

تجارت کیفیت آب: رویکردی نو و کارآ در مدیریت کیفی منابع آب

امین سارنگ، کاندیدای دکتری منابع آب- دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف*
ابوالفضل شمسایی، دکتری و استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
احمد ابریشمچی، دکتری و استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
مسعود تجربی، دکتری و استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف
* تلفن: 021-66162425، شماره: 021-66014828 پست الکترونیکی: amin.sarang@gmail.com

چکیده

تجارت یا مبادله کیفیت آب در ادامه رویکرد اقتصادی به محیط زیست ضمن آنکه منطبق بر سیاستهای کلان توسعه پایدار منابع طبیعی مانند بازار آب بوده، توانسته بخشی از مشکلات و ابهامات روشهای اقتصادی مدیریت محیط زیست مشتمل بر روش کمینه هزینه کنترل آلودگی، روش عملکرد یکنواخت، اخذ یا تشویق مالیاتی، یارانه مستقیم، وامهای کم بهره و اخذ شارژ مستقیم بار آلودگی منتشره را که در این تحقیق به طور مبسوط تشریح خواهند شد، مرتفع نماید.

با توجه به همخوانی مناسب تر این رویکرد با مسایل و چالشهای کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، که عمدتاً نگاه کنترل دستوری در آنها سرآمد توجه در مدیریت زیست محیطی بوده و سیاستهای موردی دیگر نیز غالباً به طور بهینه و موثر از منظر اقتصادی بررسی نشده اند، در این مقاله اولاً سعی خواهد شد جنبه های مختلف روشهای اقتصادی یاد شده در بالا بررسی گردند. ثانیاً تلاش می شود قابلیت ها و وجوه تمایز این رویکرد نو به طور فشرده معرفی و تحلیل شوند. در پایان با ارائه یک مطالعه موردی بررسی بیشتر موضوع صورت می پذیرد.
کلید واژه ها: تجارت، کیفیت آب، رویکرد اقتصادی، مدل سازی، تخصیص بار آلاینده، محیط زیست

1- مقدمه

طی قرن گذشته میلادی، فلسفه ها و رویکردهای زیست محیطی مختلفی از جمله نگاه محیط زیست در خدمت توسعه مبتنی بر بینش طبیعت بدون هرگونه حق و ارزش ذاتی، ممنوعیت یا استفاده سخت گیرانه از محیط زیست به هر قیمت، نگاه صرف اقتصادی در کنترل و حفاظت محیط و در نهایت محیط زیست و توسعه پایدار؛ زمینه ساز ایجاد و خلق سیاستها و راهبردهای مدیریت کیفی آب و هوا به عنوان دو منبع مهم طبیعی، به طور عمده بوده است.
بهره مندی از رویکرد اقتصادی در مدیریت زیست محیطی منابع از جمله آلودگی آب و هوا از حدود 50 سال پیش به بعد در مقابل یا به نوعی در راستای توسعه نگاه کنترل و حفاظت دستوری محیط زیست مورد توجه سیاست گذاران بوده

است. در هر دو بخش آب و هوا به موازات رشد و توسعه روشها و تکنیکهای تحلیلی و عددی مدلسازی آلودگی که اوج آن در دهه 70 میلادی بوده، روشهای اقتصادی و تشویقی مشتمل بر سیاستهای مبتنی بر روش کمینه هزینه کنترل آلودگی، روش عملکرد یکنواخت کنترل، اخذ یا تشویق مالیاتی، یارانه مستقیم و غیر مستقیم، وامهای کم بهره، اخذ شارژ مستقیم بار آلاینده و موارد متعدد دیگر، به عنوان ابزار موثر در مدیریت تخصیص بار آلاینده کنندگان نقطه ای و غیر نقطه ای از طریق به عنوان مثال تغییر و بهبود تکنولوژی، مورد توجه سیاستگذاران زیست محیطی بوده است. برخی ابهامات و یا به نوعی کمبودها در روشهای مذکور از قبیل حجم اطلاعات مورد نیاز برای تحلیل و اتخاذ سیاست مناسب مثلاً تعیین میزان بهینه مالیات یا جریمه بر بار آلاینده و همچنین گاه ناتوانی در دستیابی به عدالت اقتصادی مانند روش حداقل هزینه از جمله موارد مورد انتقاد در رویکردهای یاد شده بوده است.

