



دانشگاه سوادکوه

روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

دکتر سیدرضا میرعلیزاده فرد دکتر محمد فیضی

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتابخوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

1. <https://farsi.khamenei.ir/message-content?id=2696>

شده است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده اند.

دانشگاه پیام نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه جا و همه وقت، به عنوان دانشگاهی کتاب محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره گیری از تجربه های گرانقدر استادان و صاحب نظران برجسته کشورمان، کتاب ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می رسانند، سپاسگزاری می نمایم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام نور را منزلگاه اندیشه سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل اول. پیشینه تحقیقات جهانی در مورد اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب.....	۱
پیشینه تحقیقات اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب در ایران.....	۷
طرح بررسی کیفیت آب رودخانه کر.....	۷
رودخانه سفیدرود.....	۸
رودخانه زاینده‌رود.....	۸
رودخانه کشکان.....	۹
رودخانه‌های استان مازندران.....	۹
رودخانه کارون.....	۱۰
رودخانه قشلاق سندج.....	۱۰
رودخانه کرخه.....	۱۱
رودخانه کنجان چم ایلام.....	۱۱
رودخانه سیکان دره شهر.....	۱۱
روش‌های گردآوری اطلاعات اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب.....	۱۳
پایش.....	۱۴
اجزای برنامه پایش.....	۱۵
هدف‌های پایش.....	۱۵
طراحی برنامه پایش.....	۱۵
اجرای برنامه پایش.....	۱۶
تحلیل داده‌ها.....	۱۶
بانک داده‌ها.....	۱۷
انواع پایش.....	۱۷

۱۷.....	پایش تطبیقی.....
۱۸.....	پایش روند.....
۱۸.....	پایش ارزیابی اثرات.....
۱۹.....	پایش به منظور شناخت وضع موجود.....
۱۹.....	انواع سطوح پایش.....
۱۹.....	پایش ساده.....
۱۹.....	پایش متوسط.....
۲۰.....	پایش پیشرفته.....
۲۰.....	پارامترهای مورد سنجش کیفیت آب.....
۲۱.....	مواد زائد آلی.....
۲۱.....	وتریفیکاسیون.....
۲۱.....	کشاورزی و آبیاری.....
۲۲.....	پساب‌های صنعتی.....
۲۲.....	پساب و شیرابه‌های معدنکاری.....
۲۳.....	اسیدی شدن رودخانه.....
۲۳.....	انتخاب محل ایستگاه‌های نمونه‌برداری برای پایش پارامترهای کیفی.....
۲۷.....	فصل دوم. روش انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری.....
۲۹.....	تناوب و زمان نمونه‌برداری.....
۲۹.....	تناوب پیوسته.....
۲۹.....	تناوب دوره‌ای.....
۲۹.....	تناوب موردی.....
۳۱.....	عملیاتی نمودن برنامه‌های پایش.....
۳۱.....	منابع و امکانات مورد نیاز برنامه پایش.....
۳۱.....	۱. تجهیزات آزمایشگاهی.....
۳۲.....	۲. حمل و نقل.....
۳۳.....	۳. نیروی انسانی ماهر.....
۳۴.....	کارکنان آزمایشگاه.....
۳۴.....	مدیر آزمایشگاه.....
۳۵.....	تکنسین آزمایشگاه.....
۳۵.....	دستیار آزمایشگاه.....
۳۶.....	مأمور ناظر کیفیت.....
۳۶.....	ضمانت کیفیت و آنالیز داده‌ها.....
۳۹.....	نتیجه‌گیری.....
۴۱.....	فصل سوم. تعاریف و اصطلاحات.....
۴۱.....	۱. نمونه‌های شاهد.....

