



Assessment of Iran's Water Resources Quality (2004-2014)

A. Moridi^{1*}, R. Kerachian² and M. Zokaei³

Abstract

Evaluating the past trends and existing predictions about the quality of water resources in Iran illustrate a gloomy condition in the near future. The spatial distributions of population and the pollution loads are uneven throughout the country and there is much more pressure on quality of water resources in regions with high population and economic activities. Also, climate change and periodic droughts can worsen the current water quality condition. In this paper, considering limited available data, the potential pollution loads of surface and groundwater resources in main basins in Iran are estimated for some water quality indicators such as Nitrate, Phosphorus and Biochemical Oxygen Demand (BOD). To develop a conceptual model for assessing quality of water resources in Iran, a Driving Force-Pressure-State-Impact-Response framework is utilized. By evaluating different components of this framework, the main driving forces and pressures on water quality state of Iran are determined and the main responses for managing the current situation are discussed.

Keywords: Water Quality Management, Integrated Assessment, DPSIRO, Framework.

Received: October 15, 2016

Accepted: January 3, 2017

تحلیل وضعیت کیفیت منابع آب ایران (دوره ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۳)

علی مریدی^{۱*}، رضا کراچیان^۲ و محمد ذکایی^۳

چکیده

بررسی روندهای گذشته و پیش‌بینی‌های آتی نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب کیفیت منابع آب کشور در سالهای آتی خواهد بود. با توجه به همگن نبودن توزیع جمعیت در کشور، میزان تولید پساب در استان‌ها و حوضه‌های آبریز کشور نیز یکنواخت نیست و در مناطق دارای تمرکز جمعیت و صنعت، تنش بیشتری به محیط‌زیست به‌خصوص منابع آب وارد خواهد شد. علاوه بر موضوع رشد جمعیت و مشکلات ناشی از رشد نسبت میزان پساب به کل آب تجدیدشونده، روند تولید گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی نیز در کشور بسیار جدی و نگران‌کننده است. بر اساس برنامه‌های موجود استفاده از پساب در این زمینه در سال‌های آتی رشد شدیدی خواهد داشت. این موضوع اگرچه از نظر کمیت آب قابل قبول است ولی با توجه به فرایندهای تصفیه موجود، پساب‌های حاصل می‌تواند مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی پیش‌بینی‌نشده‌ای در پی داشته باشد. با توجه به نمونه‌های ذکرشده، در صورت ادامه روند موجود، قطعاً چشم‌انداز روشن و قابل قبولی در زمینه کیفیت آب کشور وجود نخواهد داشت. در این مقاله، با توجه به محدودیت اطلاعات موجود در رابطه با متغیرهای کیفیت آب همچون نیترات، فسفر و BOD^۱، با استفاده از محاسبه بارآلودگی آلاینده‌های مختلف نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای، پتانسیل آلودگی حوضه‌های آبریز مختلف و همچنین سهم هر یک از منابع آلاینده در آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی محاسبه شده است. همچنین در این مقاله، با استفاده از یک چارچوب مناسب، به ارزیابی وضعیت کیفیت منابع آب کشور پرداخته شده است و با ارزیابی وضعیت موجود و همچنین محرکها و فشارهای موجود بر وضعیت کیفیت منابع آب کشور، به بحث در مورد پاسخهای مناسب برای بهبود شرایط فعلی پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: مدیریت کیفیت منابع آب، ارزیابی یکپارچه، DPSIRO، چارچوب تحلیلی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۷/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۱۴

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Water and Environment, Shahid Abbaspour College, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: a_moridi@sbu.ac.ir

2- Professor, School of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: kerachian@ut.ac.ir

3- Associated Professor, Department of Mathematics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: Zokaei@sbu.ac.ir

*- Corresponding Author

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، پردیس فنی و مهندسی شهید عباسپور، دانشگاه شهید بهشتی.

۲- استاد دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران.

۳- دانشیار گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی.

*- نویسنده مسئول

منابع آب عبارتند از "سیستم منابع آب" (عرضه) و "گروه‌های مصرف کننده" (تقاضا) و وظیفه‌ی عمده مدیریت، برقراری تعادل و توازن بین عرضه و تقاضای مزبور می‌باشد. با افزایش جمعیت و محدود ماندن منابع آبی در کشورهای مختلف، نیاز روزافزونی به مدیریت بهتر منابع آبی احساس شد و تهیه بیلان منابع و مصارف پاسخگو نبود. این نیاز به‌خصوص هنگامی که تمامی یا بخش اعظمی از منابع آبی یک حوضه به مصارف مختلفی اختصاص می‌یافت، شدت گرفت. بر این اساس می‌بایست استراتژی‌های اثربخشی برای حصول بهره‌وری بیشتر در عین حفظ یا بهبود محیط‌زیست تدوین می‌گردید (UN, 1985).

از سوی دیگر، با مطرح شدن بحث توسعه پایدار پیرو انتشار گزارش برانتلند در سال ۱۹۸۷ با عنوان "آینده مشترک ما" (WCED, 1987) و تشکیل کنفرانس دبلین در مورد آب شیرین و انتشار اصول آن در سال ۱۹۹۲، در مدیریت منابع آب یک تغییر الگوی فکری شکل گرفت و مدیریت یکپارچه منابع آب (IWRM^۳) به عنوان یک الگوی فکری غالب مطرح شد. IWRM در واقع رویکردی برای عملی کردن توسعه پایدار برای مدیریت منابع آب است. به عبارت دیگر IWRM ترجمان آبی توسعه پایدار است. یکی از مهمترین مراحل برنامه‌ریزی و اجرای IWRM ارزیابی یکپارچه سیستم‌های منابع آب است. به عبارت دیگر برای مدیریت یکپارچه منابع آب و تصمیم‌گیری در سیستم‌های آبی آگاهی از کمیت و کیفیت منابع و مسائل موجود امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. بنابراین لازم است وضعیت سیستم‌های آبی از ابعاد مختلف ارزیابی شود. در واقع آگاهی از وضعیت کمیت و کیفیت منابع آب و چگونگی تحولات آبی در تقاضا برای آب و خدمات وابسته به آب جزء پیش‌شرط‌های اصلی و اساسی برای برنامه‌ریزی و مدیریت معقول منابع آب محسوب می‌شود (UN, 1985).

ارزیابی منابع آب را می‌توان یکی از مهم‌ترین اقداماتی دانست که برای افزایش آگاهی و شناخت درباره شرایط منابع آب انجام می‌پذیرد و از این رو نتایج این گونه بررسی‌ها در برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح منابع آب بسیار مؤثر و ارزشمند است. بنابراین ارزیابی یکپارچه جایگاه ویژه‌ای در فرآیند مدیریت یکپارچه منابع آب دارد و جزء پیش‌شرط‌های اجرای IWRM می‌باشد. (Lee 2002) به روشنی بیان نمود که یکپارچگی سه معنا را در خود نهفته دارد: در کنار هم قرار دادن اثرات از گروه‌ها یا انواع مختلف مثل اثرات بیوفیزیکی،

