

مدیریت کیفی منابع آب با نگرش پایداری حوزه آبریز

محمد کارآموز، آزاده احمدی، مسعود طاهریون

استاد دانشکده عمران پردیس فنی دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: karamouz@ut.ac.ir

دانشجوی دکتری مهندسی آب دانشکده عمران پردیس فنی دانشگاه تهران، پست الکترونیکی:

azadehahmadi@ut.ac.ir

دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران، پست الکترونیکی: taherion@ut.ac.ir

چکیده

امروزه آب این منبع حیات‌بخش، به عنوان یکی از سه عامل تشکیل و بقای محیط‌زیست (خاک، هوا و آب) بیش از هر زمان دیگر مورد توجه می‌باشد. مدیریت کیفی منابع آب مستلزم شناخت دقیق منابع آلاینده و خصوصیات آنها شامل مشخصات کمی و کیفی و موقعیت و تناوب تخلیه آنها به منابع آبهای سطحی و زیرزمینی می‌باشد. نگرش حوزه‌ای به مسائل مدیریت کیفی منابع آب موجب می‌گردد تا چرخه کامل تولید تا تخلیه و کلیه فرایندهای انتقال و تبدیل در نظر گرفته شود. مدیریت حوزه‌ای دید جامعی نسبت به کنترل آلودگی آب ناشی از رواناب‌های آلوده و منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آلودگی دارد. رویکرد حوزه‌ای در مدیریت کیفی منابع آب یک فرآیند تصمیم‌گیری است که نشان دهنده استراتژیهای کلی در جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات به همراه درک عمومی از نقش‌ها، اولویت‌ها و مسئولیت‌های همه ذینفعان در یک حوزه آبریز می‌باشد. رویکرد حوزه‌ای بر مبنای این مفهوم است که بهترین راه‌حل بسیاری از مشکلات کیفیت آب نظیر تجمع آلاینده‌ها و آلودگی‌های غیرنقطه‌ای بررسی آنها در سطح حوزه آبریز است. علاوه بر آن تمرکز بر حوزه موجب شناسایی موثرترین و کم هزینه‌ترین راهکارهای کنترلی جهت رسیدن به اهداف آب پاک می‌باشد.

در این مقاله پس از بررسی عوامل پایداری در منابع آب، مجموعه‌ای از شاخص‌های پایداری از دیدگاه‌های مختلف معرفی شده‌اند. سپس به ساختار توسعه پایدار در حوزه آبریز و دینامیک سیستم به عنوان ابزاری برای مدیریت مبتنی بر بازخور، فرصت‌های جدیدی را برای تصمیم‌گیری بهتر در توسعه و برنامه‌ریزی منابع آب حوزه آبریز و آبخیزداری با در نظر گرفتن اندرکنش‌های مولفه‌های مختلف حوزه اشاره شده است. از طرح‌های جامع کاهش آلودگی که یکی از ابزارهای ایجاد پایداری در امر توسعه و بهره‌برداری از منابع آب می‌باشد، نقش کلیدی در شکل‌گیری عملیات اجرایی برای ایجاد پایداری دارد. همچنین چند رویکرد یکپارچه و سازمان‌یافته در مدیریت کیفی منابع آب از جمله سیستم ملی حذف تخلیه آلاینده، سیاست تجارت آلودگی و مالیات تخلیه توضیح داده شده‌اند. مدل‌های شبیه‌سازی حوزه آبریز با سطح پیچیدگی مختلف عمدتاً در تخمین بار آلودگی کاربرد زیادی دارند که به عنوان نمونه به استفاده از مدل SWAT در شبیه‌سازی حوزه آبریز اشاره شده است.

کلمات کلیدی: حوزه آبریز، مدیریت کیفی، آبخیزداری، توسعه پایدار، مدل SWAT، طرح کاهش آلودگی، تجارت آلودگی

میزان رشد و توسعه، متأثر و متناسب با میزان پایداری در سیستم‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. توسعه اقتصادی و اجتماعی بدون توجه به محدودیت‌های محیط‌زیست دوام ندارد و پایدار نخواهد بود. همچنین میزان آلودگی در پیکره‌های آبی در حال فراتر رفتن از ظرفیت خودپالایی آنها شده است. بررسی مشکلات موجود به خصوص در زمینه‌های محیط زیست نیاز به بازنگری ساختارها و قوانین موجود در این کشورها در عرصه‌های تصمیم‌گیری و ارائه طرح‌هایی با جامع‌نگری کافی برای حل مشکلات موجود (چون طرح‌های جامع کاهش آلودگی) را ضروری ساخته است.

برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سامانه‌های منابع آب برای تحقق اهداف توسعه پایدار در یک منطقه، نیازمند مشارکت همگانی است. کلیه کسانی که در امر توسعه و مدیریت منابع آب دخیل هستند باید همواره اثرات سیستم را در تغییرات اقتصادی، اجتماعی و همچنین محیط زیست ارزیابی کنند. برای نیل به توسعه پایدار بایستی به موضوع پایداری در کلیه ابعاد برنامه‌ریزی، طراحی، سازه‌ای و بهره‌برداری توجه شود. تحلیل‌های اقتصادی و زیست محیطی نه تنها باید مرحله توسعه، بهره‌برداری و نگهداری سیستم را در نظر بگیرند، بلکه باید امکان نابودی و نیاز به جایگزین‌سازی آن را نیز مورد توجه قرار دهند. توسعه پایدار نیازمند یک روش فکری چندبعدی است که وابستگی‌های بین طبیعت، اجتماع و سیستم‌های زیستی را در نظر بگیرد. توسعه پایدار در منابع آب به ترتیب زیر عمل می‌کند:

- شامل سیاست‌ها، برنامه‌ها و فعالیت‌هایی است که برابری و مساوات در دسترسی به آب را بهبود می‌بخشد.
- قبل از اینکه رفتار اکوسیستم به طور پیش‌بینی نشده تغییر کند، حدود و مرزهای مصرف آب را شناسایی کرده و تشخیص می‌دهد.
- شاخص‌هایی در سطوح مختلف تصمیم‌گیری چون جهانی، ملی، منطقه‌ای و محلی را ارزیابی می‌کند.
- مدیران را به چالش فرا می‌خواند تا آینده را در نظر بگیرند و به طور کامل اثرات تصمیم‌های امروز خود را بر روی زندگی و معیشت نسل‌های آینده و همین‌طور اکوسیستم‌های طبیعی که با آن در ارتباط خواهند بود، را درک کرده و مورد ارزیابی قرار دهند.
- برای ارزیابی اینکه پیشرفت‌های صورت گرفته تا چه حد در راستای توسعه پایدار می‌باشد باید دید پیشرفت‌های صورت گرفته تا چه حد به نکات زیر توجه می‌کنند:
 - درک "وضعیت" سیستم زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی و جهت و سرعت تغییرات آنها
 - فهم روابط متقابل میان اجزا مختلف سیستم‌ها
 - بازتاب اثرات مثبت و منفی فعالیت‌های انسان بر روی مردم و اکوسیستم‌ها
 - ارزیابی برابری‌ها و اختلافات موجود در شرایط فعلی و نیز میان نسل‌های حال و آینده
- با توجه به ملزومات و معیارهای توسعه پایدار، مجموعه‌ای از محدودیت‌ها و زیرمحدودیت‌های اولیه، گروه شاخص‌ها و فهرستی از شاخص‌های موجود در هر گروه در ارتباط با مدیریت منابع آب ارائه شده است:
 - ✓ معیارهای اکوسیستم ۱: توانایی تامین آب با کیفیت و کمیت مناسب برای حفظ و نگهداری اکوسیستم‌ها:
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های کمی آب