۴۱	۲. نمونه‌های هم‌مکان.....
۴۲	۳. منطقه کنترل.....
۴۲	۴. شاهد تجهیزات.....
۴۲	۵. شاهد میدانی.....
۴۲	۶. شاهد فیلتراسیون.....
۴۲	۷. نمونه مرجع.....
۴۲	۸. نمونه‌های تکراری.....
۴۳	۹. نمونه‌های غنی شده.....
۴۳	۱۰. نمونه منقسم.....
۴۳	۱۱. شاهد سفر.....
۴۳	ملاحظات عمومی نمونه‌برداری که باید مدنظر محقق قرار گیرد.....
۴۴	تعیین مکان نمونه‌برداری (منابع آب سطحی).....
۴۴	یادداشت‌ها و مشاهدات میدانی.....
۴۵	حفظ کیفیت نمونه‌های گردآوری شده.....
۴۵	جلوگیری از آلودگی.....
۴۶	کنترل کیفیت.....
۴۷	شاهد اولیه.....
۴۷	نمونه‌های هم‌مکان.....
۴۷	نمونه‌های غنی شده.....
۴۷	نمونه مرجع.....
۴۷	جمع‌آوری نمونه‌ها.....
۴۸	۱. نمونه ساحلی.....
۴۸	۲. نمونه‌برداری با قایق.....
۴۸	الف) شناسایی مکان.....
۴۹	ب) آب سطحی.....
۴۹	پ) رودها و نهرها.....
۴۹	۳. نمونه‌برداری از روی پل.....
۵۰	۴. نمونه‌برداری از خروجی (فاضلاب).....
۵۰	۵. آب‌های پذیرنده.....
۵۱	کارهایی که باید در محل نمونه‌برداری انجام شود.....
۵۲	فیلتراسیون و محافظت میدانی.....
۵۲	حمل و نقل و ارسال به آزمایشگاه.....
۵۳	تمیز کردن وسایل و تجهیزات آزمایشگاه.....
۵۵	فصل چهارم. تحلیل کیفیت آب رودخانه.....
۶۱	شاخص‌های کیفی آب WQI.....

۶۳	.....	ساختار شاخص‌های کیفی
۶۳	.....	۱. انتخاب پارامترها
۶۳	.....	۲. تبدیل اندازه پارامترهای مختلف یک شاخص به یک واحد به نام زیر شاخص
۶۴	.....	۳. تعیین و استفاده از فاکتورهای وزنی برای هر پارامتر
۶۴	.....	۴. جمع‌بندی زیرشاخص‌ها و تبدیل به شاخص اصلی
۶۵	.....	انواع شاخص‌های کیفی آب
۶۵	.....	شاخص کیفی NSF یا Brow's
۷۲	.....	شاخص آلودگی رودخانه (RPI Mc Duffie)
۷۳	.....	شاخص آلودگی Prati
۷۶	.....	شاخص دوم Dinius (DSWQI)
۷۷	.....	شاخص‌های کیفی O'Connor
۷۹	.....	شاخص PWS
۸۰	.....	شاخص کیفی Walski and Parker
۸۲	.....	شاخص کیفی آب ایالات اورگان (OWQI)
۸۳	.....	شاخص کیفی Stoner
۸۵	.....	شاخص Viet & Bhargava
۸۷	.....	شاخص آلودگی Nemerow & Sumitomo
۸۸	.....	شاخص‌های آماری
۸۹	.....	شاخص‌های طراحی
۹۰	.....	اثرات مواد مغذی بر کیفیت منابع آب
۹۱	.....	اثر سایر آلاینده‌ها بر کیفیت آب
۹۲	.....	جامدات معلق
۹۲	.....	نمک‌ها
۹۳	.....	فلزات و ترکیبات آلی سمی
۹۳	.....	تفاوت بین دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی
۹۷	.....	فصل پنجم. روش سنجش پارامتری فیزیکی و شیمیایی در یک پایش ساده هدایت الکتریکی
۹۷	.....	سنجش اکسیژن محلول (DO)
۹۸	.....	سنجش BOD5
۹۸	.....	سنجش COD
۹۹	.....	سنجش کل جامدات محلول (TDS)
۱۰۰	.....	مواد معلق (TSS) و کل جامدات (TS)
۱۰۰	.....	سنجش سختی کل
۱۰۰	.....	سنجش قلیائیت
۱۰۱	.....	سنجش کلرور (CL)
۱۰۲	.....	اندازه‌گیری سولفات

۱۰۲	اندازه‌گیری آمونیاک (NH_3)
۱۰۳	سنجش نیترات
۱۰۴	سنجش نیتروژن نیتريتی
۱۰۴	سنجش فسفات
۱۰۴	اندازه‌گیری فسفر کل
۱۰۵	سنجش شوری و PH
۱۰۵	اندازه‌گیری کدورت
۱۰۵	رنگ حقیقی
۱۰۵	سنجش فلور (F)
۱۰۶	سنجش کلیرم کل
۱۰۷	سنجش MPN برای تعیین کلیرم‌های مدفوعی
۱۰۷	پیشنهادهای نتیجه‌گیری
۱۰۸	۱. پیشنهادهاى اجرايى
۱۰۹	۲. پیشنهادهاى مدیریتی
۱۰۹	پیشنهادهای تحقیقاتی
۱۱۱	منابع