در کشور ما در شرایط فعلی، به علت رشد ناهمگون جمعیت و فعالیتهای اقتصادی و تأثیر آن بر روی کمیت و کیفیت منابع آب از یک سو و ضعف شبکه‌های پایش و اندازه‌گیری متغیرهای شاخص از سوی دیگر، مدیریت کمیت و کیفیت منابع آب با چالش‌های جدی روبروست. برای رهایی از وضع موجود، مطالعه دقیق منابع آب و تعیین مشخصات دقیق منابع آلاینده و تدوین استراتژی‌ها و سیاست‌هایی برای پیشگیری و کنترل آلودگی آب و استفاده بهینه از منابع آب محدود موجود ضروری است. اگرچه لازم است ظرفیت خودپالایی منابع آب سطحی و زیرزمینی به عنوان یک نعمت خدادادی به صورت مناسبی مورد استفاده قرار گیرد، در عمل این منابع به خصوص رودخانه‌ها، بیش از این ظرفیت پذیرش خود بارگذاری می‌شوند و از دیر باز به طور جدی از سوی جوامع بشری و مراکز صنعتی و کشاورزی مورد تهدید قرار گرفته‌اند. حتی کیفیت منابع آب آشامیدنی نیز تحت تأثیر شرایط محیطی و آلودگی‌های ناشی از فعالیتهای انسانی قرار داشته‌اند. در شرایط خشکسالی و کم‌آبی، معمولاً شرایط کیفیت منابع آب بحرانی‌تر است زیرا بارهای آلودگی به همان نسبت کاهش دبی، کم نمی‌شوند. در مورد منابع آب زیرزمینی نیز تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، مدفن‌های زباله و نفوذ زهاب‌های کشاورزی از عوامل اصلی آلودگی محسوب می‌شوند (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۵). در مناطق بزرگ کشاورزی معمولاً اثرات کود و سموم مصرفی به راحتی در منابع آب زیرزمینی قابل مشاهده است. به منظور ساماندهی و اصلاح شرایط موجود کیفیت آب، ارزیابی و تدوین برنامه‌ای کاربردی به منظور مدیریت کیفیت منابع آب ضروری است. مدیریت کیفیت منابع آب جزیی از مدیریت یکپارچه منابع آب است و نحوه اعمال این مدیریت یکپارچه یکی از اصلی‌ترین و حیاتی‌ترین مسائل جهان کنونی بشر است. از مهم‌ترین مراحل برنامه‌ریزی و اجرای مدیریت یکپارچه منابع آب، ارزیابی وضعیت کمیت و کیفیت منابع آب است. اصلی‌ترین نتیجه ارزیابی جامع و یکپارچه، افزایش دانش و آگاهی در مورد سیستم مورد نظر و فعال شدن فرآیند یادگیری است.

ثبت آمار جهت انجام ارزیابی از سال‌ها پیش مورد توجه بشر بوده است. در حوزه سیستم‌های منابع آب می‌توان گفت اولین الگوی فکری (پارادایم) ارزیابی، ارزیابی سنتی به صورت تهیه بیلان منابع و مصارف بوده است. در این نگاه، مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب بیشتر معطوف به احداث و بهره برداری از پروژه‌های آبی است. به طوری که طبق تعریف (UN 1985) مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت

در مدیریت کیفی منابع آب، تعیین سهم بار آلودگی منابع آلاینده مختلف جزء الزامات اولیه انجام مطالعات بوده و نیازمند دسترسی به اطلاعات کافی است. این در حالی است که در کشور ایران با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد ایستگاه‌های هیدرومتری از نظر احداث، نگهداری و آماربرداری، کمبود این ایستگاه‌ها در حوضه‌های آبخیز وجود داشته و علاوه بر این متأسفانه ایستگاه‌های موجود در بسیاری از موارد دارای نواقص آماری می‌باشند. در این تحقیق روش پتانسیل بار آلودگی (مدل ضریب بار) برای تعیین سهم بار منابع آلاینده مرتبط با منابع آب، به منظور پهنه‌بندی چالش‌ها و مشکلات مرتبط با آلودگی منابع آب مورد استفاده قرار گرفته است. ضریب بار، مقدار آلاینده یا رسوب را در هر واحد سطح نشان داده و انتخاب آن بستگی به پارامترهای زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی، وضعیت کشاورزی و دامداری و ... دارد. روش پتانسیل بار آلودگی، در شرایط کمبود اطلاعات می‌تواند سهم هریک از منابع آلاینده را با کمک اطلاعات موجود در دیگر حوضه‌ها تعیین نماید. مبنای محاسبات شکل‌های ۲، ۶ و ۷ مقاله استفاده از ضرایب بار آلودگی جهت تعیین سهم و میزان آلودگی بوده است.

۲- روش‌شناسی

چارچوب‌ها ابزار مناسبی برای تحلیل هستند، به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا با یک نگاه وضعیت کلی سیستم را درک کنند و زمینه یا پایه توسعه مدل‌ها هستند. وجود یک چارچوب به عنوان زمینه، به تمرکز روی نقاط ارتباط بین بخش‌های مختلف کمک می‌کند به عبارت دیگر می‌توانند ساختار لازم برای ارتباط مدل‌ها را فراهم کنند و همچنین ارتباط اجزای سیستم و سناریوهای مختلف را تسهیل کنند (Holman et al., 2008). معمولاً یک چارچوب به عنوان زمینه مدل‌های ارزیابی یکپارچه برای نشان دادن ساختار علت و معلولی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد، که این چارچوب ایجاد مجموعه‌ای از فرضیه‌های قابل بررسی را ممکن می‌سازد (Valkering, 2009).

زمانی که با سیستم‌های پیچیده سر و کار داریم استفاده از چارچوب‌ها ضروری است (Skoulikidis, 2009). چارچوب‌ها بین جنبه‌های مختلف توسعه پایدار (زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی) توازن برقرار می‌کنند (UNCSD, 1996) و برای فهم روند تغییرات، همچنین نشان دادن تعاملات بین زیر سیستم‌های مختلف به کار می‌روند. ایجاد دیدگاه کلی توسط چارچوب‌ها باعث می‌شود که مکانیزم‌های بالقوه در سیستم شناسایی شوند

اقتصادی و اجتماعی (یکپارچگی افقی)، برقراری ارتباط بین سطوح و مراحل مختلف ارزیابی (یکپارچگی عمودی) و یکپارچه کردن ارزیابی و تصمیم‌گیری. اولین سابقه مدل‌های ارزیابی یکپارچه به مطالعه محدودیت رشد توسط Meadows (1972) و Forrester (1971) برمی‌گردد. مدل آنها با استفاده از تعدادی معادلات ساده نشان می‌داد که چگونه رشد جمعیت و صنعتی شدن می‌تواند جامعه را به سمت اثرات ناخواسته مثل کاهش منابع و آلودگی سوق دهد. مطالعه آنها علاوه بر ایجاد آگاهی در مورد محدودیت رشد برای اولین بار نشان داد چگونه یک سیستم بزرگ و پیچیده می‌تواند به صورت معناداری با رویکرد پویایی سیستم مدل شود. در ادامه اولین نسل مدل‌های ارزیابی یکپارچه در اواخر ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ به وجود آمدند. تمرکز این مدل‌ها روی مسائل زیست محیطی خاص مانند مدل DICE برای مسائل اقتصادی- اقلیمی^۴ (Nordhaus, 1979) و مدل RAIN در مورد باران‌های اسیدی (Alcamo et al., 1990) بود. با نزدیک شدن به قرن نوزدهم و بروز پدیده تغییر اقلیم دومین نسل مدل‌های ارزیابی یکپارچه شکل گرفتند. بدین ترتیب مدل‌های یکپارچه تغییر اقلیم توسعه یافتند (Van der Sluijs, 1997). از اواخر دهه ۱۹۹۰ بود که مدل‌های ارزیابی یکپارچه با هدف ایجاد توازن بین محیط زیست، اقتصاد و اجتماع با مسأله توسعه پایدار درگیر شدند. برخی از اصلی‌ترین این مدل‌ها عبارتند از MIASMA روی اقلیم و سلامت (Martens, 1998)، مدل AQUA روی مدیریت منابع آب (Hoekstra, 1998)، مدل TARGET که ابعاد مختلف تغییرات جهانی را توصیف می‌کند (Rotmans and de Vries, 1997) و مدل QUEST که توسعه منطقه‌ای را مدل می‌کند (Carmichael et al., 2004). همچنین مدل‌های DSS مثل پروژه MedAction (Van Delden et al., 2005) و پروژه Mulino (Mysiak et al., 2005) مدل‌های ارزیابی یکپارچه محسوب می‌شوند که علاوه بر آنها می‌توان از مدل‌های یکپارچه مجموعه مدل‌های زیست محیطی نام برد (Parker et al., 2002).