¹ State

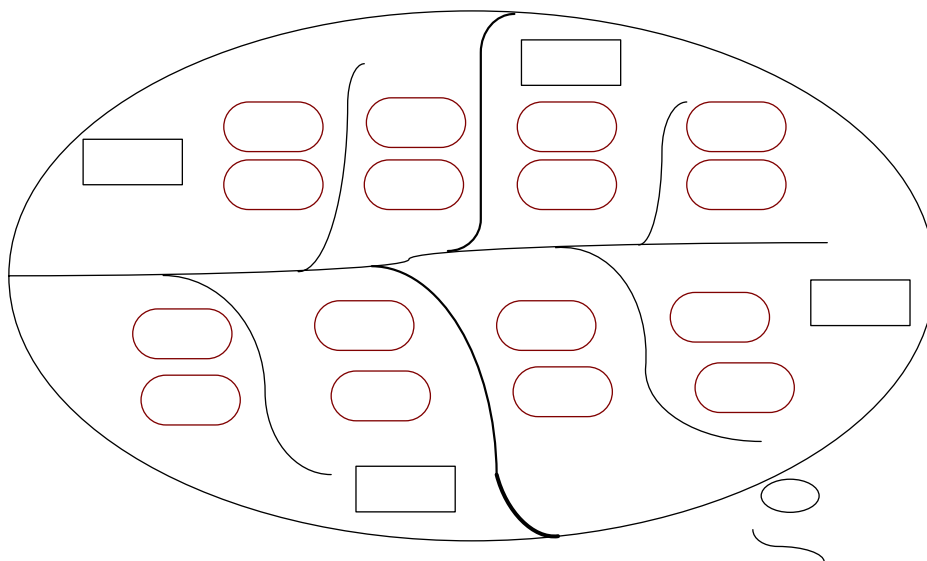
- شاخص‌های کیفی آب
- شاخص‌های زیرساخت‌های انسانی
- ✓ معیارهای اکوسیستم ۲: کمال اکوسیستم‌ها
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های کمی آب
 - شاخص‌های کیفی آب
 - شاخص‌های مصرف آب
 - شاخص‌های بیولوژیکی
 - شاخص‌های منظر و مرایا
- ✓ معیارهای اجتماعی ۱: جامعه به نحو مطلوب از مصرف منابع آب منتفع گردد
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های سلامت انسان
 - شاخص‌های مصرف آب
 - شاخص‌های بازیافت
 - شاخص‌های زیرساخت‌های انسانی
- ✓ معیارهای اجتماعی ۲: جامعه به نحو مطلوب از مصرف منابع اکولوژیکی مرتبط با آب منتفع گردد
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های فرهنگ محلی منطقه
 - شاخص‌های بازیافت
- ✓ معیارهای اجتماعی ۳: ظرفیت‌های قانونی، سازمانی، ارتباطی و تکنیکی برای مدیریت منابع آب و منابع مرتبط زمینی برای پایداری
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های قانونی
 - شاخص‌های سازمانی
 - شاخص‌های زیرساخت‌های انسانی
- ✓ معیارهای اقتصادی ۱: ظرفیت تامین آب با کمیت و کیفیت مناسب برای مصارف انسانی
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های مصرف آب
 - شاخص‌های زیرساخت‌های انسانی
 - شاخص‌های حفظ آب
- ✓ معیارهای اقتصادی ۲: بهره‌مندی مطلوب اقتصادی از مصرف منابع آب و خاک
 - گروه شاخص‌ها:
 - شاخص‌های ارزش اقتصادی
 - شاخص‌های بازیافت

▪ شاخص‌های مخاطرات آب

نیاز به تعریف شاخص‌هایی نیز جهت بهره‌وری مطلوب اقتصادی از مصرف منابع اکولوژیکی مرتبط با آب است که بررسی‌های دقیقی انجام نشده است. با توجه به معیارها و گروه‌های شاخص مختلف تعریف شده در ارتباط با مدیریت منابع آب، باید بتوان به نحوی این شاخص‌ها را با یکدیگر ترکیب نموده و به شاخص‌هایی جامع در سیستم مدیریت منابع دست پیدا کرد.

۲- ساختار مدیریت توسعه پایدار در حوزه آبریز

مرزهای سیستم محیط‌زیست حوزه آبریز رودخانه بر اساس خصوصیات حوزه تعیین می‌شوند. حوزه‌های آبریز با توجه خصوصیات توپوگرافی حوزه، به بخش‌های مختلف زهکشی تقسیم می‌شوند. در شکل ۱ دیاگرام شماتیک تقسیم سیستم حوزه رودخانه، برای مدیریت پایدار کاربری اراضی نمایش داده شده است. رودخانه دارای یک شاخه اصلی و تعدادی شاخه فرعی شامل شاخه‌های طبیعی، انشعابات طبیعی و نیز تخلیه‌کننده‌های مصنوعی است. برای شبیه‌سازی کیفی رودخانه، می‌توان آن را در نقاط همگرایی شاخه‌ها به بازه‌های مختلف تقسیم کرد. ساختار هر منطقه زهکشی با استفاده از خصوصیات اولیه حوزه تعیین می‌شود.



شکل ۱: دیاگرام شماتیک سیستم برای مدیریت پایدار کاربری اراضی حوزه آبریز (Chen et al., 2005)

در این دیاگرام تاکید بر روی مقدار منابع آب، کیفیت آب رودخانه و کیفیت هوا که تحت تاثیر فعالیت‌های انسان هستند، می‌باشد و از اثرات سطوح بالای مدیریتی در کاربری اراضی صرف نظر می‌شود. بنابراین، بر مبنای تفکر سیستماتیک، اجزا اصلی که در این بررسی تعیین می‌شوند عبارتند از: فعالیت‌های انسانی، منابع زمین، منابع آب و منابع هوا. فعالیت‌های انسانی را می‌توان به ۶ دسته مختلف تقسیم کرد: خانگی، صنعتی، شالی‌کاری، کشاورزی، جنگل و مراتع و سایر فعالیت‌ها. خصوصیات منابع زمین شامل مساحت، نوع کاربری بوده و به ۶ دسته مشابه فعالیت‌های انسانی تقسیم می‌شود. مشخصات منابع آب شامل کیفیت و کمیت آب بوده و مشخصه منابع هوا تنها کیفیت آن می‌باشد.

