

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<sup>۱\*</sup>

[nazlimoghadam@gmail.com](mailto:nazlimoghadam@gmail.com)

سید علی جوزی<sup>۲</sup>

عبدالرضا کریمی<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۳

### چکیده

**زمینه و هدف:** محدوده مطالعاتی این تحقیق حوزه آبریز رودخانه گدارچای (بخشی از حوزه آبریز دریاچه ارومیه) می باشد 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 حوزه آبریز 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 می باشد.

**روش بررسی:** پس از جمع آوری اطلاعات و تکمیل اطلاعات در سه نوبت بازدید، محدوده حوزه آبریز تعیین و به هشت بازه تقسیم گردید. سپس ایستگاه های نمونه برداری براساس معیارهای مرتبط انتخاب و نمونه برداری به صورت فصلی انجام و با استفاده از نتایج، مقدار شاخص کیفیت منابع آب ایران و آسیب پذیری حوزه با روش راستیک محاسبه شد.

**یافته ها:** بر اساس شاخص کیفیت منابع آب، سرشاخه ها و شاخه اصلی رودخانه درده کیفی نسبتاً بد تا نسبتاً خوب قرار گرفتند. میزان آسیب پذیری حوزه آبریز نیز ۵۹ می باشد که نشان از حساسیت زیاد دارد. وجود منابع آلاینده از جمله کارگاه های پرورش ماهی، مرغداری ها، کشتارگاه، شهرک های صنعتی و مناطق شهری و روستایی حاشیه رودخانه و تخلیه فاضلاب، منجر به ایجاد آلودگی خصوصاً در قسمتهای میانی و پایاب حوزه شده است. این آلاینده ها تحت تاثیر رشد جمعیت و توسعه صنایع و کشاورزی در حال افزایش است.

**بحث و نتیجه گیری:** جهت بهبود وضعیت کیفی و جلوگیری از ایجاد آلودگی از راهکارهای مدیریتی استفاده شده و برنامه های پیشنهادی در قالب ۱ برنامه سازه ای، ۴ برنامه غیرسازه ای و ۲ برنامه مشترک ارائه شده اند. پیشنهاد می شود شناسایی منابع آلاینده و اقدامات حفاظت کیفی و کنترل آلودگی در قالب مطالعات کیفی در حوزه های 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، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه صنعتی قم

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

Nazli Moghadam Yekta<sup>1\*</sup>

[nazlimoghadam@gmail.com](mailto:nazlimoghadam@gmail.com)

Seyed Ali Jozi<sup>2</sup>

Abdolreza Karimi<sup>3</sup>

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

ارزان بودن قیمت و عدم مدیریت صحیح کشاورزی، قدمت فرآیندهای صنعتی و آلوده سازی آنها و نبود یا ناکارایی سامانه‌های 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 مدل‌ها شاخص راستیک<sup>۲</sup> 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 می‌توان 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 آب IRWQI» (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

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. آب‌های 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 شاخص‌های کیفیت آب (WQI) رایج است. در کشور ایران نیز شاخص کیفیت منابع آب ایران<sup>۱</sup> 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

### 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 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 ایستگاه‌های نمونه برداری و شکل ۱ نمایی از ایستگاه‌های نمونه برداری را نمایش می دهد.

مفهومی به این تحقیق شباهت دارند اولی، بررسی شاخص های کیفیت آب برای رودخانه سابارماتی هندوستان (۶) و دومی بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه سیامیولوانگ اندونزی بر اساس شاخص NSF (۷) اشاره نمود. هدف از انجام این مطالعه، بررسی وضعیت آلودگی حوزه آبریز 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

