic Index

مفهومی به این تحقیق شباهت دارند اولی، بررسی شاخص های کیفیت آب برای رودخانه سابارماتی هندوستان (۶) و دومی بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه سیامبولاوانگ اندونزی بر اساس شاخص NSF (۷) اشاره نمود. هدف از انجام این مطالعه، بررسی وضعیت آلودگی حوزه‌آبریز با استفاده از مدل آسیب پذیری و بررسی وضعیت کیفی آب با استفاده از شاخص کیفیت آب و در نهایت ارائه راهکار جهت جلوگیری از ایجاد آلودگی یا کاهش بار آلودگی می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این تحقیق، حوزه آبریز رودخانه گدارچای است که بخشی از حوزه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. رودخانه گدارچای از دامنه کوه‌های دالامپربزرگ و بادگوله سرچشمه گرفته و در طول مسیر جریان رودخانه‌های قلازچای، کانی رش و شیخان به آن پیوسته و در پایین دست شهر نقده نیز دو شاخه کم آب‌تر به نام‌های رودخانه بالقچی و محمد شاه به آن می پیوندند. نهایتاً رودخانه گدارچای پس از گذشتن از پل سنتو (بهراملو) به موازات مهابادچای به دریاچه ارومیه می‌ریزد. از نظر تقسیمات سیاسی-کشوری بخش عمده حوزه آبریز رودخانه گدارچای در محدوده شهرستان‌های نقده و اشنویه قرار گرفته است. این حوزه جهت سهولت بررسی کیفی آن، به هشت بازه به عنوان واحدهای مطالعاتی تقسیم شده است.

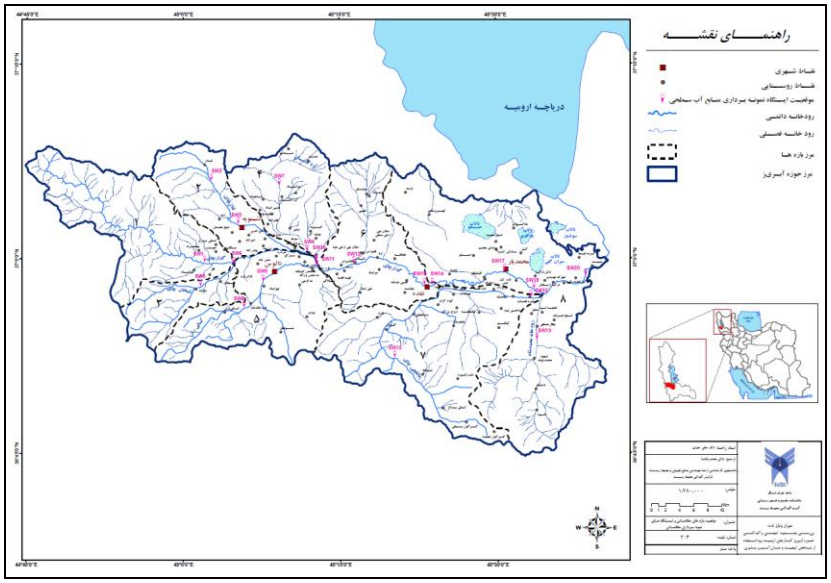
روش انجام کار

ابتدا اطلاعات موجود و پیشینه مطالعاتی در سطح سازمان‌ها و ادارات مرتبط از قبیل شرکت آب منطقه ای استان، اداره کل محیط زیست، آبخیزداری و منابع طبیعی، آب و فاضلاب و... جمع آوری و مورد استفاده قرار گرفت. جمع آوری اطلاعات به وسیله مکاتبات صورت گرفت و سپس در سه نوبت بازدید میدانی (آبان ماه ۹۳ و اردیبهشت ماه و تیرماه ۹۴) اطلاعات جمع آوری شد. به موازات این امر، نقشه‌های پایه مورد نیاز از سازمان نقشه برداری کشور تهیه و محدوده حوزه آبریز گدارچای براساس آخرین نقشه مصوب سال ۱۳۹۱ وزارت نیرو (شرکت مدیریت منابع آب ایران) تعیین شد. در مرحله بعد، جهت تسهیل انجام مطالعات پایه و بررسی مشکلات و نقاط بحرانی در قسمت‌های مختلف رودخانه، حوزه آبریز رودخانه گدارچای به هشت بازه (بازه های ۱ تا ۸) به عنوان واحدهای مطالعاتی تقسیم گردید. سپس ایستگاه‌های نمونه برداری با توجه به اهداف مورد نظر نظیر تعیین وضعیت پایه، تعیین اثر منابع آلاینده نقطه ای، تعیین اثر منابع آلاینده غیرنقطه ای، تعیین اثر برداشت‌های عمده، سنجش تغییرات کیفیت آب رودخانه در طول آن و ارزیابی اثر بار آلودگی‌های تخلیه شونده انتخاب شدند و نمونه برداری به صورت فصلی صورت پذیرفت. جدول ۱ مشخصات ایستگاه های نمونه برداری و شکل ۱ نمایی از ایستگاه های نمونه برداری را نمایش می دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های پایش منابع آب‌های سطحی