در مدیریت پایدار کاربری اراضی حوزه آبریز و آبخیزداری به طور همزمان و مکرر، اندرکنش‌های پویایی میان اجزا مختلف سیستم اتفاق می‌افتند. بر مبنای روابط علی و معلولی میان نیروهای محرک، حالت، پاسخ و روابط پویای

موجود میان اجزا، می‌توان جزئیات و روند آنالیز سیستمی برای توسعه برنامه‌ریزی استراتژیک پویا¹ DSR برای مدیریت پایدار کاربری اراضی در حوزه آبریز و آبخیزداری را توسعه داد. از آنجا که میان فعالیت‌های انسانی، منابع آب، هوا و زمین برای مدیریت کاربری اراضی اندرکنش‌های پویا DSR وجود دارد، چارچوب DSR و تئوری پویایی‌های سیستم برای توصیف روابط علت و معلولی به کار برده می‌شوند. پویایی‌های سیستم درک پیچیدگی‌های سیستم را تسهیل نموده و از آن برای تجزیه و تحلیل رفتار اجزای سیستم استفاده می‌شود. توانایی این علم به حدی است که می‌توان با بهره‌گیری از آن مسائل ساده و پیچیده را مدل‌سازی کرد و تغییر ناشی از تعامل متغیرها و شناسایی رفتار آتی آنها را در دوره‌های زمانی مختلف مورد بررسی قرار داد. امروزه با گسترش دانش بشری در ارتباط با عوامل تعیین‌کننده محدودیت‌های سیستم، استفاده از مدل‌های نوین شبیه‌سازی و در نظر گرفتن سیاست‌هایی چون تخصیص مجدد منابع، استفاده مجدد از آب، سهم‌بندی بار آلاینده‌ها و استفاده از سیاست‌های مدیریتی در جهت کاهش میزان تقاضا و کاهش آلودگی در حوزه آبخیز، امکان مدیریت حوزه آبریز با در نظر گرفتن پویایی‌های سیستم فراهم شده است. کارآموز (۱۳۸۴) از یک مدل شبیه‌سازی رفع اختلاف در مدیریت کیفی سیستم رودخانه کرخه استفاده نمود. این مدل با استفاده از فرآیند چانه‌زنی مرحله‌ای و بر اساس نگرش پویایی سیستم، تغییرات زمانی و مکانی غلظت کل جامدات محلول در سیستم را با توجه به سیاست‌های کیفی مختلف حوزه آبریز شبیه‌سازی می‌کند. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده تاثیر قابل توجه رویکرد پویایی‌های سیستم در تخصیص آب و سهم آلودگی بوده است. مدل‌های شبیه‌سازی شی‌گرا از آخرین دستاوردهای توسعه مدل‌های شبیه‌سازی هستند که توانایی مدل‌سازی پویایی‌های سیستم و منحنی‌های مختلف رشد سیستم را دارا می‌باشند. این روش امکان شبیه‌سازی واقعی‌تر از سیستم را با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی مولفه‌های مختلف آن فراهم می‌کند و از این طریق دریچه جدیدی را در مسائل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی کیفی منابع آب می‌گشاید. قابلیت‌های گرافیکی مدل‌های شی‌گرا، امکان ارائه نتایج گزینه‌های مختلف در طرح‌های توسعه بهره‌برداری از منابع آب را به تصمیم‌گیرندگان به نحوی بسیار مؤثرتر فراهم می‌کند.

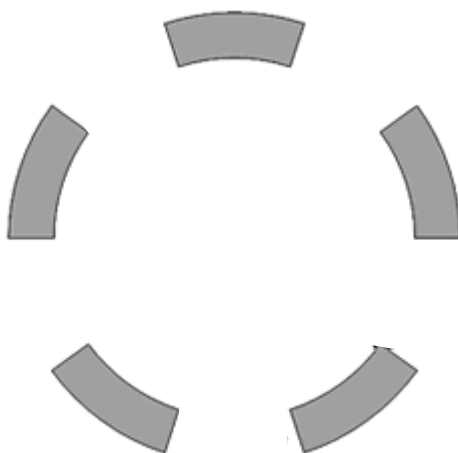
حوزه‌های آبریز به مانند واحدهای سازمانی هستند که در آنها واحدهای فضای سبز با مرزهای کاملاً مشخص با خواص زمین‌شناسی، آبی و خاک منطقه به سهولت قابل شناسایی هستند. رویکرد حوزه‌ای در مطالعات کیفی کمک می‌کند تا به بهترین توازن جهت کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای و رواناب‌های آلوده به همراه محافظت از منابع آب آشامیدنی و منابع حساس زیست محیطی نظیر برکه‌ها بنماید. چهار خصوصیت اصلی رویکرد حوزه‌ای عبارتند از:

- شناسایی و اولویت‌بندی مسائل کیفیت آب در حوزه آبریز
- توسعه و افزایش مشارکت عمومی
- انجام فعالیت‌های هماهنگی با سازمان‌ها و ارگان‌ها
- سنجش میزان تاثیر اقدامات و راهکارها با افزایش تعداد و کارایی عملیات پایش و داده‌های جمع‌آوری شده

از دیگر خصوصیات رویکرد حوزه‌ای تکمیل و هماهنگی کلیه فعالیت‌های زیست محیطی در حوزه آبریز می‌باشد. این مساله به هماهنگی بیشتر گروه‌های غیر دولتی و مسئولین محلی و دیگر سازمان‌های استانی و کشوری در تقسیم وظایف و مسئولیت‌ها در انجام اقدامات کنترلی کمک شایانی می‌نماید. مولفه‌های اصلی دیدگاه حوزه‌ای در مدیریت کیفی منابع آب (نشان داده شده در شکل ۲) به شرح زیر است:

¹ Driving force–state–response

- برنامه‌ریزی: تعیین واحد برنامه‌ریزی حوزه و شناسایی تاثیرپذیران و شناسایی منابع
- جمع‌آوری داده: جمع‌آوری داده‌های کمی و کیفی در زمان و مکان خاص
- ارزیابی و هدف‌یابی: مقایسه شرایط کیفی فعلی با استانداردهای جهانی و منطقه‌ای
- تدوین سیاست: تدوین اهداف و سیاست‌هایی برای نگهداری و رسیدن به استانداردهای کیفی آب و تامین نیاز در شرایط آتی
- اجرا: اجرای اهداف و سیاست‌هایی از جمله مجوزها، بهترین فعالیت‌های مدیریتی و آموزش



شکل ۲: مولفه‌های مختلف مدیریت کیفیت حوزه آبریز

واحد برنامه‌ریزی حوزه متاثر از نقش تاثیرپذیران در کلیه مراحل مدیریت حوزه آبریز و آبخیزداری است. هرچند اغلب واحد حوزه بر اساس مرزهای جغرافیایی تعیین می‌شود، اما در نهایت بر اساس صلاحیت دولت‌ها برای سازمان متولی مدیریت حوزه آبریز مشخص می‌شوند. اندازه واحد حوزه معمولاً بر اساس تاثیر سطوح غیرقابل نفوذ بر اثر رشد شهرها و کانون مدیریت از طراحی در منطقه خاص تا برنامه‌ریزی کل حوزه آبریز رودخانه انجام می‌شود. جدول ۱ نشان‌دهنده تقسیم‌بندی واحد حوزه بر اساس مساحت، سطوح غیرقابل نفوذ و ملاحظات مدیریتی می‌باشد.