پیشگفتار

در حال حاضر مسئله کمبود آب گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای دنیا از جمله کشورهای توسعه یافته می‌باشد. قریب به ۲۳۳۵ میلیون نفر در ۲۸ کشور جهان از کمبود آب رنج می‌برند که اگر این روند ادامه یابد تا سال ۲۰۲۵ میلادی ۳ میلیارد نفر در ۴۶ کشور جهان با کمبود آب مواجه خواهند شد. کشور ایران نیز با چنین بحرانی روبه‌رو است. اقلیم ایران در ۸۵٪ مساحت کشور خشک و بسیار خشک با بارندگی کم و محدود فقط ۱۵٪ از سطح کشور دارای اقلیم مدیترانه‌ای می‌باشد. متوسط بارندگی در کشور ایران ۲۵۰ میلی متر (۳۰٪ متوسط بارندگی سالانه کره زمین) و با توزیع نامناسب می‌باشد. علاوه بر آن حجم کل آب‌های قابل استحصال در ایران ۱۳۰ میلیارد مترمکعب است که تنها حدود ۳۲٪ از کل حجم بارندگی‌های کشور است.

یکی از اساسی‌ترین معیارها برای اسکان، تجمع و زیست، منابع آبی (چشمه، رودخانه،...) بوده است و شاید به جرئت بتوان گفت که تمامی تمدن‌های کهن جهان در کنار منابع طبیعی آب بنا شده‌اند؛ و تمدن‌های بزرگ بشری در کنار رودخانه‌ها و آب‌های جاری همچون نیل، فرات، گنگ و یانگ تسه و... تولد یافته و پیشرفت نموده‌اند. رودخانه‌ها یکی از منابع آبی قابل حصول و در دسترس بوده که به علت اهمیتش در ادامه حیات همواره جوامع انسانی و مراکز صنعتی در نزدیکی این شاهراه‌های حیاتی بر پا شده است. این امر خود باعث دخل و تصرف غیرطبیعی در آن می‌شود. برداشت آب برای مصارف کشاورزی بازگشت پساب کشاورزی را به دنبال خواهد داشت و اینچنین است

که این شاه‌رگ حیاتی مورد تهاجم آلاینده‌های مختلف قرار می‌گیرد. اطلاع از وضعیت کیفی آب‌های سطحی این امکان را فراهم می‌سازد تا ضمن استفاده از آن در موارد مختلف شیوه‌هایی اتخاذ شود تا کمترین آسیب به این منبع وارد شود. تکنیک‌های مختلفی برای سنجش کیفی آب‌های سطحی در سطح دنیا مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است که از آن میان شاخص‌های کیفی آب^۱ یکی از روش‌های پرکاربرد و ساده در سطح دنیا می‌باشد. شاخص‌های کیفی آب می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های تعیین درجه آلودگی آب، با توجه به سهولت استفاده از آن و بیان نتایج به زبان ساده و قابل فهم توسط حتی افراد غیرمتخصص و عموم، نقش بسیار مهمی را ایفا کند. بدین ترتیب با پهنه‌بندی آلودگی و ارائه تصویر صحیح از وضعیت کیفی آب‌های سطحی علاوه بر افزایش مشارکت مردمی در حفظ سلامت و کیفیت آب‌های سطحی، ابزار مفید در اختیار قرار داده تا هرگونه تصمیم‌گیری مدیریتی که اثرات زیست‌محیطی آن به صورت مستقیم یا غیرمستقیم متوجه آب‌های سطحی کشور باشد، با آگاهی بیشتری اتخاذ شود و ضرورت اعمال شیوه‌های مدیریتی منابع آب در هر نقطه مشخص گردد. بیشترین مصارف آب‌های قابل استحصال با حجم ۷۶ میلیارد مترمکعب تا این لحظه به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارد. این امر نشان می‌دهد که بخش کشاورزی به عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آبی کشور می‌بایست دارای الگوی مبتنی بر برنامه‌ریزی مدیریتی در خصوص بهره‌برداری از منابع آبی و بازچرخش مجدد در کشور باشد. در شرایط کنونی با چالش‌های بزرگی که در امر مصرف و تقاضای آب وجود دارد، لزوم بازنگری همه‌جانبه در چگونگی بهره‌وری از این منابع و مدیریت مصارف نیاز به نوع نگرش جدید و استفاده از روش‌ها و متدها برای مدیریت خردمندانه دارد. لذا با عنایت به اینکه رودخانه‌ها مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده آب در بخش شرب و کشاورزی هستند. نوشتن کتابی در زمینه روش‌های اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر کیفیت آب رودخانه‌ها در شرایط بحرانی، برای استفاده مجدد از منابع آبی قابل استفاده (پساب‌های کشاورزی، فاضلاب‌ها) ضرورتی انکارناپذیر بود که در این کتاب برای تأمین نیاز محققین و پژوهشگران و دانشجویان این حوزه به آن پرداخته شده است.