تجارت یا مبادله کیفیت آب به عنوان یک ابزار جدید، در ادامه رویکرد اقتصادی به محیط زیست ضمن آنکه منطبق بر سیاستهای کلان مدیریت پایدار منابع طبیعی مانند بازار آب بوده، توانسته بخش عمده ای از مشکلات و ابهامات روشهای اقتصادی مدیریت محیط زیست پیش گفته را که در این تحقیق به طور مبسوط بررسی و تشریح خواهند شد، مرتفع نماید. این توانمندی ها و مسایل تکنیکی آن در این مقاله بحث و بررسی خواهد شد.

واقعیت تلخی است که در طی سالیان گذشته مدیریت کیفی منابع آب در عرصه صنعت آب کشور همپای مدیریت کمی آن مورد توجه جدی نه بخش اجرایی و نه دانشگاهی نبوده و لذا با پیشرفت های بسیار اندکی همراه بوده است. حداکثر توان قانونی کشور نیز در این زمینه در قانونهای توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی اول تا چهارم و تا حدی چشم انداز دراز مدت نظام دیده می شود که طی تبصره 13 و 83 برنامه اول و دوم و همچنین ماده های قانونی 104 و 134 برنامه سوم و نهایتاً ماده 71 برنامه چهارم؛ سازمان محیط زیست را مجاز میداند در زمینه کنترل آلودگی منابع آب ضمن تاکید بر ایجاد تاسیسات جمع آوری و دفع فاضلاب و پساب، به اخذ جریمه متناسب با خسارت وارده مبادرت ورزد که آیین نامه اجرایی آن نیز تهیه (مصوبه جلسه مورخ 1379/12/27 هیأت وزیران) و در طی سالهای اخیر اجرا شده است. تحلیل اینکه چگونه می توان جرایم مناسب، موثر و بهینه را با بدون لحاظ و کمی نمودن خسارات واقعی و طول عمری زیست محیطی تعیین نمود بطوری که ضمن حفظ اهداف از پیش تعیین شده محیط زیست، منافع همه ذی نفعان را لحاظ کند و هزینه های اقتصادی کنترل و حفظ محیط را نیز حداقل نماید موضوع قابل تاملی است که نیاز به نقش آفرینی محیطهای علمی و دانشگاهی را می طلبد. از سویی دیگر، اینکه اصولاً با اتکا به چه فلسفه زیست محیطی که مختص شرایط این کشور باشد و با نگاه به کدام دیدگاه و قوانین شرع اسلام (فرا تر از بحث جبران خسارت ضرر ناشی از آلودگی محیط زیست توسط ضرر رسان) می توان این نوع نگاه جریمه محور را تعیین و اخذ نمود و آیا اینکه اصولاً این الگوهای متداول تاکنون موثر بوده یا خواهد بود، بحث مبسوطی است که در این مجال نمیگنجد اما مطمئناً از بحث های زیربنای و اساسی در مدیریت محیط زیست آبی و هوا در آینده خواهد بود. از اینرو صرفاً در این مقاله سعی خواهد شد با توجه به دیدگاه مالی موجود در کشور (حداقل در حد قوانین جاری محیط زیست) برخی نگاهها و روشهای مرسوم مدیریت اقتصادی محیط زیست را طبق تجارب دنیا، بررسی و بر پایه آنها رویکرد تجارت کیفیت آب را به عنوان یک رویکرد نو و تاثیرگذار معرفی کرده و تحلیل فنی و کاربردی نمود.