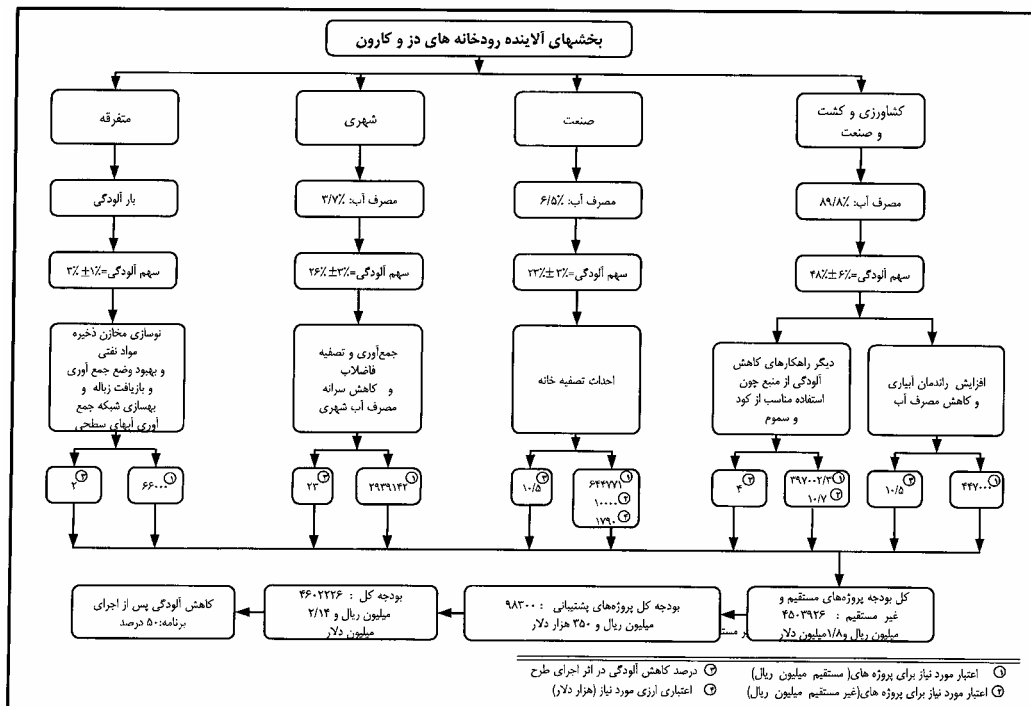
جدول ۱: تقسیم‌بندی واحد حوزه آبریز

واحد حوزه	سطح (کیلومتر مربع)	سطوح غیرقابل نفوذ	ملاحظات مدیریتی
Catchment	۰/۱۳-۱/۳	خیلی سخت	بهترین اقدامات مدیریتی
Subwatershed	۲/۶-۲۶	سخت	طبقه‌بندی و مدیریت رودخانه
Watershed	۲۶-۲۶۰	متوسط	ناحیه‌بندی حوزه
Subbasin	۲۶۰-۲۶۰۰	ضعیف	برنامه‌ریزی حوزه آبریز
Basin	۲۶۰۰-۲۶۰۰۰	خیلی ضعیف	برنامه‌ریزی حوزه آبریز

شناسایی مشکلات کمی و کیفی موجود در سیستم منابع آب (مولفه‌های سیستم، اثرات متقابل و تعامل بین آن‌ها)، طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های نمونه‌برداری و پایش در زمینه بهبود داده‌های کمی و کیفی و همچنین طرح‌های جامع توسعه منابع آب و کاهش آلودگی به عنوان یکی از ابزارهای ایجاد پایداری در امر توسعه و بهره‌برداری از منابع آب در سطح حوزه آبریز و آبخیزداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در ادامه ضمن پرداختن به اثرات طرح‌های کاهش آلودگی در مدیریت کیفی منابع آب حوزه آبریز، نگرش جدید در سهم‌بندی بار آلاینده‌ها و سیاست‌های تجارت کیفی آب و نحوه برخورد با آن، همچنین چالش‌ها و فرصت‌ها در جهت مدل سازی کیفی منابع آلاینده حوزه آبخیز ارائه شده است.

۲- طرح‌های جامع کاهش آلودگی

شناسایی مشکلات کمی و کیفی موجود در سیستم منابع آب مورد مطالعه، اولین گام در تدوین طراحی ساختار طرح‌های جامع کاهش آلودگی می‌باشد. برای این منظور لازم است مولفه‌های سیستم، اثرات متقابل و تعامل بین آن‌ها شناسایی شوند. بهبود نحوه استفاده از داده‌ها و اطلاعات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست‌محیطی در تمامی سطوح مدیریتی و تصمیم‌گیری که تأثیر مستقیمی در اثربخشی طرح‌های جامع کنترل و کاهش آلودگی دارند نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های نمونه‌برداری و پایش نیز در دو زمینه بهبود داده‌های کمی و کیفی لازم برای مدل‌سازی سیستم و ارزشیابی پروژه‌های کاهش آلودگی در دستیابی به اهداف طرح جامع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. به عبارت دیگر این سیستم‌ها اطلاعات لازم از متغیرهای شاخصی را ارائه می‌دهند که تغییرات وضعیت کمی و کیفی سیستم را نشان می‌دهند. در طرح جامع کاهش آلودگی آب رودخانه کارون پس از بررسی وضعیت موجود کمی و کیفی رودخانه مجموعه‌ای هماهنگ از راهکارهای اجرایی و مطالعاتی چون پروژه‌های کنترل آلودگی از مبدأ، رفتارسنجی، ظرفیت‌سازی، آموزش و مشارکت مردمی و پایش و نمونه‌برداری را مورد توجه قرار داده‌اند. در طرح‌های جامع کاهش آلودگی منابع آب تعیین سهم بخش‌های آلاینده اصلی برای تعریف پروژه‌ها و راهکارهای کاهش آلودگی و تخصیص اعتبارات کاهش و کنترل آلودگی به این بخش‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پس از تعیین برنامه زمان‌بندی اجرای پروژه‌های کاهش آلودگی، اعتبارات مورد نیاز برای سال‌های اجرای طرح نیز با مشارکت سازمان‌ها و بخش‌های پیشنهاد دهنده آنها برآورد شده است. شکل ۳ کلیات یافته‌های این طرح و مجموع اعتبارات ریالی و ارزی مورد نیاز در یک افق ۱۰ ساله را ارائه می‌دهد. بخش‌های آلاینده اصلی بر پایه مشخصات منابع آلاینده منطقه تعیین می‌گردند ولی به عنوان یک تقسیم بندی کلی می‌توان منابع آلاینده اصلی را به صورت منابع آلاینده شهری و روستایی، منابع آلاینده صنعتی، منابع آلاینده کشاورزی، کشت و صنعت و منابع آلاینده متفرقه تقسیم بندی کرد. پس از شناسایی وضعیت موجود برای کاهش بار آلودگی رودخانه و تعیین دقیق اهداف طرح جامع، مهمترین بخش تدوین طرح جامع کاهش آلودگی که تعریف مجموعه‌ای هماهنگ از پروژه‌های کاهش آلودگی می‌باشد، آغاز می‌گردد. راهکارهای کاهش آلودگی انتخاب شده، بسته به نحوه اثربخشی آن‌ها، به سه گروه پروژه‌های مستقیم، غیرمستقیم و پشتیبانی تقسیم‌بندی می‌شوند. پروژه‌های کاهش آلودگی مستقیم و غیرمستقیم از روش‌های مختلفی نظیر کاهش حجم فاضلاب و پساب تخلیه شده به منابع آب، بهبود یا تغییر کیفیت آلودگی‌های ورودی و کاهش آب مصرفی و به تبع آن کاهش آلاینده‌های تولیدی در کاهش آلودگی منابع آب موثر هستند.