مؤلفان

فصل اول

پیشینه تحقیقات جهانی در مورد اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب

پایش منابع آب برای افراد و نهادهای مختلف، معانی متفاوتی دارد. از طرفی، محدودیت‌های مختلف باعث می‌شود بسیاری از سیستم‌های پایش، به‌صورت مجزا، منفرد و متفاوت عمل نموده و ارزیابی متفاوتی از وضعیت موجود داشته باشند که دلیل اصلی آن می‌تواند عدم استفاده از ابزار شناخته شده علمی برای پایش باشد. به دست آوردن اطلاعات به موقع و قابل اعتماد در مورد پیکرهای آبی، از هدف‌های عمومی و پایه در پایش کیفیت آب است. این اطلاعات باید به گونه‌ای تهیه شوند که امکان مقایسه‌های زمانی و مکانی را فراهم ساخته و قابلیت کمی کردن مشکلات و شرایط زیست‌محیطی را ایجاد نمایند تا ضروری‌ترین داده‌هایی که اطلاعات مورد نیاز کاربر را تأمین می‌کنند گردآوری گردد. مطالعات بسیاری در زمینه بررسی شاخص‌های کیفی آب انجام گرفته است که اولین آن‌ها در سال ۱۹۶۵ به‌وسیله هورتون آغاز گشت. سپس در سال ۱۹۷۴ در پایان‌نامه دکترایی که به‌وسیله لندور انجام شد کار به‌صورت جدی‌تری دنبال شد. در پروژه‌ای که تحت حمایت شورای کیفیت محیط‌زیست و سایر آژانس‌های فدرال در آمریکا به‌منظور ارزیابی شاخص‌های کیفی آب به‌صورت قراردادی با شرکت مٹک و شرکت منابع انرژی انجام شد، نتیجه مطالعات و جمع‌آوری منتشرات در گزارشی به‌وسیله اورلاندو، رایتینگتون، روزن^۱ و

همکاران و مقاله‌ای توسط ماکسیم^۱، اورلاندو و رایتینگتون ارائه شد. فعالیت‌هایی نیز در آلمان در سال ۱۸۴۸ برای برقراری ارتباط بین سطح خلوص و یا آلودگی آب با وجود ارگانسیم‌های بیولوژیکی خاص انجام شد. از آن زمان تاکنون سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی کیفی آب‌ها در اروپا صورت گرفته است. از آخرین مطالعات در زمینه بررسی کیفیت آب به موارد زیر اشاره می‌گردد:

- سازمان اکولوژی ایالت واشنگتن در سال ۲۰۰۰ برنامه پایش را برای ارزیابی طولانی‌مدت روند تغییرات در کیفیت آب، دما، جریان و بی‌مهرگان بزرگ کفزی در پنج حوزه آبریز شاخص که برای تولید ماهی قزل‌آلا توسط سازمان حیات وحش و آبریزان کنترل می‌شد، شروع کرد. هدف این برنامه ایجاد یک شاخص ماندگار زیست‌محیطی بود که بتواند ارتباط بین فاکتورهای کیفیت آب با تولید ماهی قزل‌آلا را بیان کند. پنج حوضه آبریز در حال کنترل عبارت از بریف کریک^۲، سدارکریک^۳ بینگهام کریک، رودخانه چیواوا^۴ و رودخانه دسچوت بودند. پارامترهای کیفیت آب مورد اندازه‌گیری شامل اکسیژن محلول، کدورت، کل جامدات محلول، کلیرم مدفوعی، نیتروژن آمونیاکی، نیترات و نیتريت، نیتروژن کل، فسفرکل، ارتوفسفات، سختی، فلزات محلول، (مس و روی)، pH، هدایت الکتریکی، دما و جریان بود. این گزارش اطلاعات جمع‌آوری شده در طی یک سال برنامه پایش از اکتبر سال ۲۰۰۰ تا سپتامبر ۲۰۰۱ را ارائه می‌دهد نتایج این بررسی نشان داد که همه این پنج حوضه آبریز به‌جز سدار کریک سالم بودند. در سدارکریک که کیفیت آب متغیر، دمای آب زیاد و امتیاز شاخص کفزی پایین بود کیفیت آب از درجه پایینی برخوردار بود.
- از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۰۰ وجود، پراکندگی و انتقال عناصر جزئی محلول در آب‌های سطحی حوضه آبریز رودخانه یاکیما^۵ در ایالت واشنگتن مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور هر هفته در طول فصل آبیاری و یک‌بار در ماه در طول فصول غیر آبیاری از ۳۴ ایستگاه نمونه‌برداری صورت گرفت. اگرچه در این بررسی