Table 1. Characteristics of Surface water Monitoring stations

ردیف	مختصات جغرافیایی	کد	رودخانه	محدوده مکانی
۱	N 36 59 35.8	SW_1	گدارچای	ایستگاه هیدرومتری پی قلعه
۲	N 37 05 52.0	SW_2	رودخانه قلازچای	پایین دست روستای قلاز
۳	N 37 02 34.3	SW_3	رودخانه قلازچای	ایستگاه هیدرومتری اشنویه
۴	N 37 00 18.8	SW_4	رودخانه قلازچای	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای (۱)
۵	N 36 57 45.8	SW_5	رودخانه شیخان	پایین دست روستای دورود
۶	N 36 59 39.2	SW_6	رودخانه شیخان	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای
۷	N 37 05 37.5	SW_7	رودخانه گردکاشان	بعد از سه راهی نلیوان
۸	N 36 56 07.5	SW_8	رودخانه کانی رش	بالادست روستای باب خالدآباد
۹	N 36 58 08.5	SW_9	رودخانه کانی رش	ایستگاه هیدرومتری چپرآباد
۱۰	N 36 59 19.3	SW_{10}	رودخانه کانی رش	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای
۱۱	N 36 59 35.1	SW_{11}	رودخانه گدارچای	قبل از الحاق رودخانه کانی رش
۱۲	N 36 59 36.1	SW_{12}	رودخانه گدارچای	محدوده روستای ذلیلان
۱۳	N 36 57 54.1	SW_{13}	رودخانه گدارچای	ورودی شهر نقده – قبل از کارگاه ساختمانی شرکت
۱۴	N 36 57 55.7	SW_{14}	رودخانه گدارچای	خروجی شهر نقده – بند انحرافی کهل
۱۵	N 36 52 15.4	SW_{15}	رودخانه بالقچی	ایستگاه هیدرومتری بایزیدآباد
۱۶	N 36 57 15.2	SW_{16}	رودخانه بالقچی	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای
۱۷	N 36 58 55.9	SW_{17}	رودخانه گدارچای	ورودی شهر محمدیار
۱۸	N 36 57 16.1	SW_{18}	رودخانه گدارچای	قبل از الحاق رودخانه بالقچی چای
۱۹	N 36 53 37.4	SW_{19}	رودخانه محمدشاه	ایستگاه هیدرومتری محمدشاه
۲۰	N 36 58 34.1	SW_{20}	رودخانه گدارچای	محدوده پل بهراملو



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری

Figure 1.Sampling stations situations

سپس از نتایج نمونه برداری (پاییز و زمستان ۹۳ و بهار و تابستان ۹۴)، شاخص کیفیت منابع آب ایران برای رودخانه ها مورد محاسبه قرار گرفت. جهت انجام این کار بر اساس وزن هر پارامتر (جدول ۲) و با استفاده از فرمول ۱ مقدار عددی یازده پارامتر برای هر ایستگاه محاسبه و از مجموع این اعداد میزان شاخص کیفیت برای هر ایستگاه نیز محاسبه شده است.

جدول ۲- پارامترهای شاخص IRWQISC و وزن‌های آن ها

Table 2. Parameters of IRWQISC and their weight

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴۰	بر حسب MPN/100ml
۲	BOD5	۰/۱۱۷	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰۸	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	بر حسب درصد اشباع
۵	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	بر حسب میکروزیمنس بر سانتیمتر
۶	COD	۰/۰۹۳	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۷	آمونیم	۰/۰۹۰	مجموع آمونیم
۸	فسفات	۰/۰۸۷	بر حسب میلی گرم بر لیتر
۹	کدورت	۰/۰۶۲	بر حسب NTU
۱۰	سختی کل	۰/۰۵۹	بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۱۱	pH	۰/۰۵۱	واحد استاندارد

$$IRWQI_{SC} = [\prod_{i=1}^{n} I_i^{Wi}]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (۱)$$

که در آن: $\gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$ =Wi وزن پارامتر i ام،n= تعداد پارامترها، Ii= مقدار شاخص برای پارامتر i ام از منحنی رتبه بندی. برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده از رنگ استفاده شده است (جدول ۳).