شکل ۳: کلیات یافته‌های مطالعات تدوین طرح‌های جامع کاهش آلودگی سیستم‌های رودخانه‌ای

(کارآموز، ۱۳۸۱)

۳- نگرش جدید سهم‌بندی بار آلاینده‌ها

در مدیریت کیفی حوزه آبریز با برقراری رابطه بین اهداف کیفی منابع آب و بارهای آلاینده، تخمین میزان تجاوز بارهای آلاینده از مقادیر مجاز و میزان کاهش مورد نیاز آلاینده‌ها تا تحقق استانداردهای کیفیت آب امکان‌پذیر می‌شود. هدف از سهم‌بندی بارهای آلاینده، تقسیم منطقی بارهای مجاز بین منابع مختلف است، به طوری که از لحاظ فنی نیز عملی باشد. طرح سهم‌بندی TMDL بایستی نشان‌دهنده تحقق استانداردهای کیفیت آب و کاهش بار کیفی در حد قابل قبول فنی باشد. در نهایت، استراتژی‌های سهم‌بندی به عنوان پایه‌ای برای اجرا و پایش طرح مورد استفاده قرار می‌گیرند. تشخیص ارتباط بین بارهای آلاینده و شرایط توده آبی، پایه‌ای برای ارزیابی گزینه‌های مختلف استراتژی‌های سهم‌بندی می‌باشد. در تعیین بهترین استراتژی موثر در سهم‌بندی بارهای آلاینده، به عواملی نظیر امکان اجرا از نظر فنی و برنامه‌ریزی مقرون به صرفه بودن، سهم نسبی منابع، برقراری عدالت و امکان اجرایی توجه می‌شود. سهم‌بندی‌ها توزیع الزامات کنترلی بین منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای مختلف را ایجاب می‌کند. روش‌های مختلفی در سهم‌بندی بارهای آلاینده قابل استفاده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- درصد حذف مساوی (درصد مساوی تصفیه)
- غلظت‌های مساوی
- جرم کل مساوی در واحد زمان (روز، ماه یا سال)

- کاهش مساوی در بار خام
- میانگین سالانه مساوی کیفیت
- هزینه مساوی به ازای واحد حذف آلاینده
- درصد حذف معادل با بار خام در واحد زمان
- درصدهای حذف بیشتر برای تخلیه‌کننده‌هایی که سهم بیشتری دارند
- محدودیت‌های فصلی بر اساس تحلیل هزینه
- حداقل هزینه کل تصفیه

امروزه نگرش‌ها و شیوه‌های جدیدی در تسهیم بارهای آلاینده در چارچوب مدیریت جامع حوزه آبریز و آبخیزداری وجود دارد. مدیریت حوزه رزای دید جامعی نسبت به کنترل آلودگی آب ناشی از رواناب‌های آلوده و منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای آلودگی دارد. روبرکرد حوزه‌ای نیاز به انتخاب یا تعریف اندازه حوزه دارد و فعالیت آن با ارزیابی جامع کیفیت آب موجود در حوزه آغاز می‌گردد. پس از تشخیص و اثبات آلودگی آب، برنامه‌ریزی‌هایی جهت ایجاد سیاست‌های موفق تشخیص و اصلاح آلودگی آب در حوزه انجام می‌گردد. این مراحل می‌تواند در تسهیم بارهای آلاینده جهت احیای منابع آلوده آب تا برآوردن استانداردها، استفاده شوند. استانداردهای کیفی آب، ترکیبی از کاربری‌های مختلف نظیر آب شرب، مصارف تفریحی، حیات آبی و معیارهای کیفیت آب به منظور حفاظت از این کاربری‌ها می‌باشند.

۳-۱- سیستم ملی حذف تخلیه آلاینده (NPDES)- رویکرد حوزه‌ای

این روش در آمریکا اجرا می‌گردد و فرایندی است که در آن به جای تکیه بر روش تعیین منابع منفرد نقطه‌ای، بر شناسایی تمامی منابع تولید آلاینده در حوزه آبریز هیدرولوژیکی تکیه می‌شود. این فرآیند می‌تواند انواع مختلف فعالیت‌های از صدور هم زمان مجوزها در حوزه تا ایجاد محدودیتهای کیفیت آب خروجی و تحلیل و مدل‌سازی چندین تخلیه‌کننده را شامل شود. نوع و نحوه صدور مجوز، بر اساس مشخصه‌های منحصر به فرد حوزه آبریز و منابع آلودگی موثر بر آن متغیر است. هدف نهایی این فعالیت ایجاد، توسعه و گسترش مجوزهای NPDES می‌باشد تا از تمام حوزه به خوبی حفاظت گردد. سیاست‌های معامله کیفیت آب EPA و مالیات تخلیه، روشهای قابل انعطافی جهت تامین ملزومات کیفی آب ارائه می‌کنند.

۳-۲- سیاست معامله کیفیت آب یا انتقال و مبادله مجوز

قانون آب پاک ایالات متحده آمریکا (CWA) در سال ۱۹۷۲ به منظور حفظ و احیای سلامت منابع آب ملی از نظر شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی تدوین و تصویب گردید. این قانون بستری جهت کنترل و کاهش تخلیه آلاینده‌ها و اهدافی کوتاه مدت برای برقراری کاربری‌های کنترل منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای تا حصول اهداف قانون ایجاد کنگره نیز مسئولیتها و حقوق ایالتها در حفظ، کاهش و حذف آلودگیها تصویب گردید. کاربرد فن‌آوری و الزامات کیفی آبی در مجوزهای NPDES، در موفقیت اجرای طرح‌های کنترل آلودگی منابع نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای احیای منابع آب غیر قابل اجتناب است. علیرغم تمامی این تمهیدات، حدود ۴۰ درصد رودخانه‌ها و ۵۰ درصد دریاچه‌های که در آمریکا مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند، هنوز استانداردهای کاربری تعریف شده خود را بر آورده نمی‌سازد.

منابع آلودگی؛ نظیر سیلاب‌های شهری، رواناب‌های کشاورزی و ورود مواد از اتمسفر، منابع آب را در معرض خطر قرار داده‌اند. بارهای مواد مغذی و رسوب ناشی از رواناب‌های کشاورزی و سیلابها عوامل اصلی دخیل در مشکلات کیفی آب می‌باشند. توسعه اقتصادی و رشد جمعیت با افزایش فشار بر محیط زیست، دسترسی و حفظ استانداردهای کیفیت آب را با مشکل مواجه می‌سازد. یافتن راه‌حلهای برای این مسائل پیچیده کیفی آب، نیازمند نوآوری‌هایی هم‌زمان با اجرای برنامه اصلی است. معامله کیفیت آب، روشی است که کارایی بالایی در حصول اهداف کیفی آب با رویکرد حوزه‌ای دارد. بر اساس، یک منبع تولیدکننده آلودگی اجازه می‌یابد کاهش آلودگی مورد تعهد خود را با کاهش آلودگی منابع دیگر که هزینه کمتری دارند، انجام دهد. معامله کیفیت آب، در حقیقت به صورت صرفه‌جویی در هزینه‌ها و کنترل اختلاف هزینه‌ها در بین منابع آب تولید قابل تغییر است. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا بر این اعتقاد است که روش‌های مبتنی بر داد و ستد، نظیر معامله کیفیت آب، انعطاف بیشتری داشته و توان کافی جهت رسیدن به کیفیت مناسب آب و منافع زیست محیطی با هزینه‌های کمتر از روش‌های معمول و سنتی را دارند. از این رو، برنامه‌های مبتنی بر داد و ستد، می‌توانند روش‌های مقرون به صرفه‌تری در بر آوردن اهداف کیفیت آب باشند.