1. Maxim
2. Breef Creek
3. Cedar Creek
4. Chiwawa River
5. Yakima

تمرکز اصلی بر روی ۹ عنصر جزئی (آلومینیم، آرسنیک، باریم، مس، آهن، منگنز نیکل، اورانیم و روی) بود در عین حال ۱۴ عنصر دیگر نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. غلظت آرسنیک در بیش از ۴۰ درصد نمونه‌های جمع‌آوری شده در این مطالعه از مقدار استاندارد تعیین شده آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا^۱ متجاوز بود. غلظت اغلب عناصر جزئی از استانداردهای تعیین شده کیفیت آب برای حفظ حیات آبریان توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا کمتر بود.

- در شهر داکا پایتخت کشور بنگلادش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی توسط عوامل آلاینده طبیعی و مصنوعی در معرض خطر قرار گرفته است. یکی از عوامل آلاینده عمده در این شهر، مهاجرت روستائیان به شهر که موجب شده کیفیت آب در محدوده خطر بالایی قرار بگیرد. به دنبال این وضعیت و به‌منظور کم کردن بحران آب در این شهر، سازمان آب و فاضلاب شهر داکا استفاده از آب رودخانه‌های اطراف شهر را به‌عنوان یک گزینه در نظر گرفته است که برای این منظور دو نکته را مورد توجه قرار داده است:

۱. معرفی و شناسایی سیستم تأمین آبی که آب را برای مصارف خانگی به‌جز آب آشامیدنی از رودخانه قابل دسترس اطراف شهر پمپاژ نماید.

۲. اجرای یک طرح تصفیه پساب در مقیاس کوچک برای سیستم تأمین آب مذکور.

اجرای این نکات نیازمند مطالعه بر روی کیفیت منابع آب و اجرای روش‌های اثربخش بود. برای دستیابی به این هدف‌ها مطالعه گسترده‌ای برای ارزیابی فاکتورهای مهم فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مهم کیفیت آب در دانشکده مهندسی و تکنولوژی بنگلادش بر روی پنج رودخانه اطراف شهر داکا صورت گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که آب همه رودخانه‌های اطراف شهر به‌جز رودخانه سیتالاخیا در طی فصول خشک به‌شدت آلوده است.

- در سال ۲۰۰۲ در یک پژوهش سازمان اکولوژی ایالت واشنگتن از شاخص کیفیت آب برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌های این ایالت استفاده کرد. در این تحقیق ۶۲

ایستگاه در طول مسیر رودخانه انتخاب شد امتیازهای ماهیانه شاخص کیفیت آب برای بررسی روند تغییرات کیفیت از طریق روش‌های آماری مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که در سطح معنی‌دار ۵٪ تغییرات امتیازهای شاخص کیفیت آب روند افزایشی داشت.

- در خلیج تایلند اجزای اصلی آلاینده‌ها ناشی از فعالیت‌های خشکی یا دریا و از منابع آلاینده نقطه‌ای از قبیل تخلیه پساب‌های صنعتی، حوادث مربوط به نشت نفت و فاضلاب‌های خانگی و منابع آلاینده غیر نقطه‌ای مانند زه‌آب‌های کشاورزی است. توسعه اقتصادی، رشد جمعیت، فعالیت‌های کشاورزی و آبریز پروری و مدیریت نامناسب آلودگی‌ها، کاهش کیفیت آب خلیج تایلند را به دنبال داشته است. بار آلودگی مواد مغذی، (اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی) به‌طور معنی‌داری در خلیج به‌خصوص در مجاورت چهار رودخانه اصلی در بالادست خلیج افزایش پیدا کرده است. به دنبال این وضعیت و به‌منظور مدیریت پایدار سواحل، پروژه‌های بسیاری انجام شده که حل مسائل و مشکلات را از طریق تمرکز بر کل حوزه آبریز به‌جای رودخانه با مدیریت صحیح رودخانه دنبال می‌کنند. در یکی از این پروژه‌ها به مطالعه و بررسی ظرفیت قابل تحمل محیط، ارزیابی ریسک مخاطرات زیست‌محیطی، تعیین شاخص‌های حساسیت زیست‌محیطی برای پخش نفت و شاخص‌های کیفیت آب پرداخته شد.