2- مروری بر روشهای مهم مدیریت کیفی منابع آب

همانطور که اشاره شد یک مجموعه گسترده ای از روشهای مدیریت اقتصادی و غیر اقتصادی کیفیت منابع آب و هوا طی سالیان مختلف در دنیا تحقیق و تجربه شده است که هر کدام نیز به شکلی موضوع مدیریتی کیفیت منابع آب را پیش برده و در عین حال دارای نقاط قوت و ضعف خاصی نیز می باشند. درک اهمیت و کارکردهای مناسب تجارت کیفیت آب مستلزم شناخت دقیق و ارزیابی فنی روشهای گذشته مدیریت کیفیت منابع آب از هر نوع و شکلی می باشد که در این مجال تحلیل چکیده ای از آنها به ویژه در مورد مدیریت کیفی رودخانه ارائه میگردد.

2-1- روشهای دستوری (C&C - Command and Control): این الگو به دنبال ممانعت و کنترل از تخلیه

آلودگی توسط همه تخلیه کننده ها مستقل از شرایط و موقعیت خاص آنها است. این رویکرد عمدتاً در اواخر دهه 50 میلادی که اهمیت کنترل آلودگی و حفظ محیط زیست با تشدید فعالیتهای صنعتی بعد از جنگ جهانی دوم، بارز شده بود شکل گرفت و نگاهی به شدت سخت گیرانه دارد [1]. مهمترین مزیت این روش سادگی در پیاده سازی الگو بدون نیاز به اطلاعات هزینه ای و کیفی آلوده کنندگان است. همچنین مهمترین ضعف این روش در غیراقتصادی بودن آن چه به لحاظ هزینه های کل کنترل و کاهش آلاینده و چه به لحاظ هزینه های اداری و تبادل (Administration & Transactions Costs) است. ناکارآمدی این رویکرد در عمل به اثبات رسیده اما در عین حال این روش مدیریتی برای برخی از آلاینده های خاص و برخی سموم مورد نیاز می باشد.

2-2- حداقل سازی هزینه ها (Least Cost - LC): این رویکرد به عنوان یک شاخص بهینه (Optimized Benchmark)

حد پایین، به دنبال کمینه سازی کل هزینه های کنترل و کاهش آلودگی همه تخلیه کنندگان است. طبق نتایج این روش کلیه آلوده کنندگان به گونه ای در یک حد بهینه ای در حال تصفیه و کاهش آلودگی خود هستند که هرگونه کاهش اضافه تر در هزینه های کل کنترل یک عامل منجر به افزایش بیشتری از هزینه های یک عامل دیگر آلوده کننده می گردد به عبارت دیگر در حالت بهینه همه عوامل با نرخ هزینه های حاشیه ای مشابه (Equal Marginal Cost) در حال فعالیت هستند [2,3]. همچنین هر چند این روش مدیریتی کمینه ترین هزینه ها را برای مدیریت حوزه آبریز ارائه میدهد اما این مزیت اقتصادی را به بهاء از دست دادن عدالت (عدالت با تعریف اقتصادی Equity، نه مفهوم عام اجتماعی آن) مهیا میکند چراکه بهینه کل سیستم همیشه منجر به بهینه تک تک اجزای آن نمیرسد. این ضعف رویکرد در مطالعات [1967] ReVelle و [1966] Liebman {4,5,6} بررسی و تحلیل شده که برخی از نتایج آن در جدول (1) اشاره شده است.

جدول 1: درصدهای بهینه کاهش آلودگی 11 تخلیه کننده در مطالعات [1967] ReVelle و [1966] Liebman

Revelle	62	36	82	35	74	35	35	52	75	85	35
Liebman	62	36	82	35	35	80	35	52	75	85	35