جدول ۳-راهنمای معادل توصیفی شاخص کیفیت منابع آب

Table 3. Guideline for description of Iran water quality index

مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹/۹	بد
۳۰-۴۴/۹	نسبتا بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵/۱-۷۰	نسبتا خوب
۷۰/۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

جهت محاسبه آسیب پذیری حوزه آبریز، از روش WRASTIC استفاده شده است. این روش برای ارزیابی مستعد بودن آبخیر به آلودگی آب سطحی در یک محیط هیدروژئولوژی بر اساس مشخصه‌های عمده آبخیز و کاربری زمین ارائه شده است. در این روش مولفه‌ها شامل تخلیه فاضلاب، کاربری اراضی با مقاصد تفریحی، کاربری کشاورزی، مساحت حوزه آبریز، مسیرهای حمل و نقلی، کاربری اراضی صنعتی، میزان تراکم پوشش گیاهی می‌باشند این پارامترها بر اساس شرایط حوزه، نمراتی بین ۱ تا ۵ به خود اختصاص می‌دهند. پس از بررسی وضعیت حوزه آبریز در مورد هریک از این شاخص‌ها و نمره دهی آن، به منظور اعمال اهمیت پارامترها نسبت به یکدیگر هر پارامتر به طور جداگانه وزن دهی شده است. حاصل ضرب نمره اختصاص داده شده به هر پارامتر، در اهمیت وزنی آن، امتیاز نهایی آن پارامتر را تشکیل داده و نهایتاً حاصل جمع امتیازات کلیه پارامترها امتیاز شاخص نهایی می‌باشد که در حقیقت نشان دهنده وضعیت حساسیت منبع آبی به ریسک آلودگی منبع آبی است. با توجه به مبانی این روش هرچه شاخص نهایی عدد بزرگ‌تری باشد حساسیت بیشتری نیز به ریسک آلودگی وجود دارد. این شاخص بر اساس فرمول ۲ محاسبه گردیده است (۸). در انتها عدد به دست آمده با جدول ۴ مورد مقایسه و میزان آسیب پذیری تعیین می گردد.

$$WRASTICINDEX=WRWW+RRRW+ARAW+SRSW+TRTW+IRIW+CRCW \quad (۲)$$

که در آن اندیس‌های هر فاکتور عبارتند از: r: امتیاز فاکتورها، w: ارزش وزنی فاکتورها، و هریک از فاکتورهای مورد مطالعه در این فرمول عبارتند از: W:وجود تخلیه فاضلاب به منابع آب، R:اثرات فعالیت‌های گردشگری و تفرجی، A: اثرات فعالیت‌های کشاورزی،S: بزرگی حوزه آبریز، T:راه‌ها و حمل و نقل، I:اثرات فعالیت‌های صنعتی، C:پوشش گیاهی حوزه

جدول۴-تقسیم بندی میزان آسیب پذیری بر اساس شاخص WRASTIC

Table 4. Vulnerability Rate regarding to WRASTIC model

میزان آسیب پذیری	اندازه شاخص WRASTIC
زیاد	>۵۰
متوسط	۲۶-۵۰
کم	<۲۶

یافته ها

میزان شاخص کیفیت محاسبه شده در منابع آب حوزه و وضعیت کیفی آب ایستگاه‌ها در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- میزان شاخص و وضعیت کیفی آب ایستگاه‌ها بر اساس پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی در محدوده مطالعاتی (پاییز و زمستان ۹۳ و بهار و تابستان ۹۴)