رویکرد تجارت بار آلودگی، نگرشی نو در مدیریت زیست محیطی حوزه آبریز و آبخیزداری با دیدگاه اقتصادی می‌باشد که طی آن منابع آلوده‌کننده با هزینه کنترل آلودگی زیاد سعی دارند مجوز تخلیه بار آلودگی را از منابع آلاینده با هزینه کنترل آلودگی پایین‌تر به عنوان یک کالا خریداری کنند به شکلی ضمن حفظ اهداف از پیش تعیین شده زیست محیطی، هر دو عامل خریدار و فروشنده سود ببرند و هزینه کل کنترل آلودگی نیز کاهش یابد. روش‌های تجارت مجوز آلودگی قابل انتقال¹ TDP و یا تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی، روش‌هایی برای کنترل آلودگی و مدیریت زیست محیطی می‌باشند که با دیدگاه اقتصادی همراه شده‌اند. در تجارت آلودگی در یک حوزه آبریز، یک منبع تولیدکننده آلاینده، به جای اعمال کنترل‌های شدیدتر بر تاسیسات خود، کاهش تخلیه آن آلاینده از دیگر منابع موجود در همان حوزه آبریز خریداری می‌کند. تجارت آلودگی در مواردی توجیه‌پذیر است که بین هزینه‌های حاشیه‌ای کنترل بیشتر در منابع مختلف سهم در آلودگی تفاوت قابل توجهی وجود داشته باشد. با صدور مجوزهایی برای آلوده‌کننده‌های منفرد، اجازه خرید و فروش مجوزها صادر می‌شود. این روش راهکاری عملی برای حل مشکلات در سیستم‌های پیچیده نظیر دریاچه‌ها ارائه می‌دهد. هر چند در مورد سیستم‌های گسترده‌تر نظیر رودخانه‌ها، با توجه به تغییر کیفیت با مکان، با چنین روشی نیز می‌توان انتظار تخطی از استانداردها را داشت.

۳-۳- مالیات تخلیه

در این نگرش، نرخ سرانه‌ای از مالیات برای کمیت خاصی از هر بارگذاری وجود دارد. این مالیات‌ها طوری تدوین می‌شوند که برای واحد آلوده‌کننده، کنترل اقتصادی‌تر از پرداخت مالیات باشد. در عین حال اگر یک واحد آلوده‌کننده تصمیم گرفت که مالیات پردازد و بارگذاری آلودگی داشته باشد، ایرادی به وی گرفته نمی‌شود. مالیات بارگذاری همراه با هر یک از استانداردهای تخلیه یا کیفیت نیز پیشنهاد شده است. اگر واحد آلوده‌کننده به میزان بیشتر از این استانداردها کنترل صورت داد، پاداش مالیاتی برای آن لحاظ می‌شود و بنابراین انگیزه‌ای اقتصادی برای بهبود مستمر کیفیت آب رودخانه وجود خواهد داشت. مالیات بارگذاری یکی از چند روش فراهم کردن انگیزه اقتصادی است و دیگر روش‌های تخفیف مالیات، وام با بهره کمتر و یارانه‌های مستقیم برای دستگاه‌های کنترل

¹ Tradable Discharge Permit

می‌باشد. در این نگرش عملاً منابع زیست محیطی ملک عمومی در نظر گرفته می‌شود که برای استفاده از آن باید اجاره پرداخت شود و بارگذاری بیش از توان خودپالایی بر آن تحمیل نشود.

۴- چالش‌ها و فرصت‌ها در استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی در مدیریت منابع آب

یکی از ارکان اساسی مدیریت منابع آب در شرایط فعلی استفاده بهینه از منابع موجود می‌باشد. به منظور در نظر گرفتن ابعاد و پیچیدگی‌های متنوع و متفاوت سیستم‌های منابع آب، امروزه مدیران و برنامه‌ریزان جهت رسیدن به تصمیمات بهینه، به استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی به عنوان یک ابزار کارآمد رو آورده‌اند. انواع مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی تکاملی، قطعی و غیرقطعی، استاتیک و دینامیک و خطی و غیرخطی در جنبه‌های مختلف مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. گسترش دانش بشر، ایجاد ابزارهای نوین، تغییر نگرش مکانیکی به نگرش هولستیک و اکولوژیکی، نگرش‌های نوین به بهره‌برداری و بهره‌وری با در نظر گرفتن ابعاد اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی با نگرش مشترک (Shared Vision Planning) و مدیریت مبتنی بر بازخور فرصت‌های جدیدی را برای تصمیم‌گیری بهتر در توسعه و برنامه‌ریزی منابع آب حوزه آبخیز، فراهم ساخته است. در سالهای اخیر ارزیابی بر مبنای حوزه و آنالیز جامع آلاینده‌های نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای مورد توجه برنامه‌ریزان دولتی قرار گرفته است. انتقال، کنترل و پاسخ محیط زیست به تخلیه آلاینده‌ها می‌باشد. مدل‌سازی جهت ارزیابی طیف وسیعتری از فرآیند تولید آلودگی، اهداف مدیریتی نظیر شناسایی و اولویت بندی آلاینده‌ها پیش‌بینی و تخمین پاسخ منبع آبی به سیاست‌های کنترل مواد آلاینده و ارزیابی درازمدت پاسخ سیستم حوزه به اقدامات مدیریتی با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی امکان پذیر است. مدل‌های شبیه‌سازی حوزه آبریز عمدتاً در تخمین بار آلودگی کاربرد زیادی دارند و از لحاظ سطح پیچیدگی مدل انواع مختلفی دارند. یکی از مدل‌های شبیه‌ساز حوزه آبریز مدل SWAT می‌باشد.

۴-۱- مدل SWAT، مدل شبیه‌ساز حوزه آبریز

کلمه^۱ SWAT معادلی برای عبارت ابزار ارزیابی آب و خاک به وسیله روابط آب - خاک (Soil and Water Assessment tool) می‌باشد. این مدل در مقیاس حوزه آبریز یا حوزه رودخانه توسط Dr. Jeff arnold برای سازمان تحقیقات کشاورزی آمریکا (USDA) تدوین گردید. SWAT (Arnold et al., 1998) نرم افزار شبیه‌سازی پیوسته در زمان و نیمه توزیع شده برای اجرا در مرحله زمانی روزانه است. این نرم افزار برای ارزیابی اثر مدیریت و اقلیم بر منابع آب رسوب، بازده‌های شیمیایی و کشاورزی در حوزه‌های آبریز و حوزه‌های رودخانه‌های بزرگ بکار می‌رود. مدل بر مبنای نیمه فیزیکی است و بیشتر از آنکه به کمک معادلات رگرسیون همبسته که روابط بین متغیرهای ورودی و خروجی را توضیح می‌دهد، این مدل به اطلاعات ویژه‌ای درباره آب و هوا، خصوصیات خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و تدابیر مدیریت زمین رخداده در حوزه نیاز دارد و این پروسه‌های فیزیکی با حرکت و جابجایی رسوب و چرخه‌های مغذی مدل می‌شوند. این برنامه توسط ارتباطی با

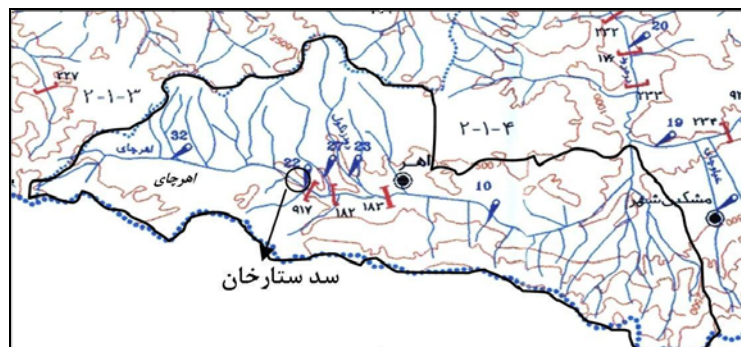
^۱ Soil and Water Assessment tool

Arctview به صورت ASWAT حمایت شده است که برای تعیین موارد ذخیره و آینده به خوبی داده‌های جدولی و مکانی بکار می‌رود.