- در نیوفوندلند^۱ و لابرادور کیفیت آب آشامیدنی توسط دولت ایالتی در همه سیستم‌های تأمین آب با استفاده از شاخص کیفیت آب وزارت محیط‌زیست کانادا مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و نتایج هر سه ماه یک‌بار گزارش می‌شود. سازمان محیط‌زیست نیوفوندلند و لابرادور براساس نظر کارشناسان محلی یک طبقه جدید به شاخص کیفیت آب وزارت محیط‌زیست کانادا اضافه کرده و کاربرد شاخص را برای ارائه نتایج فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی منطقه خود بهینه کردند. در ادامه این تحقیق به بحث در مورد فواید و مضرات و محدودیت‌های شاخص کیفیت آب وزارت محیط‌زیست کانادا می‌پردازد. گیاه نیشکر در ۲۶ حوضه آبریز

کوئینزلند^۱ (منطقه‌ای در شمال استرالیا) رشد می‌کند که این مناطق از لحاظ اکولوژیکی مکان‌های حساسی می‌باشند. توسعه صنعت تولید شکر در این منطقه کیفیت آب این حوضه آبریز را کاهش داده است. از سوی سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز فشارهایی به این صنعت وارد شده تا زمین را به گونه‌ای مدیریت کند که کمترین مضرات را داشته باشد. به دنبال ادامه این وضعیت، مطالعاتی در مورد کیفیت آب این حوضه آبریز انجام شده که این مطالعات شامل تحقیقات و بازدیدهایی برای بررسی نقش آب‌های زیرزمینی به عنوان یک مسیر جهت کاهش نیتрат از مزارع نیشکر در حوضه مربوطه می‌باشد.

- در حوضه آبریز رودخانه بود^۲ در ناحیه ساکسون آنهالت^۳ در استرالیا از مدل کیفیت آب ریونت برای مدیریت کیفیت آب این حوضه آبریز استفاده شده است. این ابزار مدیریتی نه تنها در ابعاد یک رودخانه بلکه در تمام کل رودخانه‌های یک حوضه آبریز می‌تواند کیفیت آب حوضه را شبیه‌سازی کند. پارامترهای ورودی مدل مانند میزان حجم و دبی رودخانه اصلی و انشعابات آن می‌تواند مستقیماً از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی یا GIS وارد برنامه شود.

- در یک پروژه مشترک مابین برنامه توسعه سازمان ملل متحد^۴ و سازمان‌های دولتی ایالتی ویتنام در طی سه سال کیفیت آب حوضه آبریز رودخانه دونگ نی در ایالت بین هوآ^۵ ویتنام مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصل این پروژه کاهش آلودگی‌های صنعتی، شهری و کشاورزی وارده به رودخانه بود. برای دستیابی به این هدف استراتژی مدیریت زیست‌محیطی ناحیه‌ای تعریف شد. در این استراتژی از اطلاعات چهار بخش اکولوژی، اقتصاد تکنولوژی و مؤسسات مختلف برای ارزیابی و مدیریت کیفیت آب منطقه استفاده می‌شود. این استراتژی از سال ۱۹۹۸ در ویتنام به‌کار گرفته شده و تا سال ۲۰۱۰ ادامه می‌یابد.

- در طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۹ برنامه پایش کمی و کیفی آب در حوضه آبریز