Table 5-Stions WQI and water quality based on IRWQISC

کد ایستگاه	نام محل	پاییز ۹۳	زمستان ۹۳	بهار۹۴	تابستان ۹۴
SW_1	رودخانه گدارچای	خوب-۷۶/۲	نسبتاً خوب-۶۳/۲	خوب-۷۲/۳	بد-۲۳/۲
SW_2	رودخانه قلازچای	خوب-۷۵/۵	نسبتاً خوب-۶۰/۵	خوب-۷۰/۳	نسبتاً خوب-۶۰/۴
SW_3	رودخانه قلازچای	خوب-۷۳/۷	نسبتاً خوب-۶۱/۹	نسبتاً خوب-۶۲/۵	نسبتاً خوب-۶۱/۳
SW_4	رودخانه قلازچای	-	متوسط-۴۸/۵	نسبتاً خوب-۶۳/۱	بد-۱۶/۳
SW_5	رودخانه شیخان چای	نسبتاً خوب-۵۷	متوسط-۵۱/۴	نسبتاً خوب-۶۱/۸	نسبتاً خوب-۵۶/۲
SW_6	رودخانه شیخان چای	نسبتاً خوب-۶۹/۵	متوسط-۵۳/۷	نسبتاً خوب-۵۸/۳	بد-۱۸/۹
SW_7	رودخانه گردکاشان	متوسط-۵۳/۴	متوسط-۴۷/۷	نسبتاً بد-۳۷/۸	نسبتاً بد-۳۲/۲
SW_8	رودخانه کانی رش	نسبتاً خوب-۵۸/۳	متوسط-۵۲/۸	نسبتاً خوب-۵۷/۴	نسبتاً بد-۳۶
SW_9	رودخانه کانی رش	متوسط-۵۱	متوسط-۵۴/۱	نسبتاً خوب-۵۶/۶	متوسط-۴۶/۴
SW_{10}	رودخانه کانی رش	متوسط-۴۹/۲	متوسط-۵۴/۸	نسبتاً خوب-۶۸/۹	-
SW_{11}	رودخانه گدارچای	متوسط-۵۳/۶	نسبتاً خوب-۵۵/۶	نسبتاً خوب-۶۹/۳	نسبتاً خوب-۶۵/۷
SW_{12}	رودخانه گدارچای	متوسط-۵۱/۱	نسبتاً بد-۴۲/۵	خوب-۷۳	متوسط-۴۶/۱
SW_{13}	رودخانه گدارچای	-	نسبتاً خوب-۵۶/۲	نسبتاً خوب-۶۸/۸	نسبتاً خوب-۶۱/۹
SW_{14}	رودخانه گدارچای	-	متوسط-۵۰	نسبتاً خوب-۶۵/۵	خوب-۷۲/۲
SW_{15}	رودخانه بالقچی چای	متوسط-۵۴/۷	نسبتاً بد-۴۴/۴	نسبتاً خوب-۵۸/۳	متوسط-۴۶/۹
SW_{16}	رودخانه بالقچی چای	بد-۱۸/۴	خیلی بد-۱۴/۴	نسبتاً بد-۳۲/۷	-
SW_{17}	رودخانه گدارچای	-	نسبتاً خوب-۵۹/۸	نسبتاً خوب-۶۱/۵	-
SW_{18}	رودخانه گدارچای	بد-۱۵/۷	نسبتاً بد-۴۱/۶	نسبتاً خوب-۵۷/۶	-
SW_{19}	رودخانه محمدشاه	نسبتاً بد-۴۱/۱	نسبتاً بد-۴۴/۱	نسبتاً خوب-۵۵/۲	نسبتاً بد-۳۸/۷
SW_{20}	رودخانه گدارچای	نسبتاً بد-۴۱/۴	بد-۲۷	نسبتاً خوب-۵۶/۵	-

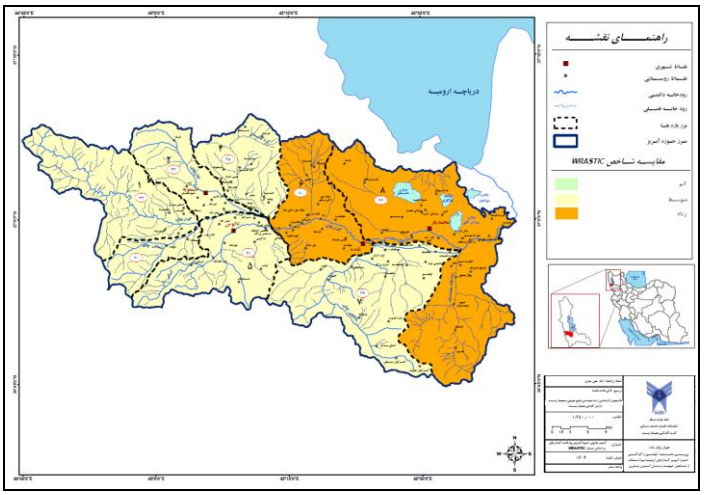
با بررسی شاخص کیفیت آب محاسبه شده در حوزه آبریز رودخانه مشاهده می‌شود که کیفیت آب رودخانه گدارچای در سرچشمه (ایستگاه SW1) به مراتب نسبت به سایر ایستگاه‌ها بهتر بوده و در طول مسیر کیفیت کاهش می‌یابد. با توجه به طول شاخه اصلی رودخانه گدارچای در آن (۴۴/۸ کیلومتر) و کوهستانی بودن منطقه، نقاط روستایی محدود و فقدان صنایع بزرگ، کیفیت آب مناسب است. شاخص کیفیت آب رودخانه قلازچای نیز در رده خوب و نسبتاً خوب قرار دارد که با توجه به نبود صنعت خاص در این منطقه و کوهستانی بودن این بازه (پدیده خودپالایی) دور از انتظار نیست. شاخص کیفیت آب در رودخانه شیخان چای در رده متوسط و نسبتاً خوب قرار دارد. شاخص کیفیت آب محاسبه شده برای رودخانه گردکاشان با توجه به فصلی بودن رودخانه (دبی کم) مناسب نیست. شاخص کیفیت آب محاسبه شده برای رودخانه کانی رش (سرشاخه دائمی و پرآب) در رده متوسط و نسبتاً خوب قرار داشته است. بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه بالقچی چای نشان از نامناسب بودن کیفیت آب در اکثر نوبت‌های نمونه‌برداری دارد. رودخانه محمدشاه نیز به غیر از بهار ۹۴ که دارای کیفیت نسبتاً خوب بوده است در سایر نمونه‌برداری‌ها در رده نسبتاً بد قرار دارد. این نتایج در جدول ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۶- محاسبه اندازه شاخص WRASTIC برای حوزه آبریز رودخانه گدارچای