در این برنامه‌ها، حوزه آبریز به تعدادی زیر حوزه (Subbasin) تفکیک می‌شود و سپس هر زیر حوزه به تعدادی بخش پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) جزء بندی می‌گردد. چرخه‌های مغذی، بازده رسوب، رشد محصول، راهکارهای مدیریتی، رواناب سطحی و درصد رطوبت آب موجود در خاک برای هر HRU با مقداری برابر در آن شبیه سازی می‌گردد و سپس بوسیله میانگین وزن برای هر زیر حوزه جمع بندی می‌شود. خصوصیات فیزیکی مثل شیب، ابعاد دسترسی و داده‌های اقلیمی برای هر زیر حوزه مشخص شده و برای اقلیم هر بخش SWAT از داده‌های نزدیک ترین ایستگاه به مرکز هر کدام از زیر حوزه‌ها استفاده می‌کند (Abaspour et al, 2007) با توجه به اینکه نقشه‌های دیجیتال ارتفاعی (DEM) جزء ورودی‌های مدل هستند کیفیت آنها تأثیر بسیاری بر نتایج مدلسازی SWAT دارد. فرسایش، شکست هیدرولوژیکی، سیلاب، بیابان زایی، شوری آب زیرزمینی آلودگی آب و کاهش آبهای آشامیدنی از مشکلاتی هستند که نیاز به ابزار شبیه سازی آب-خاک را محسوس نموده اند و به کمک این مدل انعطاف پذیر و پیوسته در زمان می‌توان تغییرات زیست محیطی را مدل کرد. در این بخش نمونه‌ای از کاربرد مدل SWAT را در یک مطالعه موردی واقعی بررسی آورده شده است.

• مطالعه موردی

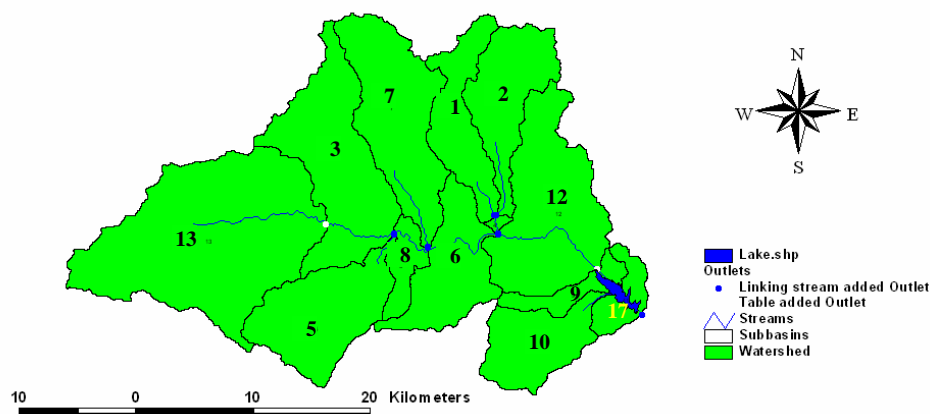
حوزه آبریز اهرچای از زیرحوزه‌های رودخانه ارس واقع در شمال غرب ایران می‌باشد. این حوزه بین مختصات جغرافیایی $38^{\circ} 20'$ تا $38^{\circ} 45'$ عرض شمالی و $46^{\circ} 30'$ تا $47^{\circ} 40'$ طول شرقی واقع شده است. در شکل ۴ موقعیت حوزه آبریز رودخانه مورد مطالعه و سد ستارخان نشان داده شده است. وسعت این حوزه که از غرب به شرق گسترده شده، ۲۲۳۲ کیلومترمربع و حداکثر و حداقل ارتفاع ۱۸۰۰ و ۱۲۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط میزان بارش ۳۲۰ میلیمتر می‌باشد.



شکل ۴: موقعیت حوزه اهرچای و سد ستارخان

در این حوزه آبریز به دلیل عدم اجرای برنامه‌های آبخیزداری و کنترل مواد آلاینده در سطح حوزه که عمده‌ترین این آلاینده‌ها شامل پساب شهر و روستاها و فضولات دامی می‌باشد، کیفیت آب مخزن کاهش یافته است و یکی از اهداف مهم طرح که تامین آب شهرستان اهر است را با چالش جدی مواجه روبرو ساخته است. پدیده تغذیه‌گرایی یکی از اثرات زیست محیطی احداث سدها در کاهش کیفیت آب و ایجاد شرایط نامطلوب اکوسیستمی می‌باشد.

تغذیه گرابی به معنای رسیدن مواد مغذی به رسوبات و پیکره آب مخزن یا دریاچه و به تبع آن رشد بی‌رویه گیاهان آبی تا حدی است که کیفیت آب مخزن را کاهش داده و اکوسیستم آبی و حیات جانداران را به مخاطره می‌اندازد. رشد و توسعه شهر نشینی و گسترش صنایع و کشاورزی و دامپروری در محدوده حوزه آبریز به همراه شرایط فیزیکی مخازن و اقلیم منطقه، روند تغذیه‌گرایی مخازن را به شدت تحت تاثیر قرار داده و اهداف اقتصادی احداث سدها را با اختلال مواجه می‌نماید. غالباً ایجاد یک سد ممکن است به پیشرفت و توسعه شهرنشینی، کشاورزی و صنعت در بالادست سد منجر گردد، از این‌رو این امر خود به افزایش فضولات کشاورزی، شهری و صنعتی کمک نموده و در نهایت این مواد در حوزه آبریز پخش و به دریاچه سدها تخلیه می‌شوند. جهت تدوین یک برنامه جامع مدیریت کیفی در سطح حوزه آبریز و اجرای اقدامات آبخیزداری با هدف تامین حداقل کیفیت آب خام مورد نیاز در تصفیه‌خانه آب شهر اهر، مدل شبیه‌سازی حوزه آبریز SWAT تدوین و توسعه گردیده است.