برای ارزیابی جامع و یکپارچه منابع آب باید ارزیابی در سه بخش "حالت"، "اهداف" و "فرآیندها" صورت گیرد. برای ارزیابی سیستم‌های منابع آب از مدل‌های ارزیابی می‌توان استفاده کرد. یکی از مدل‌هایی که توسط محققین زیادی، مورد توجه و استفاده قرار گرفته است مدل DPSIRO (Drivers-Pressures-States-Impacts-Responses-Outlook) می‌باشد، که در این تحقیق نیز جهت ارزیابی وضعیت کیفیت منابع آب ایران مورد استفاده قرار گرفته است.

(Valkering et al., 2009). همچنین چارچوب‌ها زمینه را برای شناخت و مطالعه ارتباطات و پاسخ‌های ممکن به مشکلات موجود در سیستم ایجاد می‌کنند (Daniels, 2010). کاربرد چارچوب‌ها منجر به ایجاد دسته‌ای از نشانگرها خواهد شد. استفاده از چارچوب‌ها برای تولید نشانگرها کارایی آنها را بالا خواهد برد (Amajirionwu et al., 2008). به عبارت دیگر لازم است که نشانگرها با استفاده از چارچوب تعریف و بررسی شوند.

نشانگرها وسیله ارتباط ما با دنیا هستند (IISD, 1999). نشانگرها به ما کمک می‌کنند تا اطلاعات پیچیده را نشان داده، با آنها ارتباط برقرار کنیم. از اوایل دهه ۱۹۶۰ تلاش برای تهیه سری معنی‌داری از نشانگرها و شاخص‌ها که نشان دهنده وضعیت منابع آب باشند آغاز گردیده است. برنامه آب سازمان ملل با عنوان UN Water Program نیز چهار برنامه اصلی را طراحی کرد و در برنامه ارزیابی منابع آب جهانی (WWAP^۵) شاخص‌ها مورد توجه قرار گرفتند. این برنامه از سال ۲۰۰۳ آغاز گردیده است و هر سه سال یک‌بار گزارش خود را با عنوان WWDR^۶ ارائه می‌دهد.

چارچوب‌های مختلفی برای ارزیابی یکپارچه مورد استفاده قرار می‌گیرد. چارچوب "PSR" یا "فشار-حالت-پاسخ" در دهه ۸۰ میلادی برای سازماندهی تحلیل‌های زیست‌محیطی به شکل زنجیره علی و معلولی تعریف شد. تمرکز آن روی حالت یا وضعیت محیط زیست است. فشار از طریق فعالیت‌های بشر از جمله ایجاد بارهای آلودگی و مصرف منابع اعمال می‌شود و پاسخ نیز نشان‌دهنده سیاست‌هایی است که برای اصلاح فشارها یا وضعیت محیط زیست باید اتخاذ شوند.

چارچوب PSR بعداً به "DPSIR"^۹ "محرك - فشار - حالت - اثر - پاسخ" تبدیل شد. این چارچوب اولین بار توسط سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD^{۱۰}) در سال ۱۹۹۳ به منظور تدوین گزارش یکپارچه ارزیابی از وضعیت زیست‌محیطی با استفاده از نشانگرها معرفی شد. چارچوب محرك - حالت - پاسخ (DSR) نیز توسط کمیسیون سازمان ملل در مورد توسعه پایدار برای نشانگرهای دستور کار ۲۱ مورد استفاده قرار گرفت. همچنین چارچوب فشار-حالت - اثر - پاسخ (PSIR) اکثراً در هلند مورد استفاده قرار گرفته است (Hoekstra 1998; VanHarten et al., 1995; Rotmans et al., 1994). چارچوب محرك - فشار - حالت - اثر - پاسخ (DPSEEA^{۱۱}) نیز در مطالعات بیماری‌ها توسط سازمان بهداشت جهانی مورد استفاده قرار گرفته است.

یکی از مزیت‌های این گروه از چارچوب‌ها این است که فهم زنجیره علی - معلولی آسان است و این گروه به شکل خاصی برای برخی تعاملات ساده بین اقتصاد و محیط زیست وفق یافته‌اند. یکی دیگر از پارامترهای اصلی این رویکرد در نظر گرفتن فعالیت‌های اقتصادی به عنوان یک محرك اصلی است. این گروه از چارچوب‌ها ارزیابی را بر مبنای اطلاعات گذشته سیستم انجام می‌دهند.

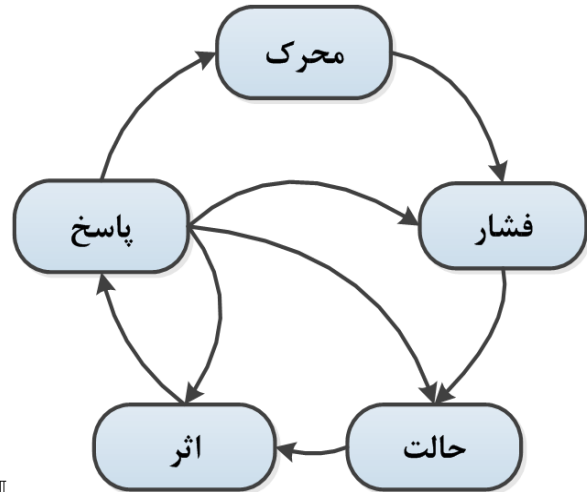
چارچوب DPSIRO یا چارچوب "محرك - فشار - حالت - اثر - پاسخ-چشم‌انداز" که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است، توسط آژانس زیست‌محیطی اروپا، برنامه زیست محیطی سازمان ملل (UNEP)، موسسه منابع جهانی (World Resources Institute) و پژوهشگران مختلف به منظور ارزیابی سامانه‌ها به خصوص ارزیابی اثرات محیط‌زیستی طرح‌های توسعه مورد استفاده قرار گرفته است. به طور کلی می‌توان گفت که چارچوب DPSIRO شامل ۵ جزء اصلی محرك‌ها، فشار، حالت، اثر و پاسخ و در نسخه‌های اخیر تصویری از چشم‌انداز بر اساس سناریو مطلوب و سناریو ادامه وضع موجود است (شکل ۱).

محرك‌ها: محرك‌ها نیازهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جامعه هستند. این نیازها، نیروهای محرك را تولید می‌کنند که باعث فعالیت‌های انسانی و به تبع آن ایجاد فشار روی محیط زیست می‌شوند.

فشار: فشارها، تنش‌های وارد شده به محیط زیست در پاسخ به نیازهای انسانی است. کریستنسن (Kristensen, 2014) این طور بیان می‌کند که فشار ممکن است از استفاده زیاد از منابع طبیعی، تغییر کاربری زمین، تولید ضایعات، انتشار مواد سمی به جو و تولید صدا، ایجاد شود. در یک اکوسیستم زیست محیطی، فشار مسیری است که نیروهای محرك از آن طریق روی اجزای مختلف اکوسیستم تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال در پاسخ به نیاز برای پروتئین ماهی، تلاش بیشتر برای ماهیگیری روی جامعه ماهی‌ها از طریق مختل کردن توانایی تولید مثل، فشار ایجاد می‌کند.

حالت: متغیر حالت در این چارچوب، نشان‌دهنده وضعیت یا کیفیت محیط‌زیست است. در نتیجه فشار حاصل از نیروهای محرك، حالت محیط زیست، از وضعیت اولیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به وضعیت جدید تغییر می‌یابد. درجه و سرعت این تغییر کیفیت در وضعیت اجزای محیط زیست (هوا، آب، خاک و پوشش گیاهی) بستگی به بزرگی فشار و قابلیت تطبیق اجزا محیط زیست دارد. تغییرات در حالت محیط زیست می‌توانند آغازگر اثر بر کیفیت و عملکرد محیط زیست باشند. این تغییرات می‌توانند به وسیله

نشانگرهایی از جمله کیفیت آب، کیفیت هوا، سلامت اکوسیستم، وسعت جغرافیایی و سلامت انسان ارزیابی شوند. تغییر در حالت فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی محیط زیست می‌تواند توانایی اجزای مختلف محیط زیست برای اجرای عملکرد طبیعی خود را مختل کند (Kristensen, 2014).