1. Queensland
2. Bode
3. Saxon Anhalt
4. UNDP
5. Bien Hoa

رودخانه اولدمن^۱ اجرا شد. حوضه آبریز رودخانه اولدمن در ناحیه آلبرتای جنوب غربی واقع شده است و حدود ۲۰۰ هزار نفر در مزارع، شهرها و روستاهای ناحیه ساکن هستند. قسمت اعظم مساحت ۶۰۰ هزار هکتار ناحیه آلبرتا در مجاورت حوضه آبریز رودخانه اولدمن واقع شده است. فعالیت‌های دامداری و صنایع در حوضه رودخانه بسیار زیاد است. افزایش این فعالیت‌ها سبب اعتراض ساکنین شهری این منطقه گردید و موجب اختلاف بین ساکنین شهری و روستایی منطقه شد. ادامه این اعتراضات در منطقه موجب شد تا مسئولین بهداشت، کشاورزی، محیط‌زیست، صنعت و دولت اقداماتی را در جهت رفع مشکلات موجود در منطقه و حفاظت کیفی آب رودخانه‌ها انجام دهند. از مهم‌ترین اقدامات انجام شده اجرای طرح مونیتورینگ در منطقه در طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۹ بود. برای این منظور از ۳۸ ایستگاه شامل منشأ رودخانه، انشعابات رودخانه، پساب‌های کشاورزی و تصفیه‌خانه‌های فاضلاب نمونه‌برداری صورت گرفت و نمونه‌ها برای سنجش پارامترهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و باکتری‌ها آنالیز شد. نتایج حاصل از پایش نشان داد که معمولاً کیفیت آب رودخانه در محل تلاقی با رودخانه بوو^۲ کاهش می‌یابد. کیفیت آب بسیاری از انشعابات رودخانه پایین است. فاضلاب‌های شهرها و روستاهای لتبریدج^۳ از کیفیت پایین برخوردار است و همچنین مشخص شد بهبود کیفیت آب رودخانه اولدمن به بهبود کیفیت آب انشعابات فرعی رودخانه، رواناب‌های سطحی و سیستم تصفیه فاضلاب بستگی دارد. این مطالعه به حل مشکلات مطرح شده بین ساکنین شهری و روستایی منطقه کمک مؤثری کرد و اثبات نمود که فعالیت‌های هر دو قشر بر کیفیت آب مؤثر است.

- در پژوهشی دیگر در رودخانه‌های حوضه آبریز آلبرتا در کانادا به‌منظور بررسی ارتباط میان کاربری زمین و کیفیت آب به مدت سه سال از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ از آب‌های منطقه هر دو هفته یکبار در فصل آبیاری به‌صورت هفتگی نمونه‌برداری صورت گرفت. با استفاده از فرمول پیرسون رابطه بین کاربری زمین، نوع خاک و

1. Oldman

2. Bow

3. Lethbridge

کیفیت آن بررسی شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بسته به نوع محصول و کود مورد استفاده، کیفیت آب متفاوت بوده است. به عنوان مثال در زمین‌هایی که کشت غلات صورت گرفته است، غلظت نیتрат، نیتروژن و فسفر کل در آب در حد مجاز بوده و در جاهایی که علوفه برای خوراک دام کشت شده است این میزان کمتر می‌باشد. همین بررسی نشان داد که آلودگی‌های باکتریایی با نوع محصولات کشت شده ارتباط معنی‌داری ندارد و تقریباً در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری، میزان ثابتی داشته است.

پیشینه تحقیقات اندازه‌گیری شاخص‌های کیفی آب در ایران

مطالعات زیادی در زمینه بررسی شاخص‌های کیفیت آب رودخانه‌های کشور انجام شده است که به موارد زیر اشاره می‌گردد:

طرح بررسی کیفیت آب رودخانه کر

این رودخانه در استان فارس یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب در منطقه می‌باشد. در طرح تحقیقاتی بررسی کیفیت آب رودخانه کر علاوه بر شناسایی مشخصات کمی و کیفی رودخانه، شناسایی و تعیین شدت آلودگی منابع آلوده‌کننده صنعتی و شهری و تعیین چگونگی تغییرات شیمیایی، فیزیکی و زیستی رودخانه در اثر ورود فاضلاب‌های مختلف با کاربرد مدل‌های مناسب ریاضی میزان تأثیر بار آلی قابل تجزیه بیولوژیکی وارده به رودخانه بر تغییرات اکسیژن محلول مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت کاهش میزان اکسیژن محلول در ایستگاه‌های پایین‌دست ورود فاضلاب‌ها مشخص شده است. با کاربرد نتایج حاصل از این پژوهش افزون بر پیش‌بینی چگونگی تغییرات شرایط رودخانه در اثر ورود مواد آلاینده با منشأ آلی یا معدنی می‌توان بار آلی مجاز وارده به رودخانه و میزان تصفیه فاضلاب مورد نیاز را نیز پیش‌بینی کرده و با استفاده از آن ضوابط و استانداردهای مناسب برای استقرار واحدهای صنعتی و یا مناطق جدید مسکونی را تعیین نمود. صنایع مختلف و فعالیت‌های کشاورزی بار آلودگی شدیدی به رودخانه کر وارد می‌کنند. مقدار آلودگی موجود رودخانه توسط کریمی و همکاران بررسی و حد نهایی ظرفیت خود پالایی این