Table 6. Calculation of WRASTIC Index for Gadarchay River Basin

فاکتور	محدوده	نرخ	وزن	نرخ تعیین شده برای حوزه مورد مطالعه
تخلیه فاضلاب (W)	تاثیرات فاضلاب کاملاً مشهود و تصفیه خاصی تعبیه شده‌است	۵	۳	ورود فاضلاب های شهری و روستایی به رودخانه و تاثیر آن در کیفیت مشهود است (۴)
	تاثیر فاضلاب در حوزه مشهود است	۴		
	بیش از ۵۰ ایستگاه گندزدایی وجود دارد	۳		
	کمتر از ۵۰ ایستگاه گندزدایی وجود دارد	۲		
	هیچ تخلیه فاضلابی وجود ندارد	۱		
اثرات کاربری اراضی با مقاصد تفریحی (R)	فعالیت های موتوری در آب مجاز است	۵	۳	فعالیت موتوری بر روی دریاچه سد حسنلو وجود دارد (۵)
	هیچ فعالیت موتوری در آب مجاز نیست	۴		
	دسترسی محلی به وسایل نقلیه در حوزه وجود دارد	۳		
	دسترسی به وسیله نقلیه وجود ندارد	۲		
	هیچگونه فعالیت تفرجی وجود ندارد	۱		
اثرات کاربری کشاورزی (A)	۵ فعالیت کشاورزی یا بیشتر در حوزه موجود است	۵	۲	فعالیت کشاورزی شامل اراضی زراعی و باغات میوه می باشد. وجود بندهای انحرافی و شبکه های آبیاری و زهکشی (۵)
	۴ فعالیت کشاورزی یا بیشتر در حوزه موجود است	۴		
	۳ فعالیت کشاورزی یا بیشتر در حوزه موجود است	۳		
	۲ فعالیت کشاورزی یا بیشتر در حوزه موجود است	۲		
	۱ فعالیت کشاورزی یا بیشتر در حوزه موجود است	۱		
مساحت حوزه آبریز (S)	بیش از ۱۹۴۲/۵۰ کیلومتر مربع	۵	۱	مساحت حوزه آبریز ۲۰۹۱ کیلومترمربع (۴)
	۱۹۴۲/۵۰-۳۸۸/۵۰ کیلومتر مربع	۴		
	۳۸۸/۵۰ - ۱۵۵/۴۰ کیلومتر مربع	۳		
	۱۵۵/۴۰ -۳۸/۸۵ کیلومتر مربع	۲		
	کمتر از ۳۸/۸۵ کیلومتر مربع	۱		
مسیرهای حمل و نقلی (T)	وجود راه آهن یا مسیر بین استانی در حوزه	۵	۱	راه اصلی و آسفالته وجود دارد (۳)
	وجود بزرگراه در حوزه مورد مطالعه	۴		
	وجود شاهراه یا هر نوع راه آسفالت در حوزه	۳		
	وجود راه های نیمه کاره یا کامل نشده در حوزه	۲		
	هیچ نقل و انتقالی در حوزه وجود ندارد	۱		
اثرات کاربری اراضی صنعتی (I)	صنایع تخلیه خیلی وسیع یا اثر خیلی سنگین بر محیط اطراف	۵	۴	واحدهای صنعتی منطقه کم و محدود به نقاط شهری می باشند. (۳)
	صنایع تخلیه وسیع یا اثر سنگین بر محیط اطراف	۴		
	صنایع تخلیه متوسط یا اثر متوسط و میانه بر محیط اطراف	۳		
	صنایع تخلیه اندک یا اثر اندک بر محیط اطراف	۲		
	هیچ صنعتی در محیط وجود ندارد	۱		
*اثرات میزان تراکم پوشش گیاهی سطح زمین (C)	٪۰-۵	۵	۱	تراکم ٪۱۰-۲۵ = ۱۶۴km^2 تراکم ٪۲۵-۵۰ = ۶۱۷km^2 تراکم ٪۵۰-۷۵ = ۲۲۴km^2 فاقد پوشش گیاهی = ۱۰۷۸km^2
	٪۶-۱۹	۴		
	٪۲۰-۳۴	۳		
	٪۳۵-۵۰	۲		
	٪>۵۰	۱		
شاخص WRASTIC برای حوزه آبریز رودخانه گدارچای				**WI=۴×۳+۵×۳+۵×۲+۴×۱+۳×۱+**