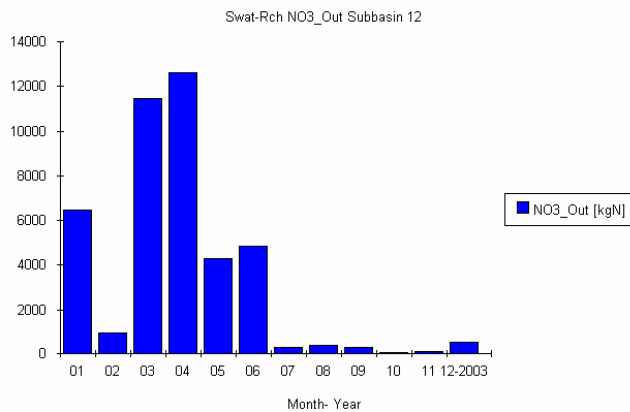


شکل ۵: تقسیم بندی حوزه آبریز به زیر حوزه‌ها در مدل شبیه‌سازی SWAT

داده‌های ورودی مدل شبیه‌سازی حوزه آبریز به شرح زیر می‌باشند:

- نقشه مدل رقوم ارتفاعی (DEM) که توسط سازمان نقشه‌برداری در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ اخذ گردیده است.
- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۵ تولید شده توسط مشاور رویان در مقیاس ۱:۱۸۰۰۰۰
- نقشه خاک منطقه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده توسط مرکز تحقیقات آب و خاک
- داده‌های دما و بارش برای ۳ ایستگاه در محدوده مطالعاتی و استفاده از ایستگاههای سینوپتیک جهت شبیه‌سازی دیگر داده‌های هواشناسی
- مشخصات منابع آلاینده نقطه‌ای

نقشه خاک در ۷ نوع طبقه‌بندی شده که از ۳ تا ۵ لایه متغیر است. غالب خاک در منطقه از نوع رس و سیلت می‌باشد. کلیه خصوصیات خاکها و لایه بندی آنها شامل بافت، هدایت هیدرولیکی و ضریب فرسایش USLE و سایر مشخصات در فایل usersoil.dbf آمده است. سایر داده‌ها نظیر پوشش گیاهی و محصولات کشاورزی با توجه به نوع کاربریها در مدل تعریف شده است. در شکل ۵ نحوه تقسیم بندی حوزه به زیرحوزه با استفاده از مدل SWAT نشان داده شده است.



شکل ۶: تغییرات ماهانه بار نیترات ورودی به مخزن در موقعیت خروجی از زیرحوزه ۱۲ واقع در ورودی به

مخزن

نمودار شکل ۶ نشان دهنده ورود حداکثر بار نیترات در ماههای فصل بهار می‌باشد. این مساله به همراه بار فسفر ورودی به مخزن و افزایش دما که افزایش فعالیت بیولوژیکی مخزن را به همراه دارد، موجب تاثیر زیادی در کاهش کیفیت آب مخزن می‌گردد. این برنامه قابلیت تدوین و تحلیل سناریو را با هدف کاهش آلودگی و تعیین میزان سهم بار هر یک از منابع آلاینده را فراهم می‌نماید. راهکارهای مدیریتی بایستی با نگرش حوزه‌ای جهت کاهش اثر در مخزنی که در شرایط مغذی است و یا پیشگیری و نگهداری برای مخزنی که در شرایط شاداب یا بینابینی است، ارائه گردد. راهکارهای مدیریتی با توجه به سهم پارامترهای تاثیرگذار و تشدیدکننده شامل کنترل پارامترهای تاثیرگذار در راستای کاهش بار مواد مغذی و آلی ورودی به مخزن می‌باشد که می‌تواند بخشی از اقدامات زیر را شامل شود.

- تغییر یا بهینه‌سازی الگوی کشت با هدف کاهش مصرف سموم، کودهای شیمیایی و تولید زهاب کمتر تغییر کاربری اراضی یا جلوگیری از تغییر آن
- تصفیه فاضلاب و کاهش مواد مغذی پسابهای تخلیه شونده و یا انحراف جریان فاضلابها
- کنترل فرسایش، رسوب و اجرای طرح آبخیزداری

۵- نتیجه‌گیری

توسعه پایدار به عنوان یک دید مدیریتی در بررسی روابط میان فرآیندهای زیست‌محیطی و اقتصادی پذیرفته شده اما مدیران و تصمیم‌گیرندگان هنوز در مسائل کاربردی چون چگونگی به کارگیری توسعه پایدار و اندازه‌گیری آن با مشکل مواجه هستند. بر این اساس شاخص‌های پایداری بایستی به عنوان ابزارهای پایه برای تسهیل انتخاب‌های عمومی و حمایت از سیاست‌های اجرایی صحیح به کار گرفته شوند. این شاخص‌ها اطلاعاتی در مورد پیامدهای وابسته، تعیین مسائل و دورنمای محتمل توسعه، آنالیز و تفسیر اختلافات و مشارکت‌های ممکن فراهم کرده و در ارزیابی به‌کار بردن سیاست‌ها و اثرات آنها کمک شایانی به تصمیم‌گیرندگان می‌نمایند. شاخص‌های کلان مدیریت پایدار منابع آب ملاحظات اکوسیستمی، اقتصادی و اجتماعی مختلفی را در برمی‌گیرند. در سیستم‌های آبی اندرکنش‌های زیادی میان مولفه‌های مختلف سیستم وجود دارد. سیستم‌های پایدار به نحوی طراحی و مدیریت می‌شوند تا کاملاً اهداف جامعه را در حال حاضر و آینده، در حالی‌که هماهنگی اکولوژیک و زیست‌محیطی و

هیدرولوژیک آنها را نیز حفظ می‌کنند، برآورده کنند. برای نیل به توسعه پایدار بایستی برنامه‌ریزی در سطح حوزه آبریز از جامع‌نگری کافی برخوردار باشد. طرح‌های جامع توسعه منابع آب و کاهش آلودگی به عنوان یکی از ابزارهای ایجاد پایداری در امر توسعه و بهره‌برداری از منابع آب نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در این مقاله ضمن مروری بر اهداف و مشخصات طرح‌های جامع کاهش آلودگی، نگرش‌های جدید در مدیریت کیفی حوزه آبریز رودخانه با دیدگاه حوزه‌ای معرفی شده‌اند. فرایند TDML فرصت خوبی جهت توجه به نگرش‌های مختلف در تصمیم‌ان کیفیت آب در سطح حوزه فراهم می‌آورد. یکی از این فرصت‌ها توجه به گزینه‌های مختلف توزیع بار آلاینده بین منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای و ارزیابی نتایج اجتماعی و اقتصادی آن است. سیاست‌های معامله کیفیت آب EPA و مالیات تخلیه، روش‌های قابل انعطافی جهت تامین ملزومات کیفی آب در سطح حوزه آبریز و آبخیزداری می‌باشند. در اینصورت آلوده‌کنندگان به اجرای سیاست‌های سهم‌بندی بار آلاینده با توجه به نگرش‌های جدید مانند صدور مجوزهای حوزه‌ای و تجارت آلودگی تشویق می‌شوند.

مراجع:

- وزارت نیرو، (۱۳۸۴)، راهنمای مطالعات ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها، نشریه شماره ۲۹۲-الف.
- کارآموز، م.، کراچیان، ر.، (۱۳۸۲)، برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- کارآموز، م.، (۱۳۸۱)، "گزارش طرح جامع کاهش آلودگی رودخانه کارون"، اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان.
- کارآموز، م.، (۱۳۸۴)، "گزارش نهایی برنامه‌ریزی و مدیریت کمی و کیفی بهره‌برداری و تخصیص آب با تاکید بر حل اختلاف"، وزارت نیرو.
- Chen, C.H., Liu, W.L., Liaw, S.H., Yu, C.H., (2005), "Development of a dynamic strategy planning theory and system for sustainable river basin land use management", *Science of the Total Environment*, 346, 17– 37
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., (2001). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2000*. Available from: <http://www.brc.tamus.edu/SWAT/manual>.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., (2001). *Soil and Water Assessment Tool User Manual Version 2000*. Available from: <http://www.brc.tamus.edu/SWAT/manual>.
- Cai X., D. C. McKinney, and L. S. Lasdon, (2002) "A framework for sustainability analysis in water resources management and application to the Syr Darya Basin", *Water Resource Research*, 38 (6).
- Walmsley, J.J., (2002), "Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems", Elsevier, *Environmental Management*, 29(2), 195–206.