همانطور که در جدول (1) مشاهده می گردد برای رسیدن به هدف کمینگی درصدهای تصفیه مختلفی را برای 11 آلوده کننده مجاور رودخانه در محدوده 35 تا 85 درصد پیشنهاد می نماید. به عبارت دیگر یک تخلیه کننده باید با حداکثر راندمان و دیگری با حداقل راندمان (35 درصد) آلاینده های خود را کاهش دهند. نکته دیگر آنکه این رویکرد تا حدی به روش حل مدل بهینه سازی نیز حساس می باشد. مثلاً [1967] ReVelle و [1966] Liebman از دو روش مختلف برنامه ریزی خطی و دیگری برنامه ریزی پویا (به ترتیب) استفاده نمودند؛ اما همانطور که در جدول (1)

مشخص است درصدهای حذف بهینه برای آلوده کننده های میانی تا حد 100 درصد براساس روش تغییر میکند. همچنین این رویکرد نسبت به تغییرات تکنولوژی، رشد و تغییرات منطقه و اضافه و کم شدن آلوده کننده های مختلف تاحدی انعطاف ناپذیر است و در عین حال مبتنی بر مشارکت فعال و ترغیب عوامل به خودکنترلی و خوداظهاری در کاهش آلاینده های خود نیست. در نهایت حجم نسبتاً زیاد اطلاعات مورد نیاز این روش مبتنی بر اطلاعات توابع هزینه ای هر عامل از دیگر نقاط ضعف رویکرد حاضر است هر چند بهترین شاخص اقتصادی را معرفی میکند.

2-3- رویکرد کنترل یکنواخت (Uniform Cutback & Equal treatment): در این دیدگاه هر آلوده کننده می بایست یا انتشار آلودگی خود را به یک درصد مشابه کاهش داده و یا آنکه همه می بایست تصفیه خود را به یک تراز مشابه ارتقا دهد. طبیعتاً این رویکرد غیر اقتصادی تر از روش حداقل سازی هزینه بوده (جدول 2) اما عدالت اقتصادی مناسبتری را با نگاه یکسان سازی برای همه آلوده کننده های محیط و با اتکاء به داده ها و اطلاعات کمتری نسبت به روش قبل، ارائه میدهد {7}. از جمله ضعفهای این روش این است که دیگر آلوده کننده هایی که قبل از اعمال روش در سطوح بالاتری در حال تصفیه و کاهش آلاینده های خود بوده اند را پنالتی میدهد. همچنین کلیه مسایل و مشکلات دیگر ذکر شده برای رویکرد حداقل سازی هزینه را تا حد زیادی در بردارد.

2-4- تشویق های مالیاتی (Tax Incentive): تخصیص اعتبارات و تشویق های مالیاتی بر سرمایه گذاری های پایه به منظور ایجاد سیستم های کنترل آلاینده ها البته برای آن دسته از تخلیه کننده هایی که توانایی انجام این سرمایه گذاری ها را داشته باشند، از جمله روشهای اقتصادی است که می تواند با دیگر روشها نیز ترکیب شده و مدیریت به نسبت کارای مدیریت کیفی منابع را منجر گردد. مهمترین مساله در این زمینه تعیین بهینه تشویق های مالیاتی است به گونی که در نهایت به حفاظت محیط زیست و کنترل آلودگی منجر شود و گرنه این ابزار برای دولت و یا آژانس متولی محیط زیست هزینه بر بوده و در نهایت اثربخشی نیز نخواهد داشت. همچنین تعیین مناسب این مالیات (Tax Credit) نیازمند حجم بالایی از اطلاعات و داده های هزینه ای و مدیریتی می باشد.

2-5- وام های با بهره کم (Low Interest Loans): این ابزار نیز مشابه روش قبل بوده و جهت گیری اصلی آن سرمایه گذاری های پایه تاسیسات کاهش و کنترل آلودگی بوده و جز روشهای ترکیبی است که به همراه دیگر روشها قابل اعمال است و همان مسایل رویکرد تشویق های مالیاتی را دارا است.