با توجه به جدول۶، مقدار عدد محاسبه شده برای حوزه آبریز گدارچای، برابر با ۵۹ می‌باشد. بر اساس دستوالعمل تعیین میزان آسیب پذیری، حوزه‌هایی با مقدار شاخص کمتر از ۲۶ دارای حساسیت کم، مقدار شاخص ۵۰-۲۶ دارای حساسیت متوسط و حوزه هایی با مقدار عدد محاسبه شده بیشتر از ۵۰ دارای حساسیت زیاد نسبت به آسیب پذیری می‌باشند بنابراین عدد محاسبه شده نشان دهنده حساسیت زیاد حوزه آبریز رودخانه گدارچای به آلودگی‌ها و قابلیت‌های منطقه در ایجاد آلودگی برای این حوزه است. شکل ۲ آسیب پذیری حوزه آبریز رودخانه گدارچای بر اساس مدل راستیک نشان می دهد.



شکل ۲- آسیب پذیری حوزه آبریز رودخانه گدارچای بر اساس مدل WRASTIC

Figure 2.Vulnerabaility of Gadarchay river basin based on WRASTIC model

بحث و نتیجه گیری

بر اساس اعداد به دست آمده از شاخص کیفیت آب و مقدار آسیب پذیری در حوزه آبریز در مجموع می توان به نکات زیر توجه نمود : بررسی وضعیت کیفی منابع آب در حوزه آبریز رودخانه گدارچای نشان می دهد که وجود منابع آلاینده از جمله کارگاه‌های پرورش ماهی، مرغداری‌ها، کشتارگاه، شهرک-های صنعتی و مناطق شهری و روستایی حاشیه رودخانه و تخلیه فاضلاب به آب، منجر به ایجاد آلودگی وسیعی شده و آلودگی در قسمت‌های میانی و پایاب حوزه به شدت مشهود است. بر اساس مقادیر شاخص کیفیت محاسبه شده، آب رودخانه گدارچای در ابتدای آن که آلودگی خاصی وجود ندارد دارای کیفیت مناسب می باشد. لیکن پس از ورود سر شاخه-های آلوده و پساب های کشاورزی و صنعتی و عبور از شهرها، شاخص کیفیت آب کاهش می یابد به طوری که در ایستگاه های پایانی حوزه کاهش کیفیت و کم شدن مقادیر شاخص به شدت محسوس است. بر اساس مدل آسیب پذیری راستیک میزان ریسک به دست آمده نشان از ریسک بالای ناشی از فعالیت‌های انسانی در حوزه آبریز دارد. مقایسه نتایج به دست آمده با مطالعات مشابه نشان می دهد که در رودخانه سابارماتی هندوستان بدترین کیفیت آب در قسمت‌هایی است که بیشترین فعالیت‌های انسانی (ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به آب)، نقص شبکه بهداشتی و رودخانه‌های حفاظت نشده وجود داشته است و نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می دهد که در حوزه آبریز گدارچای نیز کیفیت آب رودخانه تحت تاثیر آلاینده‌های شهری می باشد. بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه سیامبولاوانگ نشان می‌دهد که وجود مراکز جمعیتی و نیروگاه در حاشیه رودخانه دارای اثر منفی بر کیفیت آب رودخانه نمی باشد. لیکن در تحقیق حاضر وجود مراکز جمعیتی به عنوان عاملی در کاهش کیفیت دیده