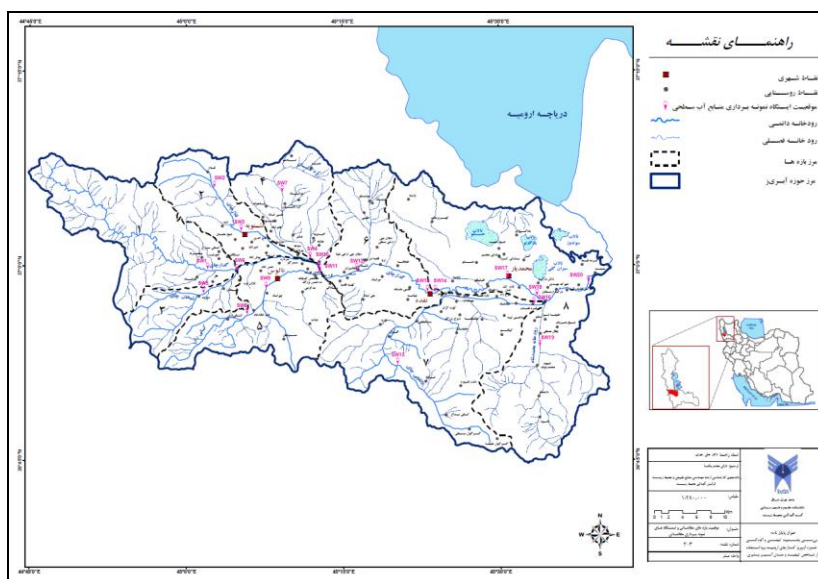
#### منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این تحقیق، حوزه آبریز رودخانه گدارچای است که بخشی از حوزه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. رودخانه گدارچای از دامنه کوه‌های دالامیربزرگ 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.

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 <sub>1</sub>	گدارچای	ایستگاه هیدرومتری پی قلعه
۲	N 37 05 52.0	SW <sub>2</sub>	رودخانه قلازچای	پایین دست روستای قلاز
۳	N 37 02 34.3	SW <sub>3</sub>	رودخانه قلازچای	ایستگاه هیدرومتری اشنویه
۴	N 37 00 18.8	SW <sub>4</sub>	رودخانه قلازچای	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای (۱)
۵	N 36 57 45.8	SW <sub>5</sub>	رودخانه شیخان	پایین دست روستای دورود
۶	N 36 59 39.2	SW <sub>6</sub>	رودخانه شیخان	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای
۷	N 37 05 37.5	SW <sub>7</sub>	رودخانه گردکاشان	بعد از سه راهی نلیوان
۸	N 36 56 07.5	SW <sub>8</sub>	رودخانه کانی رش	بالادست روستای باب خالدآباد
۹	N 36 58 08.5	SW <sub>9</sub>	رودخانه کانی رش	ایستگاه هیدرومتری چپرآباد
۱۰	N 36 59 19.3	SW <sub>10</sub>	رودخانه کانی رش	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای
۱۱	N 36 59 35.1	SW <sub>11</sub>	رودخانه گدارچای	قبل از الحاق رودخانه کانی رش
۱۲	N 36 59 36.1	SW <sub>12</sub>	رودخانه گدارچای	محدوده روستای ذلیلان
۱۳	N 36 57 54.1	SW <sub>13</sub>	رودخانه گدارچای	ورودی شهر نقده - قبل از کارگاه ساختمانی شرکت
۱۴	N 36 57 55.7	SW <sub>14</sub>	رودخانه گدارچای	خروجی شهر نقده - بند انحرافی کهل
۱۵	N 36 52 15.4	SW <sub>15</sub>	رودخانه بالقچی	ایستگاه هیدرومتری بایزیدآباد
۱۶	N 36 57 15.2	SW <sub>16</sub>	رودخانه بالقچی	قبل از الحاق به رودخانه گدارچای
۱۷	N 36 58 55.9	SW <sub>17</sub>	رودخانه گدارچای	ورودی شهر محمدیار
۱۸	N 36 57 16.1	SW <sub>18</sub>	رودخانه گدارچای	قبل از الحاق رودخانه بالقچی چای
۱۹	N 36 53 37.4	SW <sub>19</sub>	رودخانه محمدشاه	ایستگاه هیدرومتری محمدشاه
۲۰	N 36 58 34.1	SW <sub>20</sub>	رودخانه گدارچای	محدوده پل بهراملو



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

Figure 1. Sampling stations situations

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.