شکل ۱- ساختار شماتیک چارچوب DPSIR (Kristensen, 2014)

اثر: اثر همان بازخورد ایجاد شده توسط تغییر در حالت محیط زیست به دلیل عدم توانایی محیط زیست در اجرای عملکرد طبیعی‌اش است. عدم توانایی محیط زیست در اجرای عملکرد طبیعی‌اش باعث ایجاد بازخوردهایی از قبیل کاهش ارزش اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی منابع زیست محیطی می‌شود. این کاهش ارزش باعث تأثیر بر انسان، سلامت اکوسیستم و تنوع زیست‌محیطی می‌شود (Kristensen, 2014).

پاسخ: پاسخ عکس‌العمل سیاست‌گذاران به اثرات ناخواسته است و می‌تواند روی هریک از اجزای چارچوب اعمال شود. پاسخ‌های سیاستی بهتر است ابتدا روی نیروهای محرک اعمال شوند. اگر نتیجه دلخواه حاصل نشود، هدف‌های سیاستی در سایر اجزای چارچوب دیده می‌شوند تا پایداری برقرار شود. در نتیجه راه‌حل‌های سیاستی ممکن است به شکل قوانین، مالیات یا سوبسید باشند (Kristensen, 2014).

۳- نتایج تحلیل وضعیت کیفیت منابع آب

۳-۱- وضعیت کیفیت منابع آب سطحی داخلی

از آنجا که گزارش مدون و دقیقی از کیفیت منابع آب کشور در بازه

زمانی مورد مطالعه (۹۲-۱۳۸۳) وجود ندارد و داده‌های موجود از غلظت متغیرهای کیفیت آب کامل نیستند، در مطالعه انجام‌شده از داده‌های موجود در بازه‌های زمانی مختلف استفاده شده است و به اختصار وضعیت برخی از متغیرهای شاخص کیفیت آب ارزیابی شده است. یکی از مهمترین متغیرهای کیفیت آب، غلظت املاح آب است که در قالب دو شاخص جامدات محلول کل (TDS) و هدایت الکتریکی (EC) اندازه‌گیری می‌شود. این متغیر تنها شاخص کیفیت آب است که شبکه سنجش به نسبت مناسبی دارد. علاوه بر فعالیت‌های کشاورزی و سازندهای دارای پتانسیل ایجاد شوری در منابع آب، کاهش دبی جریان نیز یکی از عوامل افزایش غلظت جامدات محلول در منابع آب سطحی است. معمولاً آستانه مناسب برای غلظت املاح آب ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و آستانه بحران ۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که بر روی اکثر رودخانه‌های کشور طرح‌های اجرا شده، در دست اجرا یا مطالعاتی سدسازی وجود دارد، متغیرهای نیتروژن و فسفر نیز که عوامل مغذی شدن مخازن هستند، از اهمیت بسزایی برخوردارند. پراکندگی مکانی غلظت حداکثر متغیرهای نیترات و فسفات در منابع آب سطحی کشور نیز در کشور یکنواخت نیست. بررسی نمونه‌برداری‌های محدود در سطح حوضه‌های آبریز نشان‌دهنده افت کیفیت آب از بالادست به پایین‌دست در اغلب حوضه‌های آبریز درجه دوم است (شکل ۲). با توجه به نبود اطلاعات کافی در رابطه با مقادیر متغیرهای کیفیت فاضلاب همچون نیتروژن، فسفر و BOD، وضعیت آلودگی منابع آب در حوضه‌های آبریز بر اساس برآورد بار آلودگی منابع آلاینده مختلف نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای تعیین شده است.

۳-۲- وضعیت کیفیت منابع آب زیرزمینی

از آنجا که ایران در زمره کشورهای با محدودیت در منابع آب به شمار می‌آید، بخش چشمگیری از آب مصرفی در کاربری‌های گوناگون از سفره‌های آب زیرزمینی تأمین می‌شود. به همین سبب برخورداری از آب زیرزمینی باکیفیت مطلوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مشابه وضعیت کیفیت منابع آب سطحی، در آبهای زیرزمینی نیز تنها شبکه پایش مناسب در رابطه با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب (EC) است که نشان‌دهنده وضعیت شوری آب است. دلیل انتخاب این متغیرها این است که متأسفانه متغیرهای کیفی دیگر همچون نیترات و یا فلزات سنگین که امروزه معضل اصلی برخی از آبخوان‌های کشور هستند به دلایل مختلفی اندازه‌گیری نشده‌اند و یا به صورت مقطعی پایش شده‌اند. از این‌رو نمی‌توانند

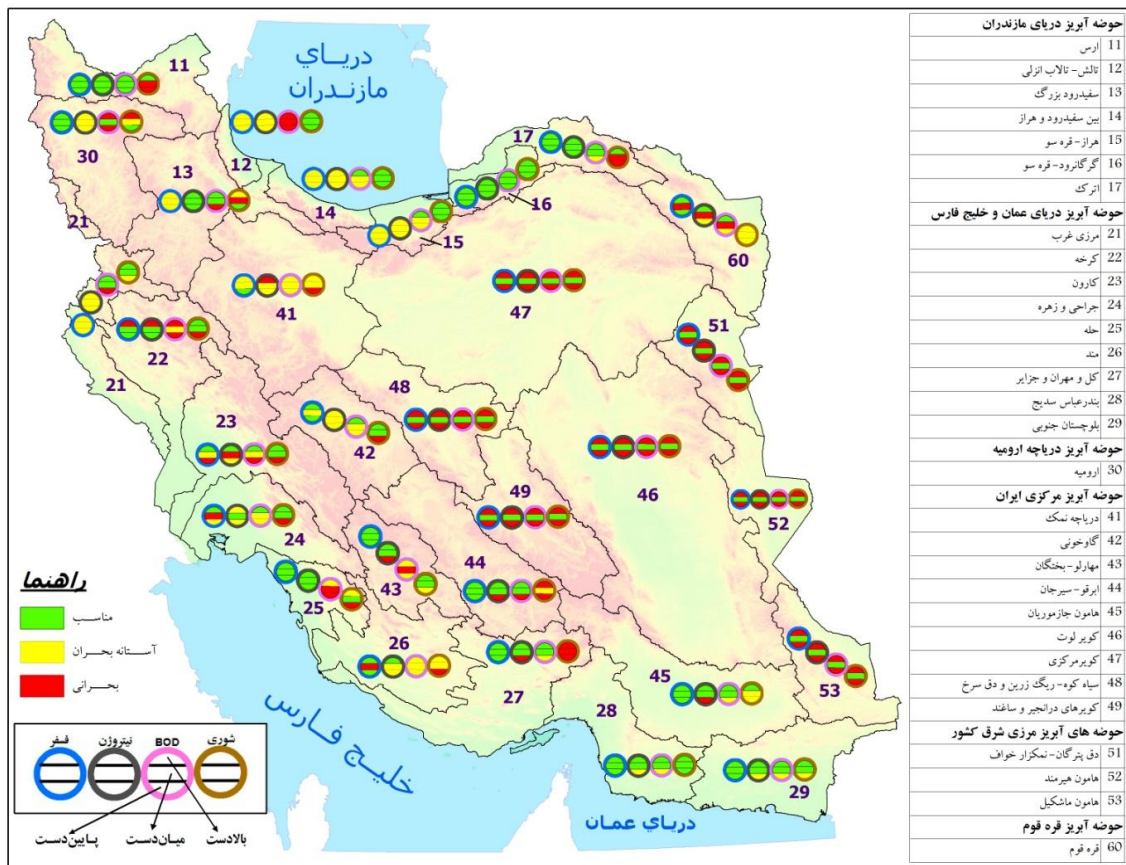
تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب می‌شود. در سالهای اخیر، در آبهای ساحلی ایران، نمونه‌های متعددی از پدیده کشند قرمز و مرگ و میر آبزیان ناشی از آن مشاهده شده است (Shahid Beheshti University, 2016).