شده است. همچنین مقایسه نتایج به دست آمده از بررسی شاخص کیفیت و آسیب پذیری در حوزه آبریز زاینده‌رود نشان می دهد مهم‌ترین عامل ایجاد آلودگی در این حوزه شامل توسعه سریع شهری، استفاده بی رویه از کود و سموم در فعالیت‌های کشاورزی، ورود فاضلاب صنعتی و مراکز جمعیتی به رودخانه زاینده‌رود می‌باشند که در حوزه آبریز رودخانه گدارچای نیز این عوامل نقش موثری در کاهش کیفیت آب رودخانه دارند. در واقع در هر دو حوزه فعالیت‌های انسانی مهم‌ترین عامل ایجاد آلودگی،کاهش کیفیت آب و افزایش آسیب پذیری می‌باشد. مقایسه نتایج بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه دز با استفاده از شاخص IRWQI نشان می‌دهد که از مهم‌ترین عوامل کاهش شاخص کیفیت قرار گرفتن زمین‌های کشاورزی و صنایع می‌باشد که منجر به ایجاد آلودگی و پایین آمدن کیفیت آب در پایین دست می شود که در حوزه آبریز گدارچای نیز این موارد در کاهش کیفیت آب پررنگ است. با توجه به شرایط حوزه آبریز، استفاده از روش های مدیریتی و ارائه برنامه های کنترل کیفیت و آلودگی منابع آب شامل برنامه های سازه ای و غیر سازه ای و برنامه های سازه ای/غیرسازه ای به شرح زیر می تواند در کاهش بار آلودگی حوزه نقش داشته باشد. برنامه‌های سازه ای شامل احداث شبکه جمع آوری و تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری، روستایی و صنعتی است. از برنامه‌های غیر سازه ای می توان به آموزش و آگاهی رسانی عمومی، کنترل فعالیت‌های آبزی پروری، کشاورزی و دامپروری به منظور کاهش مصرف نهاده‌ها و تخلیه آلاینده‌ها و کاهش مصارف آب، انجام مطالعات آمایش سرزمین و کنترل استقرار فعالیت‌ها در بازه‌های مختلف و کاهش رواناب‌های سطحی از طریق جلوگیری از تخریب و احیای پوشش گیاهی اشاره نمود. برنامه‌های سازه ای/غیرسازه ای پیشنهادی شامل افزایش بهره وری آب مصرفی در بخش‌های کشاورزی و شهری و جلوگیری و کنترل انباشت زباله و کودهای دامی در داخل و حاشیه رودخانه است. با توجه به این که در حوزه آبریز به علت سوء مدیریت کیفی آب، نارسایی های زیادی وجود دارد، راهبردهای پیشنهادی، مسئولان اجرایی و دوره زمانی در برنامه مدیریت محیط زیست (EMP) مورد بررسی قرار گرفته اند که به شرح جدول ۷ می باشد.

جدول ۷- برنامه مدیریت محیط زیست (EMP) در حوزه آبریز

Table 7. Environmental Management Plan in Basin

نارسایی ها موجود	راهبرد های پیشنهادی	مسئولان اجرایی			دوره زمانی
		مجریان	همکاران	ناظران	
وضعیت نامناسب کیفی رودخانه ها خصوصا بعد از مراکز جمعتی	احداث تصفیه خانه فاضلاب شهری	شرکت آب و فاضلاب شهر/ استان (برای شهرها)،	استانداری	اداره کل حفاظت محیط زیست، شرکت آب منطقه ای استان	۵سال
تخریب محیط زیست توسط مردم (از بین بردن مراتع، ورود آلاینده ها به منابع آب و ...)	آموزش و آگاهی رسانی عمومی	اداره کل حفاظت محیط زیست استان، شرکت آب منطقه ای استان، سازمان جهاد کشاورزی	وزارت آموزش و پرورش، مراکز آموزش عالی، شهرداری، فرمانداری، صنایع	اداره کل حفاظت محیط زیست	یک راهبرد آموزش و آگاهی رسانی (۱۰ ساله)
وجود صنایع و فعالیت ها بدون	آمایش سرزمین و برنامه ریزی و کنترل استقرار	کلیه سازمان ها/ نهادها/ شرکت های	-	استانداری، اداره کل حفاظت	بلند مدت، مطابق طرح آمایش