2-6- یارانه (Subsidies): در این ابزار آژانس متولی محیط زیست به همه یا بخشی از عوامل موثر در آلودگی یارانه های مختلفی تخصیص داده که اصولاً یا انتشار آلاینده های خود را کاهش و یا قطع نمایند. این رویکرد در عین حال که بسیار هزینه بر بوده تشویق کننده و انگیزاننده تغییر تکنولوژی و حرکت به سمت نوآوری در روشهای کنترل آلودگی نیست. همچنین کارایی و اثربخشی این روش در دراز مدت زیر سوال می باشد. ممکن است اینگونه ابزارها در زمانی که سطح آلودگی و مسایل اقتصادی ناشی از آن بسیار هزینه بر باشد به عنوان یک ابزار مکمل جذاب باشد.

2-7- شارژهای انتشار آلودگی (Effluent Charges): در این رویکرد پایه ای شارژی تحت عنوان مالیات و یا حتی جریمه بر واحد بار آلودگی انتشار یافته از هر تخلیه کننده به عنوان شارژ اتخاذ میشود و آنها می توانند آزادانه یکی از روشهای مطلوب و اقتصادی از دیدگاه خود از جمله بازیابی پساب، تقلیل تولید محصول، ساخت و ارتقا سیستم تصفیه و یا نهایتاً پرداخت شارژ مربوطه انتخاب نمایند. نکته حائز اهمیت تعیین شارژ بهینه از طرف آژانس متولی محیط زیست برای کل آلوده کننده ها و یا بخشی از آنها می باشد به طوریکه در نهایت گزینش روشهای کنترل آلودگی در مقابل

پرداخت شارژ ارجح و اقتصادی باشد. به عبارت بهتر از دیدگاه مدلسازی در حالت بهینه، هزینه حاشیه ای (Marginal Cost) کنترل آلودگی در تراز مطلوب معادل با درآمد حاشیه ای (Marginal Saving) ناشی از عدم کنترل و پرداخت شارژ مربوطه می باشد (به نوعی نقطه بی تفاوتی). این رویکرد از روش حداقل هزینه گرانتر بوده اما نسبت به روشهای دیگر از جمله رویکرد کنترل یکنواخت کاملاً بهینه تر و اقتصادی تر است (جدول 2) {7} در عین حال که تا حد مناسبی از مزایای مهمی چون عدالت، انعطاف پذیری اندک در مقابل تغییرات تکنولوژی و رشد منطقه ای نیز برخوردار است. مهمترین ویژگی این رویکرد تشویق و ایجاد انگیزه مناسب برای نوآوری (Incentive for Innovation) و جذب روش های موثر در کنترل و کاهش آلاینده ها می باشد.

8-2- تجارت کیفیت آب (Water Quality Trading): این رویکرد جدید در طی سالهای اخیر به لحاظ

نظری و پیاده سازی پیشرفت قابل ملاحظه ای داشته است که در بخش چهارم به تفصیل بحث و ارزیابی میشود.

9-2- روشهای زون بندی محیط (Zoned Solutions): کلیه روشهای حداقل سازی هزینه ها، رویکرد کنترل

یکنواخت، شارژهای انتشار آلودگی و تجارت کیفیت آب قابل تحلیل و بررسی در قالب رویکرد زون بندی هستند. این زون ها در دو شکل مختلف برحسب مکانهای جغرافیایی و یا نوع عملکرد و انتشار آلودگی توسط آلوده کننده ها قابل تعریف و مدل سازی هستند. در کل این نگاه زون بندی منجر به افزایش عدالت و ارتقا کارایی اقتصادی می گردد که این مورد برای روشهای پیش گفته تشریح می شود {7,8}.

در سال 1966 مطالعات جامعی توسط US Department of Interior در خصوص مدیریت اکسیژن محلول (DO) با حفظ استاندارد 3.6 mg/L، در رودخانه بزرگ Delaware در شرق آمریکا انجام گردید {9} که نتایج آن مبنای مطالعات بسیاری دیگر از محققان در سالهای بعد قرار گرفت. بر مبنای رویکرد کمینه سازی هزینه ها، کلیه آلوده کننده های مجاور این رودخانه خوری می بایست در حدود 20 تا 90 درصد که نتایج بهینه مدل مدیریتی بوده به کاهش آلاینده های خود اقدام نمایند که هزینه کل آن برای حوزه آبریز در حدود 67 میلیون دلار به نرخ سال 1967 برآورد شده است که به عنوان حد پایین هزینه های کنترل در جدول 2 منعکس شده است.