پساب کارخانه‌های دارای فاضلاب صنعتی و وجود آلاینده‌های متعدد و فلزات سنگین در آن‌ها، همچنین مصرف کودهای شیمیایی و تخلیه فسفات‌ها و نیترات‌های حاصل از هرز آب‌های کشاورزی عامل مهمی در آلودگی آب رودخانه‌ها و سپس آب‌های ساحلی هستند (Shahid Beheshti University, 2016). با توجه به اینکه این آب‌ها محل زیست انواع جانوران و گیاهان بومی هستند، آلودگی شیمیایی آن‌ها که تغییرات کیفی این آب‌ها را به همراه دارد شرایط زیست برای این جانداران را دچار تغییر می‌نماید و نهایتاً منجر به از بین رفتن گونه‌های بارز گیاهی و جانوری و همچنین تخلیه این منابع از ذخایر بارز زیستی می‌شود و امکان تخم‌ریزی ماهیان را به شدت کاهش می‌دهد.

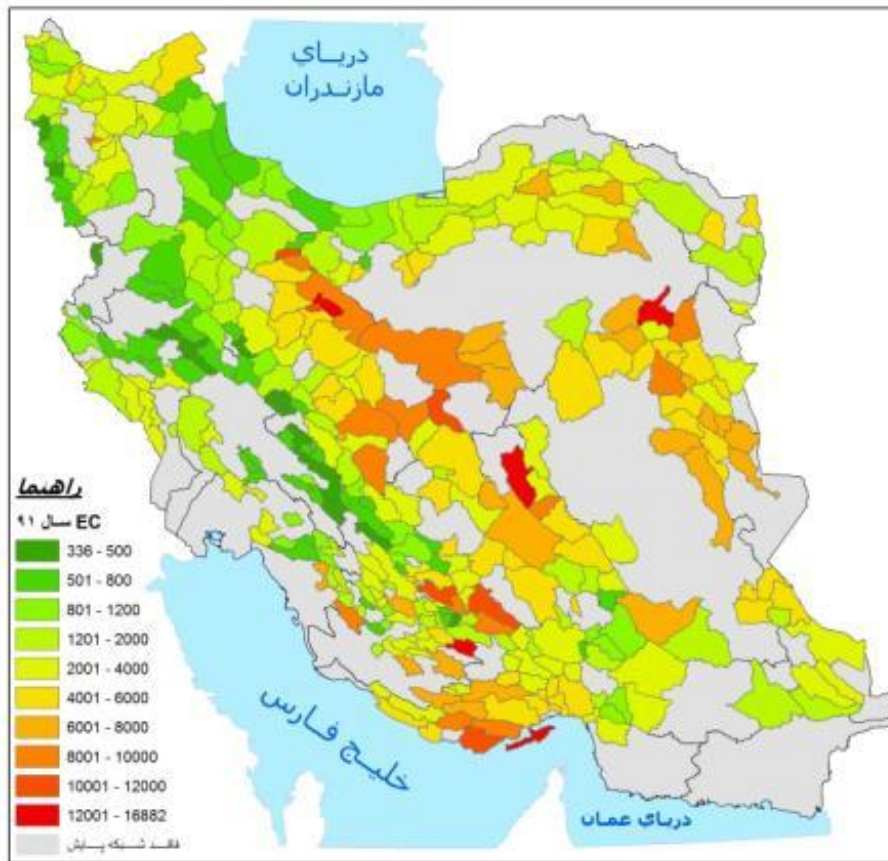
معرف تغییرات کیفیت آب آبخوانهای کشور باشند. ذکر این نکته ضروری است که در تمامی آبخوان‌های حوضه‌های سی‌گانه پایش غلظت متغیر جامدات محلول کل نیز صورت نمی‌گیرد. البته در این بین محدوده‌هایی هم وجود دارند که یا فاقد آبخوان هستند یا از لحاظ پتانسیل آب زیرزمینی در وضعیت مطلوبی قرار ندارند. به‌طور کلی محدوده‌های مطالعاتی واقع در حوضه‌های آبریز نمکزار خواف، هامون، هیرمند، سیاه کوه، دریاچه نمک و گاوخونی که دارای آبخوان با وسعت قابل توجهی هستند وضعیت کیفی مطلوبی ندارند و در خطر پیشروی جبهه‌های شور قرار دارند (شکل ۳).

۳-۳- وضعیت کیفیت آبهای ساحلی

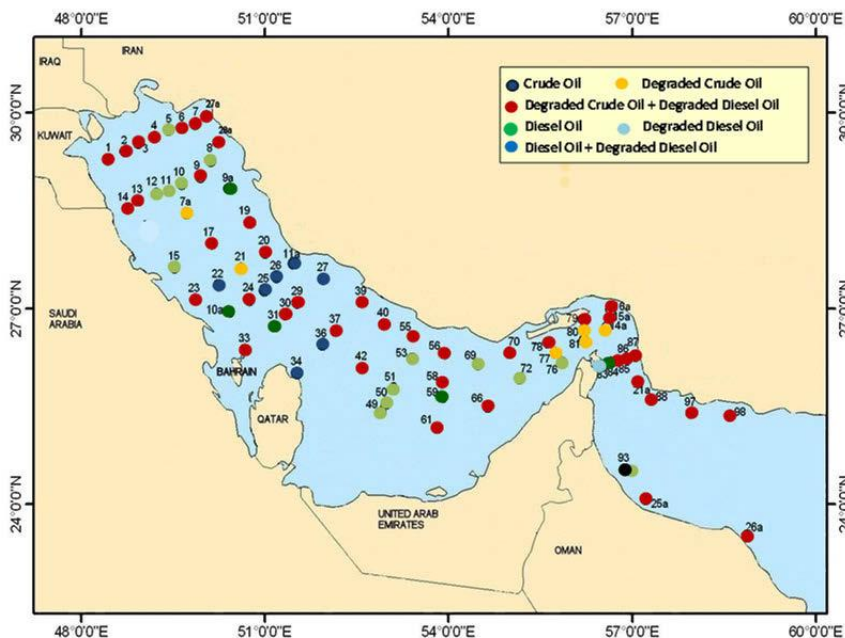
رشد جمعیت در استان‌های شمالی و جنوبی به‌خصوص به دلیل رهاسازی بدون تصفیه فاضلاب‌های خانگی اثر مستقیمی بر آلودگی رودخانه‌ها و انتقال آن به آب‌های ساحلی می‌گذارد و افرادی که در این آب‌ها به شنا مشغول هستند در معرض آلودگی‌های حاصل از تخلیه فاضلاب به این آب‌ها قرار می‌گیرند. به‌علاوه افزایش پساب شهری و کشاورزی و تخلیه آن به دریا باعث شکوفایی جلبکی و



شکل ۲- وضعیت کیفیت آب سطحی در حوضه‌های آبریز ۳۰ گانه کشور از نظر منغیرهای کیفیت آب شوری، BOD، نیتروژن کل و فسفر کل (Shahid Beheshti University, 2016)



شکل ۳- وضعیت هدایت الکتریکی متوسط آبخوانهای کشور در سال ۱۳۹۱ (میکروزیمنس بر سانتی متر)



شکل ۴- انواع آلودگی نفتی در آب و رسوبات آبهای آبهای ساحلی و دور از ساحل جنوب ایران (زمستان ۲۰۰۶)
(ROPME, 2013)

از جمله آلاینده‌های خطرناک در آب‌های ساحلی، نفت و ترکیبات نفتی رها شده ناشی از عملیات استخراج و انتقال نفت است که مستقیماً بر کیفیت آب و موجودات زنده مناطق ساحلی اثر می‌گذارد و عاملی مؤثر در تخریب اکوسیستم منطقه محسوب می‌شود. در حال حاضر آلودگی نفتی آب و رسوبات ساحلی یکی از چالش‌های آبهای ساحلی شمال و جنوب کشور محسوب می‌شود (شکل ۴).