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

### جدول ۲- پارامترهای شاخص IRWQISC و وزن های 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

بندی. برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده از رنگ استفاده شده است (جدول ۳).

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

که در آن:  $\gamma = \sum_{i=1}^n W_i$  وزن پارامتر  $i$  ام،  $n$  = تعداد پارامترها،  $I_i$  = مقدار شاخص برای پارامتر  $i$  ام از منحنی رتبه

### 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

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 می-باشد 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.

جهت محاسبه آسیب پذیری حوزه آبریز، از روش WRASTIC استفاده شده است. این روش برای ارزیابی مستعد بودن آبگیر 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 می-دهند. پس از بررسی وضعیت حوزه آبریز در مورد هر یک از این شاخص‌ها و نمره دهی آن، به منظور اعمال اهمیت پارامترها

$$\text{WRASTICINDEX} = \text{WRWW} + \text{RRRW} + \text{ARAW} + \text{SRSW} + \text{TRTW} + \text{IRIW} + \text{CRCW} \quad (2)$$

کشاورزی، S: بزرگی حوزه آبریز، T: راه‌ها و حمل و نقل، I: اثرات فعالیت‌های صنعتی، C: پوشش گیاهی حوزه

که در آن اندیس‌های هر فاکتور عبارتند از: I: امتیاز فاکتورها، W: ارزش وزنی فاکتورها، و هر یک از فاکتورها در مورد مطالعه در این فرمول عبارتند از: W: وجود تخلیه فاضلاب به منابع آب، R: اثرات فعالیت‌های گردشگری و تفریحی، A: اثرات فعالیت‌های