نارسایی ها موجود	راهبرد های پیشنهادی	مسئولان اجرایی			دوره زمانی
		مجریان	همکاران	ناظران	
توجه به قابلیت های سرزمین	فعالیت ها	مرتبط با طرح آمایش سرزمین		محیط زیست.	سرزمین
رواناب های سطحی و فرسایش شدید	کنترل و کاهش رواناب های سطحی از طریق جلوگیری از تخریب و احیای پوشش گیاهی	سازمان جهاد کشاورزی استان	اداره کل حفاظت محیط زیست استان، شرکت آب منطقه ای استان	استانداری	بلند مدت (۱۰ سال)
افزایش مواد مغذی آب	کنترل فعالیت های کشاورزی و دامپروری به منظور کاهش مصرف نهاده	سازمان جهاد کشاورزی استان	دانشگاه ها، سازمان های مردم نهاد و تشکل های حرفه ای	اداره کل محیط زست استان	۵ سال
وضعیت نامناسب دفن زباله	کنترل و مدیریت انباشت یا دپو زباله در داخل و حاشیه رودخانه	شهرداری ها و دهداری های مربوط	رسانه های جمعی، سازمان های مردم نهاد، مشاوران	استانداری	۵ سال

هزینه تقریبی محاسبه شده برای انجام راهبردهای جمع هزینه برنامه‌های پیشنهادی برای حوزه رودخانه گدارچای سیصد و چهل و پنج میلیارد و چهارصد و چهل و سه میلیون و سیصد و ده هزار ریال می‌باشد. از آنجا که عوامل آلاینده منابع آب اعم از شهری، صنعتی و کشاورزی تحت تأثیر افزایش جمعیت و توسعه صنایع و کشاورزی در حال افزایش است، انتظار می‌رود چنانچه اقدامات جامع و فراگیری برای کنترل آلاینده ها و حفاظت کیفی منابع آب صورت نگیرد، میزان آلودگی منابع آب روزبه روز افزایش یابد. لذا به موازات پایش کیفی منابع آب، انجام اقدامات حفاظت کیفی و کنترل آلاینده ها نیز ضرورت دارد. بنابراین پیشنهاد می‌شود، شناسایی منابع آلاینده در حوزه آبریز انجام شود و طرح های پایش کیفی موجود نیز با اعمال اصلاحاتی در ایستگاه‌ها، پارامترهای کیفی و تناوب‌ها ادامه یابند. همچنین اقدامات حفاظت کیفی و کنترل آلودگی آب با هماهنگی ارگان‌های ذیربط می‌تواند انجام پذیرد که از جمله آن ها می توان به مدیریت فضولات حیوانی و فاضلاب‌های خانگی در سطح روستاها و ممانعت از راه‌یابی فاضلاب‌های خانگی و رواناب‌های سطحی آلوده به رودخانه، جمع‌آوری فضولات حیوانی در معابر روستایی و جلوگیری از شستشو و انتقال آنها به منابع آب به ویژه در فصول بارندگی، جلوگیری از دفع غیر مجاز زباله‌های روستایی به رودخانه‌ها، جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و مراتع، به ویژه در اثر چرای بی‌رویه دام که باعث تشدید فرسایش می‌شود، جلوگیری از شخم در جهت شیب اراضی، ارائه آموزش‌های برای استفاده بهینه و به موقع از نهاده‌های کشاورزی، تدوین برنامه‌های آموزشی همگانی از طریق رسانه‌های گروهی به منظور ترغیب و جلب مشارکت عمومی در حفظ منابع آب به علت محدودیت این منابع آب جلوگیری از آلوده نمودن آنها اشاره نمود.

Reference

1. Ministry of Energy; Bureau of Engineering and Technical, , Office of Deputy for Strategic Supervision; Bureau of Technical Execution System,2012, Instruction For Surface Water Quality Monitoring, No.522. (In Persian)
2. Department Of Environment, 2012, Guideline for Iran water quality Index. (In Persian)
3. Ministry of Energy; Bureau of Engineering and Technical, , Office of Deputy for Strategic Supervision; Bureau of Technical Execution System,2010, Guideline Manual For Assimilative Capacity Studies in Rivers, No.522. (In Persian)
4. Mirzayi., Mojgan & Co., 2016. Evaluation of Surface Water Quality by NSFWQI

Index and Pollution Risk Assessment, Using WRASTIC Index. Archive of hygiene Science

5. Zamani et al, 2013, Study of Dez river quality using WQI. (In Persian)
6. Kosha A. Shah., Geeta S. Josh., 2015. Evaluation of water quality index for River Sabarmati, Gujarat, India
7. Hefni Effendi, Romanto, Yusli Wardianto., 2015. water quality status of ciambulawung River, Banten Province basec on pollution index and NSF-WQI
8. Office of Deputy for Strategic Supervision, 2014, Guideline for calculation of WRASTIC index. (In Persian)