۴- محرکها و مؤلفه‌های فشار

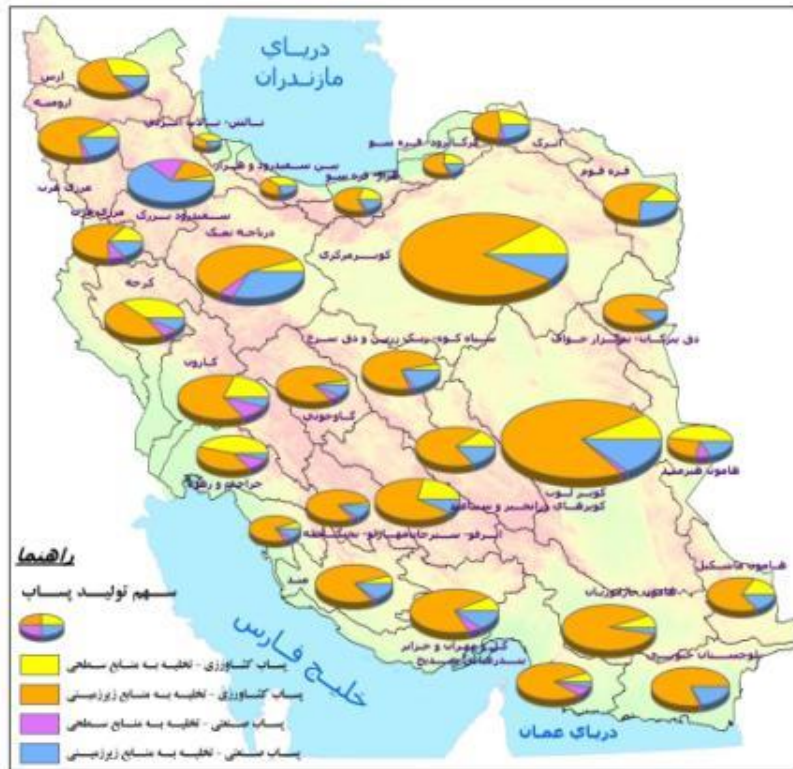
بر اساس آمار سال ۱۳۹۲ شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، از جمعیت ۵۸/۱ میلیون نفری نواحی شهری متأسفانه فقط ۳۳/۱ میلیون نفر از آن تحت پوشش تأسیسات فاضلاب شهری است. این امر حاکی از رها شدن قریب به ۶۰ درصد از فاضلاب‌های خانگی مناطق شهری در چاه‌های جذبی است، که می‌تواند یکی از اصلی‌ترین عوامل آلودگی منابع آب در مناطق شهری به شمار آید. بر اساس تحلیل‌های انجام شده در مطالعات جامع آب کشور، حجم پساب‌های شهری، روستایی و صنعت و معدن در سال ۱۴۲۰ به ترتیب برابر با ۱۶۱۵/۵، ۱۴۸۳/۷ و ۲۲۹۸/۵ میلیون مترمکعب خواهد بود. با توجه به همگن نبودن توزیع جمعیت در کشور، میزان تولید پساب در استان‌ها و حوضه‌های آبریز کشور نیز یکنواخت نیست (شکل ۵).

زهاب‌های کشاورزی نیز مشابه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، یکی از منابع ورود نیتروژن و فسفر به محیط‌های آبی هستند. ورود این ترکیبات به محیط‌های آبی می‌تواند رشد شدید جلبک‌ها و سمی شدن آب را در پی داشته باشند. در خصوص زهاب‌های کشاورزی نیز، این بخش با مصرف حدود ۹۰ درصد از منابع آب استحصال شده کشور، بالاترین میزان مصرف منابع آب را به خود اختصاص داده است. برآوردها نشان می‌دهد ۳۰ درصد از میزان آب مصرفی در بخش کشاورزی به‌صورت زهاب به منابع پذیرنده باز می‌گردد.

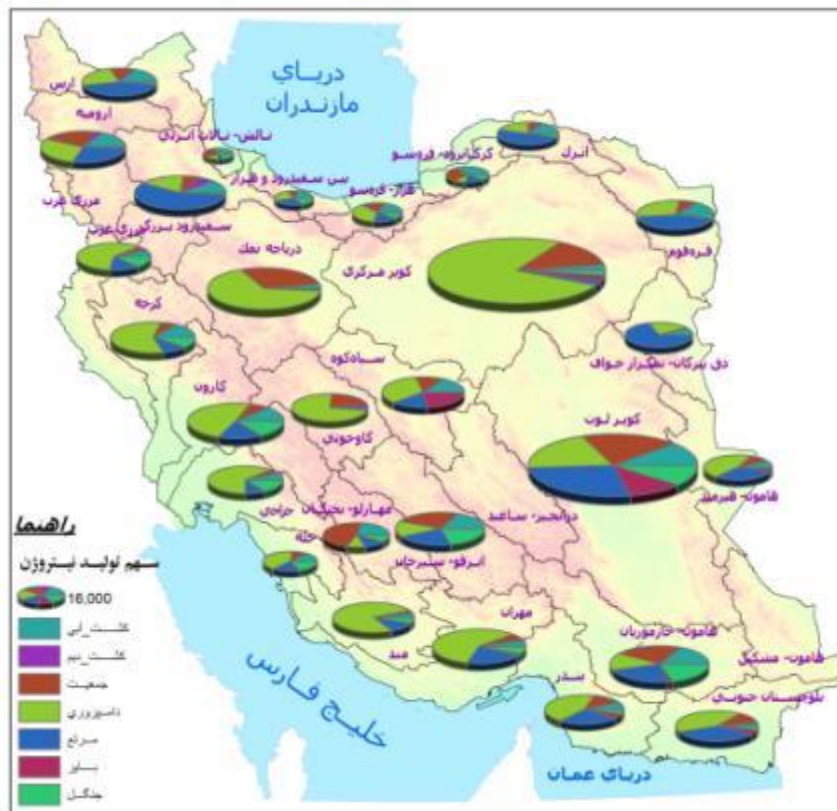
در سال‌های اخیر بخش کشاورزی به‌طور متوسط ۹۰ میلیارد مترمکعب آب در سال مصرف کرده است که از این رقم ۲۷ میلیارد مترمکعب آب به‌صورت زهاب به محیط بازگشته است. از این میزان زهاب برگشتی ۱۲ میلیارد مترمکعب در آب‌های سطحی و بقیه در آب‌های زیرزمینی رها شده‌اند (شکل ۶). همان‌طور که اشاره شد، زهاب‌های کشاورزی نیز مشابه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، یکی از منابع ورود نیتروژن و فسفر به محیط‌های آبی هستند. ورود این ترکیبات به محیط‌های آبی می‌تواند رشد شدید جلبک‌ها و سمی شدن آب را در پی داشته باشند. با توجه به کاربری اراضی در کشور، میزان تولید نیتروژن و فسفر و سهم آلاینده‌های مختلف در حوضه‌های آبریز کشور متفاوت است (شکل ۷).



شکل ۵ - سهم نسبی منابع آلاینده از کل پتانسیل بار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) تولیدی در حوضه‌های آبریز کشور



شکل ۶- وضعیت تخلیه پساب‌های تولیدی کشاورزی و صنعتی به منابع آب سطحی و زیرزمینی



شکل ۷- سهم نسبی منابع آلاینده از کل پتانسیل بار نیتروژن تولیدی در حوضه‌های آبریز درجه ۲

۵- مؤلفه‌های اثر

ورود آلاینده‌های به بدنه‌هایی آبی و آلودگی آب اثرات منفی بسیاری بر محیط‌زیست و زندگی انسان‌ها دارد و احیای آب‌های سطحی و زیرزمینی آلوده، در صورت امکان پذیر بودن، نیازمند صرف وقت و هزینه فراوانی است. نمونه‌هایی از اثرات آلودگی منابع آب به شرح زیر است (Shahid Beheshti University, 2016):

- اثر بر اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری. به‌عنوان نمونه، در اثر تخلیه این فاضلاب‌های شهری به دریای خزر، وزن ماهیان نواحی ساحلی به یک سوم کاهش یافته است و ۴۰۰ نوع انگل در این ماهی‌ها شناسایی شده است. آلودگی شدید میکروبی نواحی ساحلی دریای خزر نیز می‌تواند برای گردشگران و شناگران مشکلات بهداشتی قابل توجهی ایجاد نماید. همچنین در موارد متعددی مرگومیر آبزیان در اثر آلودگی آب مشاهده شده است.