#### جدول ۴- تقسیم بندی میزان آسیب پذیری بر اساس شاخص WRASTIC

Table 4. Vulnerability Rate regarding to WRASTIC model

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

#### 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	بهار ۹۴	تابستان ۹۴
SW <sub>1</sub>	رودخانه گذارچای	خوب-۷۶/۲	نسبتاً خوب-۶۳/۲	خوب-۷۲/۳	بد-۲۳/۲
SW <sub>2</sub>	رودخانه قلازچای	خوب-۷۵/۵	نسبتاً خوب-۶۰/۵	خوب-۷۰/۳	نسبتاً خوب-۶۰/۴
SW <sub>3</sub>	رودخانه قلازچای	خوب-۷۳/۷	نسبتاً خوب-۶۱/۹	نسبتاً خوب-۶۲/۵	نسبتاً خوب-۶۱/۳
SW <sub>4</sub>	رودخانه قلازچای	-	متوسط-۴۸/۵	نسبتاً خوب-۶۳/۱	بد-۱۶/۳
SW <sub>5</sub>	رودخانه شیخان چای	نسبتاً خوب-۵۷	متوسط-۵۱/۴	نسبتاً خوب-۶۱/۸	نسبتاً خوب-۵۶/۲
SW <sub>6</sub>	رودخانه شیخان چای	نسبتاً خوب-۶۹/۵	متوسط-۵۳/۷	نسبتاً خوب-۵۸/۳	بد-۱۸/۹
SW <sub>7</sub>	رودخانه گردکاشان	متوسط-۵۳/۴	متوسط-۴۷/۷	نسبتاً بد-۳۷/۸	نسبتاً بد-۳۲/۲
SW <sub>8</sub>	رودخانه کانی رش	نسبتاً خوب-۵۸/۳	متوسط-۵۲/۸	نسبتاً خوب-۵۷/۴	نسبتاً بد-۳۶
SW <sub>9</sub>	رودخانه کانی رش	متوسط-۵۱	متوسط-۵۴/۱	نسبتاً خوب-۵۶/۶	متوسط-۴۶/۴
SW <sub>10</sub>	رودخانه کانی رش	متوسط-۴۹/۲	متوسط-۵۴/۸	نسبتاً خوب-۶۸/۹	-
SW <sub>11</sub>	رودخانه گذارچای	متوسط-۵۳/۶	نسبتاً خوب-۵۵/۶	نسبتاً خوب-۶۹/۳	نسبتاً خوب-۶۵/۷
SW <sub>12</sub>	رودخانه گذارچای	متوسط-۵۱/۱	نسبتاً بد-۴۲/۵	خوب-۷۳	متوسط-۴۶/۱
SW <sub>13</sub>	رودخانه گذارچای	-	نسبتاً خوب-۵۶/۲	نسبتاً خوب-۶۸/۸	نسبتاً خوب-۶۱/۹
SW <sub>14</sub>	رودخانه گذارچای	-	متوسط-۵۰	نسبتاً خوب-۶۵/۵	خوب-۷۲/۲
SW <sub>15</sub>	رودخانه بالقچی چای	متوسط-۵۴/۷	نسبتاً بد-۴۴/۴	نسبتاً خوب-۵۸/۳	متوسط-۴۶/۹
SW <sub>16</sub>	رودخانه بالقچی چای	بد-۱۸/۴	خیلی بد-۱۴/۴	نسبتاً بد-۳۲/۷	-
SW <sub>17</sub>	رودخانه گذارچای	-	نسبتاً خوب-۵۹/۸	نسبتاً خوب-۶۱/۵	-
SW <sub>18</sub>	رودخانه گذارچای	بد-۱۵/۷	نسبتاً بد-۴۱/۶	نسبتاً خوب-۵۷/۶	-
SW <sub>19</sub>	رودخانه محمدشاه	نسبتاً بد-۴۱/۱	نسبتاً بد-۴۴/۱	نسبتاً خوب-۵۵/۲	نسبتاً بد-۳۸/۷
SW <sub>20</sub>	رودخانه گذارچای	نسبتاً بد-۴۱/۴	بد-۲۷	نسبتاً خوب-۵۶/۵	-

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.

با بررسی شاخص کیفیت آب محاسبه شده در حوزه آبریز رودخانه مشاهده می‌شود که کیفیت آب رودخانه گذارچای در سرچشمه (ایستگاه SW<sub>1</sub>) به مراتب نسبت به سایر ایستگاه‌ها بهتر بوده و در طول مسیر کیفیت کاهش می‌یابد. با توجه به طول شاخه اصلی رودخانه گذارچای 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



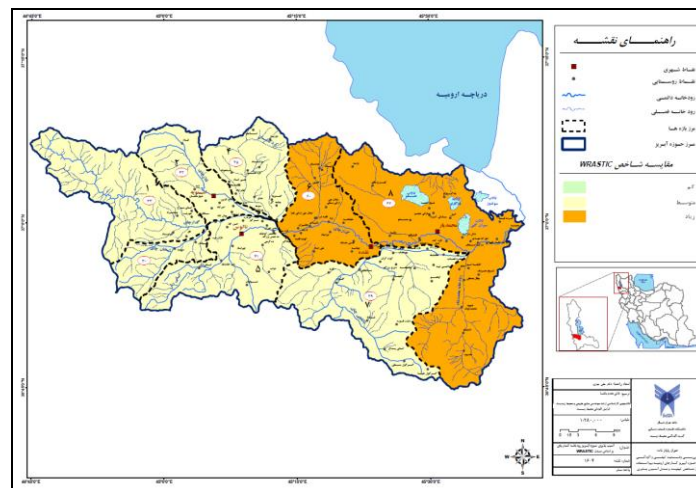
جدول ۶- محاسبه اندازه شاخص WRASTIC برای حوزه آبریز رودخانه گدارچای