رودخانه تعیین شد که با تعیین این مقدار حد مجاز بار آلودگی آب رودخانه مشخص می‌شود. همچنین طرح ساماندهی رودخانه کر با بررسی توان اکولوژیکی رودخانه، وضعیت زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی و هیدرولوژی و پوشش گیاهی منطقه با بهره‌گیری از نتایج تحلیل به روش شبکه مصنوعی انجام شده است و در پایان پیشنهادهایی جهت بهبود وضعیت زیست‌محیطی منطقه ارائه شده است. رزاق‌منش و همکاران برای شبیه‌سازی پارامترهای اکسیژن محلول، نیتрат، آمونیاک و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی از مدل دلیو اس پی^۱ استفاده کردند. نتایج نشان داد که علی‌رغم داده‌های اندک موجود، مدل مذکور قادر است با دقت نسبتاً خوبی وضعیت کیفی رودخانه را پیش‌بینی نماید. در طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۶ با استفاده از مدل کامپیوتری کوالکور، محاسبات دبی و میزان اکسیژن محلول به عنوان شاخص آلودگی انجام گرفته و در نهایت افت شدید اکسیژن در مواقع بحرانی در این منطقه ثابت شده است.

رودخانه سفیدرود

این رودخانه واقع در استان گیلان پذیرنده انواع فاضلاب و پساب کشاورزی، صنعتی و شهری است. در یک طرح مطالعاتی، منابع آلاینده این رودخانه مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و سهم هرکدام از منابع آلوده‌کننده در ایجاد آلودگی مشخص شده است. همچنین جهت پایش این رودخانه راهکارهایی ارائه شده است. (اداره کل آب و فاضلاب استان گیلان، ۱۳۸۰).

رودخانه زاینده‌رود

در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ مقادیر pH، گاز آمونیاک و غلظت فلزات سنگین، مس، روی، آهن در آب زهکش‌های موجود در منطقه شرقی اصفهان، قسمت‌های پایین‌دست رودخانه زاینده‌رود و تالاب گاوخونی اندازه‌گیری شد. (مهران شبانکاری) نتایج نشان داد که کیفیت آب مناطق پایین‌دست رودخانه زاینده‌رود و تالاب گاوخونی به شدت تحت تأثیر زهکش‌های کشاورزی منطقه قرار دارد. همچنین تغییرات کیفیت شیمیایی

آب زاینده‌رود در طول مسیر آن از ایستگاه پل مورگان تا تالاب گاوخونی با برداشت نمونه‌های فصلی از چهارده ایستگاه در طی سه سال مورد مطالعه قرار گرفت. سپس روند تغییرات در ایستگاه‌های مختلف در طول مسیر رودخانه با استفاده از روش‌های آماری مشخص شد. با توجه به داده‌های موجود کیفیت آب در طول رودخانه، ارزیابی جنبه‌های هیدروشیمیایی بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. در طی مطالعات ۷ ساله از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۷۳ از ۱۵ ایستگاه مسیر رودخانه نمونه‌برداری صورت گرفت و فاکتورهای EC، pH، کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی، فسفر، نیتروژن و فلزات سنگین اندازه‌گیری شد؛ و در نهایت نوسانات کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود مورد بررسی قرار گرفت.

رودخانه کشکان

حوضه آبریز رودخانه کشکان در غرب کشور و در استان لرستان واقع شده است و از زیر حوضه‌های رودخانه کرخه محسوب می‌شود. طی (۷ ماه پاییز ۱۳۷۲ تا بهار ۱۳۷۳) از فاضلاب‌های صنعتی و خانگی که به رودخانه تخلیه می‌شوند و نیز از رودخانه در پایین‌دست نقطه تخلیه فاضلاب‌ها نمونه‌برداری صورت گرفت. ارقام حاصل از آنالیز نمونه‌ها با استانداردهای رایج مقایسه شدند. نتایج نشان داد که آب رودخانه در تمام ایستگاه‌ها در اکثر ماه‌ها دارای BOD_5 و COD بیشتر از حد مجاز آب‌های تمیز می‌باشد. به‌منظور محافظت از آب رودخانه، تصفیه کامل فاضلاب‌های تخلیه شده و عملیات آبخیزداری در حوضه آبریز کشکان توصیه شده است.

رودخانه‌های استان مازندران

نصراله‌زاده و همکاران کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه‌های تجن، شیرود، تنکابن، لاریم را در دو فصل بهار و تابستان سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ برای رهاسازی بچه ماهیان استخوانی به این رودخانه‌ها مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی فاکتورهای دما، کلرور، فسفات، آمونیم، نیتريت، آمونیاک، pH، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، کل مواد جامد محلول و کل مواد جامد معلق اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی نشان داد که آب رودخانه‌های تجن، گهرباران و لاریم در شرایط فعلی وضعیت مطلوبی برای رهاسازی بچه ماهیان نشان نداده است. در صورتی‌که