- اثر بر بهداشت و سلامتی به علت مصرف آب یا غذای آلوده
- آلودگی محصولات کشاورزی و غذایی به آلاینده‌هایی مانند نیترات، سموم، فلزات سنگین، هورمون‌ها و آنتی‌بیوتیک‌های ضعیف شده

- آلودگی منابع آب و گسترش حشرات یا دیگر جانوران ناقل بیماری
- اثرات اجتماعی مانند مهاجرت به علت کاهش منابع آب در دسترس در اثر آلودگی

- اثر بر زیبایی مناظر طبیعی و کاهش گردشگر
- اثر بر کمیت و کیفیت تولیدات کشاورزی. در سال‌های اخیر گزارش‌های متعددی توسط سازمان‌های مسئول در مورد آلودگی محصولات کشاورزی منتشر شده است.

- اثر بر اقتصاد محلی مانند افزایش هزینه‌های تصفیه آب یا کاهش درآمد ناشی از آلودگی منابع آب
- ایجاد تنش‌های سیاسی در رودخانه‌های مرزی و منابع آب مشترک

۶- مؤلفه‌های پاسخ

با تحلیل شرایط موجود، مهمترین مسائل استراتژیک مدیریت منابع آبه شرح زیرشناسایی شده است:

در حیطه قوانین و مقررات:

- ابهام در جایگاه قانونی و همچنین همراستا نبودن اهداف و برنامه‌های وزارتخانه‌ها و سازمان‌های مرتبط با بخش آب و عدم صراحت حیطه مسئولیت‌های سازمان‌های مختلف به ویژه وزارت نیرو، سازمان حفاظت محیط زیست، معاونت آب و خاک جهاد کشاورزی و

سازمان جنگلها و مراتع کشور در بحث پایش و مدیریت کمیت و کیفیت منابع آب

- کمبود ابزارهای قانونی برای برخورد با متخلفان بهره‌بردار بی‌رویه و غیر مجاز از منابع آب و آلوده کردن محیط زیست
- کامل نبودن استانداردهای ملی و منطقه‌ای در زمینه کیفیت منابع آب و تخصیص پسابها

در حوزه برنامه‌ها، نظام‌ها و سیستم‌ها:

- تدوین برنامه‌های جامع مدیریت کیفیت آب برای حوضه‌های آبریز مهم با توجه به اصول مدیریت راهبردی
- آسیب‌شناسی عملکرد شوراهای حفاظت کیفیت آب موجود (مانند شورای حفاظت کیفیت آب کارون) و تشکیل شوراهای مشابه برای حوضه‌های آبریز مهم

- برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌های مدیریت اطلاعات مورد نیاز و ایجاد هماهنگی بین سازمانی برای ایجاد بانک‌های اطلاعاتی مشترک
- گسترش همکاری‌های فراسازمانی در امر پایش کیفیت آب و اشاعه اطلاعات

- تسهیل دسترسی پژوهشگران به اطلاعات کیفیت آب

در حوزه مشارکت عمومی و آگاهی‌رسانی:

- جذب مشارکت سازمان‌های مردم‌نهاد در بحث حفاظت کیفیت آب
- توسعه همکاری با رسانه‌های همگانی، استفاده مؤثر از ظرفیت شبکه‌های مجازی و اینترنت

در حوزه امکانات و تجهیزات:

- اولویت‌بندی امکانات مورد نیاز با توجه به ضرورت‌ها و برنامه‌ریزی برای تأمین منابع و تهیه تجهیزات به خصوص در امر پایش آنلاین کیفیت منابع آب و انتقال و پردازش داده‌ها

در حوزه بحران‌های کیفیت آب:

- تدوین برنامه‌های مدیریت بحران کیفیت آب برای منابع آب مهم
- در حیطه منابع آلاینده:

- توجه ویژه به بحث کیفیت آب و ظرفیت خودپالایی منبع در طرح‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای و آمایش سرزمین به خصوص در زمینه توزیع مکانی جمعیت و صنایع آلاینده

- توجه به بارهای آلودگی غیرنقطه‌ای در مدیریت کیفیت منابع آب مانند آلودگی ناشی از چرای دام و فرسایش

- توجه خاص به کارایی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موجود در حذف آلاینده‌های مهم

- تعیین ظرفیت پذیرش بار آلودگی برای منابع آب سطحی و زیرزمینی مهم

در حوزه مالی و مسائل اقتصادی:

- تأمین مالی پروژه‌های بنیادی و زیرساختی

• متنوع نبودن منابع مالی

• ایجاد نگرش اقتصادی در امر مدیریت کیفیت آب و استفاده از ابزارها و رویکردهای اقتصادی مانند تجارت مجوزهای تخلیه بار آلودگی

در حوزه منابع انسانی:

• تأمین و ارتقای نیروی انسانی متخصص در سطح استانی و ستاد

• توانمندسازی کارکنان کلیدی در زمینه صیانت کمیت و کیفیت منابع آب

• بهبود سیستم‌های انگیزش و ارزیابی عملکرد نیروهای انسانی

• همکاری فعال با متخصصین بیرون سازمانی در قالب مشاوره و پژوهشهای کاربردی

در حوزه احیای منابع آلوده:

• از آنجا که وضعیت کیفیت برخی از منابع آب سطحی و زیرزمینی کشور به شرایط بحرانی رسیده است، برنامه‌ریزی برای احیای این سامانه‌ها کاملاً ضروری است.

۷- جمع بندی

عمده یافته‌های این تحقیق در رابطه با وضعیت کیفیت منابع آب کشور به شرح ذیل هستند:

• روند افت کیفیت منابع آب در دهه ۹۲-۱۳۸۳ تشدید شده است. علاوه بر رشد جمعیت، مهاجرت و شهرنشینی و افزایش پساب‌ها، وجود خشکسالی و تغییر اقلیم و کاهش رواناب‌ها تأثیر شدیدی بر کاهش کیفیت منابع آب داشته‌اند.

• افزایش بدون برنامه‌ریزی سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و عدم توجه به مدیریت زهاب‌ها باعث شده است سالانه در حدود ۲۷ میلیارد زهاب کشاورزی منابع آب کشور را آلوده سازد.

• سازمان حفاظت محیط‌زیست بیش از ۹۰ رودخانه آلوده را در کشور شناسایی کرده است. تغییرات کیفیت آب در طول رودخانه‌های مهم کشور به‌وضوح نشان‌دهنده اثرات تخلیه پساب‌های شهری و صنعتی و زهاب‌های کشاورزی به رودخانه‌ها است.

• به‌طور متوسط هر روز بالغ بر ۵۰۰۰۰ تن مواد زائد جامد در کشور تولید می‌شود. از این میزان، ۴۴۰۰۰ تن در روز به‌صورت نامناسب و بدون رعایت کامل جنبه‌های محیط‌زیستی دفع می‌شوند. ورود شیرابه این زباله‌ها (در حدود ۱۵۰۰ مترمکعب در روز) که حاوی انواع ترکیبات خطرناک شیمیایی و بیولوژیکی است می‌تواند زیان‌های جبران‌ناپذیری را بر منابع آب و خاک و نهایتاً بر انسان وارد سازد.

• ارزیابی وضعیت هدایت الکتریکی آبخوان‌ها کشور نشان می‌دهد که شوری بیش از ۵۰ درصد مساحت آبخوان‌های کشور بیش از

۲۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. با توجه به این که بیش از ۵۵ درصد آب کشور از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود، این موضوع نگران‌کننده است.

• امروزه بسیاری از مخازن سدهای تأمین‌کننده آب شرب، دریاچه‌ها و رودخانه‌های کشور از مشکل مغذی شدن رنج می‌برند. رشد جلبک‌ها و رها شدن ترکیباتی مانند سیانوتاکسین‌ها می‌تواند سلامت آبریان و انسان را به‌طور جدی به خطر اندازد.