Table 6. Calculation of WRASTIC Index for Gadarchay River Basin

فاکتور	محدوده	نرخ	وزن	نرخ تعیین شده برای حوزه مورد مطالعه
تخلیه فاضلاب (W)	تأثیرات فاضلاب کاملاً مشهود و تصفیه خاصی تعبیه شده است	۵	۳	ورود فاضلاب های شهری و روستایی به رودخانه و تأثیر آن در کیفیت مشهود است (۴)
	تأثیر 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 موتوروی در آب مجاز است	۵	۳	فعالیت موتوروی بر روی دریاچه سد حسنلو وجود دارد (۵)
	هیچ فعالیت موتوروی در آب مجاز نیست	۴		
	دسترسی محلی به وسایل نقلیه در حوزه وجود دارد	۳		
	دسترسی به وسیله نقلیه وجود ندارد	۲		
	هیچگونه فعالیت تفریحی 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 کیلومتر مربع (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 آسفالتی 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)	۵-۰٪	۵	۱	تراکم ۲۵-۱۰٪ = ۱۶۴km <sup>2</sup>
	۱۹-۶٪	۴		تراکم ۵۰-۲۵٪ = ۶۱۷km <sup>2</sup>
	۳۴-۲۰٪	۳		تراکم ۷۵-۵۰٪ = ۲۲۴km <sup>2</sup>
	۵۰-۳۵٪	۲		فاقد پوشش گیاهی = ۱۰۷۸km <sup>2</sup>
	>۵۰٪	۱		
شاخص WRASTIC برای حوزه آبریز رودخانه گدارچای		WI=۴×۳+۵×۳+۵×۲+۴×۱+۳×۱+		

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 می‌دهد.

با توجه به جدول ۶، 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 ۲۶-۵۰ دارای حساسیت متوسط و حوزه‌هایی با مقدار عدد محاسبه شده بیشتر از ۵۰ دارای حساسیت زیاد نسبت به آسیب پذیری می‌باشند بنابراین



شکل ۲- آسیب پذیری حوزه آبریز رودخانه گدارچای بر اساس مدل WRASTIC  
Figure 2. Vulnerability of Gadarchay river basin based on WRASTIC model

### بحث و نتیجه گیری

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 می‌دهد 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 می‌دهد که در حوزه آبریز گدارچای نیز کیفیت آب رودخانه تحت تاثیر آلاینده‌های شهری می‌باشد. بررسی شاخص کیفیت آب رودخانه سیامبولوانگ نشان می‌دهد که وجود مراکز جمعیتی و نیروگاه در حاشیه رودخانه دارای اثر منفی بر کیفیت آب رودخانه نمی‌باشد. لیکن در تحقیق حاضر وجود مراکز جمعیتی به عنوان عاملی در کاهش کیفیت دیده

بر اساس اعداد به دست آمده از شاخص کیفیت آب و مقدار آسیب پذیری در حوزه آبریز در مجموع می‌توان به نکات زیر توجه نمود: بررسی وضعیت کیفی منابع آب در حوزه آبریز رودخانه گدارچای نشان می‌دهد که وجود منابع آلاینده از جمله کارگاه‌های پرورش ماهی، مرغداری‌ها، کشتارگاه، شهرک‌های 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 می‌باشد. لیکن پس از ورود سرشاخه‌های آلوده و پساب‌های کشاورزی و صنعتی و عبور از شهرها، شاخص کیفیت آب کاهش می‌یابد به طوری که در ایستگاه‌های پایانی حوزه کاهش کیفیت و کم شدن مقادیر شاخص به

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 آبی 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.

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

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

Table 7. Environmental Management Plan in Basin

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

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

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

هزینه تقریبی محاسبه شده برای انجام راهبردهای جمع هزینه برنامه‌های پیشنهادی برای حوزه رودخانه گذارچای 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 می‌توان 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

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)
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