همین مطالعات برای کنترل یکنواخت نیز در دو حالت تک زونی و سه زونی انجام شده است. در حالت اول به طور معمول هزینه های کل مدیریتی بالغ بر 1.5 تا 4 برابر رویکرد کمینه سازی هزینه ها می گردد که هزینه گزافی است که سیستم مدیریتی برای دستیابی به عدالت رفتاری می پردازد. برای مورد مطالعاتی مورد بحث این هزینه در حدود 195 میلیون دلار و با درصد تصفیه یکسان 78 درصد می باشد. در حالت دوم با فرض سه زون مکانی مختلف هزینه های کل تقریباً نصف شده و به حدود 108 میلیون دلار می رسد درصدهای بهینه کنترل در این سه زون به ترتیب 35، 78 و 35 خواهد بود. به طور منطقی هر چه تعداد این زونها بیشتر شود بدلیل کاهش قیود محیط زیستی مدل کمینگی، هزینه ها کاهش می یابد به طوریکه در حالت حدی با تعداد زیادی زون نتایج بسیار نزدیک به روش حداقل سازی هزینه (LC) خواهد شد. نتایج این دو حالت در جدول 2 منعکس شده است.

مطالعات یاد شده توسط دیگر محققین همچنین برای رویکرد شارژهای انتشار آلودگی در دو شکل تک شارژ برای همه عوامل آلودگی (Single Effluent Charge- SECH) و یا حالت زون بندی شده با لحاظ چندین شارژ مختلف برای طیف های مختلف آلوده کننده برحسب مکان استقرار (Zoned Effluent Charge - ZECH)، دنبال شده است که نتایج جالب توجهی بهمراه داشته است که در جدول 2 اشاره شده است {5}. همانطور که مشاهده میشود

هزینه های کل کنترل در روش SECH و با میزان بهینه شارژ 0.31 1/lb معادل 87 میلیون دلار میگردد که به هزینه حداقل سازی هزینه (LC) نسبتاً نزدیک می باشد. این به خاطر آن است که عوامل آلوده کننده با هزینه های حاشیه ای بالا تمایل به این دارند که کمتر هزینه تصفیه و کنترل آلودگی در سیستم خود را داده و در مقابل هزینه شارژ را بپردازند تا در کل هزینه های خود را کاهش دهند در حالیکه مابقی ترجیح می دهند مستقیماً به کنترل آلودگی خود بپردازند. همچنین این الگو مانند کنترل یکنواخت به عدالت نسبی دست پیدا کرده چراکه نرخ شارژ برای همه یکسان بوده و هر کس آزاد به انتخاب روش مطلوب و اقتصادی خود است. اگر این روش برای دو نرخ مختلف شارژ در دو زون مختلف نیز مدل شود هزینه های کل کنترل به 76 میلیون دلار می رسد که از حالت تک زونی کمتر است. نکته بسیار حائز اهمیت آنکه یکی از نقاط ضعف اساسی روش حاضر، هزینه های بالای اداری و مبادلاتی (Administration & Transactions Costs) هر دو عامل ذی نفع یعنی آژانس محیط زیست و آلوده کننده (Financial Burden) است که گاهی آن را در حد روش کنترل یکنواخت غیر اقتصادی می نماید. این موضوع بخوبی برای مورد تحت مطالعه بررسی و در جدول 2 منعکس شده است. طبیعی است این هزینه های جانبی با دیدگاه طول عمری (Life Cycle Cost- LCC) قابل تامل و از عوامل ناکارآمدی این روش ها خواهد بود که غالباً هم از دیدگاه مدیریتی به خوبی دیده نمی شود البته این هزینه ها با روشهایی از جمله توزیع مجدد، چرخش نقدینگی (Redistribution and Rebate) و یا زون بندی قابل کنترل است. از نکات ضعف دیگر روش این است که هنوز بحث نیاز به حجم بالای اطلاعات و یافتن جواب بهینه با اتکا به روش های تکراری (Iterative Method) وجود دارد.