• با توجه به محدودیت بودجه‌های تخصیص داده شده و عدم سرمایه‌گذاری بخش خصوصی، عملاً میزان گسترش سامانه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب‌های شهری قابل قبول نیست و در صورت ادامه روند موجود تکمیل طرح‌های آغاز شده سال‌ها به طول خواهد انجامید.

• در سال‌های اخیر، برخی از تالاب‌های مهم کشور (مانند گاوخونی، شادگان، انزلی و ...) به محلی برای تخلیه فاضلاب‌ها و زهاب‌ها تبدیل شده‌اند. در این تالاب‌ها افت شدید کیفیت آب عملاً منجر به تخریب کامل اکوسیستم‌های تالابی شده است.

• بر اساس گزارش‌های متعدد موجود، آلودگی منابع آب، استفاده از فاضلاب در کشاورزی و مصرف بی‌رویه کود و سموم، آلودگی محصولات کشاورزی را در پی داشته است.

• به‌منظور تحقق مدیریت یکپارچه (جامع) منابع آب در حوضه‌های آبریز، لازم است در عمل هماهنگی مناسبی بین بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی، زیربنایی و خدماتی با بخش آب ایجاد گردد. بخش‌های مرتبط با مدیریت کیفیت آب، عملاً در سال‌های گذشته به‌صورت انفعالی عمل کرده‌اند و فعالیت‌های انجام شده اغلب در قالب مدیریت بحران بوده است (UNESCO, 2015).

• بر اساس تحلیل‌های انجام شده در مطالعات جامع آب کشور، حجم پساب‌های شهری، روستایی و صنعت و معدن در سال ۱۴۲۰ به ترتیب برابر با ۱۶۱۵/۵، ۱۴۸۳/۷ و ۲۲۹۸/۵ میلیون مترمکعب خواهد بود. این موضوع نشان‌دهنده افزایش قابل توجه حجم پساب‌ها در مقایسه با آب‌های قابل استفاده با کیفیت مناسب است.

• بر اساس برنامه‌های موجود، در سال‌های آتی استفاده از پساب در بخش کشاورزی رشد زیادی خواهد داشت. با توجه به فرایندهای تصفیه موجود، پساب‌های تولیدی دارای میکروآلاینده‌هایی مانند تخم انگل، هورمون و آنتی‌بیوتیک هستند و استفاده از آن‌ها در تولید محصولات خوراکی زراعی می‌تواند مشکلات بهداشتی و محیط‌زیستی پیش‌بینی نشده‌ای در پی داشته باشد. حتی استفاده از پساب در احیای آبخوان‌ها نیز می‌تواند مشکلات مهمی برای کیفیت خاک و منابع آب زیرزمینی در پی داشته باشد. بنابراین لازم است

European Commission (2002) Thematic evaluation on the contribution of the structural funds to sustainable development: A synthesis. Technical Report

Forrester JW (1961) Industrial dynamics. MIT Press, Cambridge, MA

Global Water Partnership (GWP) (2000) Integrated water resources management, Global Water Partnership-Technical Advisory Committee, Stockholm, Sweden, Technical Report

Hoekstra AY (1998) Perspectives on water. Ph.D. Thesis, Technical University of Delft

Holman IP, Rounsevell MDA, Cojocar G, Shackley S, McLachlan C, Audsley E, Berry PM, Fontaine C, Harrison PA, Henriques C, Mokrech M, Nicholls RJ, Pearn KR, Richards JA (2008), The concepts and development of a participatory regional integrated assessment tool. Climatic Change 90:5-30

IISD (International Institute for Sustainable Development) (1999) Beyond delusion: A science and policy dialogue on designing effective indicators for sustainable development. Technical Report

Kristensen P (2004) The DPSIR framework. National Environmental Research Institute, Denmark, Department of Policy Analysis, European Topic Centre on Water, European Environment Agency

Lee N (2002) Integrated approaches to Impact Assessment: substance or make-believe? Environmental Assessment Yearbook. Institute of Environmental Management and Assessment/EIA Centre. Lincoln/Manchester: University of Manchester, 14-20

Rotmans J, Van Asselt MBA, De Bruin AJ, Den Elzen MJG, De Greef J, Hilderink H, Hoekstra AY, Janssen MA, Koester HW, Martens WJM, Niessen LW, De Vries HJM (1994) Global change and sustainable development, a modelling perspective for the next decade. Global Dynamics and Sustainable Development Programme, GLOBO Report Series No. 4, RIVM, Bilthoven

Skoulikidis N (2009) The environmental state of rivers in the Balkans—A review within the DPSIR framework. Science of the Total Environment 407:2501-2516

UN (United Nations) (1985) Proceeding of the regional on system analysis for water resources development, Water Resources Series# 61

استفاده از پساب در بخش کشاورزی با احتیاط و دقت بیشتری صورت گیرد و طرح‌های پژوهشی بیشتری در زمینه اثرات زیست‌محیطی استفاده از پساب در بخش‌های مختلف تعریف و اجرا شوند.

۸- تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی سومین گزارش وضعیت محیط زیست ایران است که با حمایت مالی معاونت آموزش و برنامه‌ریزی سازمان حفاظت محیط زیست در دانشگاه شهیدبهشتی انجام شده است. همچنین این مقاله نسخه تکمیل و داوری شده مقاله ارائه شده در ششمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران می‌باشد. این کنفرانس در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ در شهر سنج برگزار شد.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Biochemical Oxygen Demand (BOD)
- 2- Our Common Future
- 3- Integrated Water Resources Management (IWRM)
- 4- Dynamic Integrated Climate-Economy
- 5- World Water Assessment Program
- 6- World Water Development Report
- 7- Pressure-State-Response
- 8-
- 9- Driving forces Pressure State Impact Response
- 10- Organization of Economic Co-operation and Development
- 11- Driving force- State-Exposure-Effect-Action
- 12- Total Dissolved Solids
- 13- Electrical Conductivity

۹- مراجع

Shadi Beheshti University (2016) The third report on Iran's state of environment, Technical Report, Client: Iran Department of Environment, Deputy of Education and Planning.

Amajirionwu M, Connaughton N, McCann B, Moles R, Bartlett J, O'Regan B (2008) Indicators for managing biosolids in Ireland. Journal of Environmental Management 88:1361-1372

Daniels PL (2010) Climate change, economics and Buddhism Part 2: New views and practices for sustainable world economies. Ecological Economics 69:962-972

Environment Regional Organization for the Protection of the Marine (ROPME) (2013) State of the marine environment report. Technical Report

- management: An integrated, agent based, gaming approach, *The Integrated Assessment Journal, Bridging Sciences & Policy* 9(1):19-46
- Van Harten HAJ, Van Dijk GM, De Kruijf HAM (1995) Waterkwaliteits indicatoren: overzicht, methodologie ontwikkeling en toepassing. RIVM report 733004001. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (National Institute for Public Health and Environment Hygiene)
- Vardon M (2010) Preparation of the “Glossy” publication on the System of environmental-economic accounting for water, 16th Meeting of the London Group on Environmental Accounting Santiago, 25 – 28 October
- World Commission on Environment and Development (WCED) (1987) *Our common future (The Brundtland Report)*, Oxford University Press, Oxford.
- UN (United Nations) (2003) *World water development report 1. Singing progress: Indicators mark the way*, chapter 3.
- UNCSD (1996) *Indicators of sustainable development framework and methodologies*, New York, United Nations
- UNESCO (2015) *Water for a sustainable world, The United Nations World Water Development Report*
- UN-Water and Global Water Partnership (GWP) (2007) *Roadmapping for advancing integrated water resources management (IWRM) processes*, Technical Report
- Valkering P (2009) *Toddlng long the river Meuse, Integrated assessment and participatory agent-based modelling to support river management*, Ph.D. Thesis, Maastricht University
- Valkering P, Tabara JD, Wallman P, Oermans A (2009) *Modelling cultural and behavioural change in water*