جدول 2: خلاصه ای از نتایج مطالعات روشهای مختلف مدیریت کیفی در رودخانه Delaware در آمریکا

روش ها	جزئیات روشهای مدیریتی	هزینه کنترل (میلیون دلار)	
حداقل سازی هزینه ها (LCC)	نرخ های کنترل مختلف	67	
کنترل یکنواخت	تک زونی (78%)	195	
	سه زونی (35%, 78%, 35%)	108	
شارژهای انتشار آلودگی	تک زونی یا شارژ (SECH)	فقط هزینه کنترل	87
		هزینه های اداری و مبادلاتی	100
		بار مالی کل روش	187
	دو زونی یا دو شارژ (ZECH)	فقط هزینه کنترل	76
		هزینه های اداری و مبادلاتی	73
		بار مالی کل روش	149

لازم به ذکر است روش های تشریح شده هر کدام به شکل ترکیبی نیز قابل بررسی و اعمال است.

3- رویکرد تجارت کیفیت آب

همانطور که اشاره شد رویکرد تجارت کیفیت آب، نگرشی نو در حوزه مدیریت زیست محیطی حوزه آبریز بوده که طی آن با ادبیاتی کاملاً ساده، میتوان گفت که طی این روش منابع آلاینده با هزینه کنترل آلودگی بالا سعی دارند اجازه تخلیه منابع آلاینده با هزینه کنترل آلودگی پایین تر را به قیمت بازار (Market Price) خریداری کرده بگونه ای که ضمن حفظ اهداف از پیش تعیین شده زیست محیطی منابع آب، هر دو عامل خریدار و فروشنده انتفاع اقتصادی و

عملکردی مناسب برده و همچنین همزمان هزینه کل کنترل آلودگی در حوزه آبریز نیز کاهش می یابد {10}. می توان با مدل‌های مناسب نشان داد که این رویکرد در نهایت به شاخص بهینگی روش‌های مدیریت کیفی تشریح شده در مقاله یعنی رویکرد حداقل هزینه (LC) همگرا خواهد شد. این موضوع در بخش بعد در قالب یک مطالعه موردی تشریح می گردد. رویکرد تجارت کیفیت آب در هر دو حوزه آب و هوا، و به ویژه هوا، پیشرفت چشمگیری در برخی از کشورها و به خصوص آمریکای شمالی داشته است به طوری که در حوزه آلودگی هوا طی اوایل دهه 90 میلادی بدنبال تصویب کنگره آمریکا به عنوان یک پشتوانه قانونی مناسب برای اعمال این روش در کنترل سریع، مشارکتی و اقتصادی آلودگی هوا در کلیه ایالت‌های آمریکا، روش مورد نظر در کاهش آلودگی (عمدتاً SO₂) شهرهای بزرگی چون Los Angeles تاثیر بسزایی بهمراه آورد. در حوزه آب نیز از سال 1996 به بعد بدنبال تغییر در نگاه EPA {11} به موضوع تخصیص بار آلودگی و ارتقاء وضعیت کیفی آب‌های آمریکا کم کم این رویکرد نیز به عنوان یک راهبرد جدی دنبال گشته است و طی سال‌های اخیر حداقل در 10 حوزه آبریز مهم از جمله Chesapeake Bay با کاهش هزینه مورد انتظاری در حدود حداقل یک میلیارد دلار، چه به عنوان طرح‌های پایلوت و چه به صورت واقعی اعمال شده است.

نگرش مدیریتی تجارت کیفیت آب با اتکا به تجارب و مزایا و معایب روش‌های پیش گفته چون شارژ‌های انتشار آلودگی، از قابلیت‌های مهمی چون کارایی هزینه (در حد LC)، عدالت محوری، انعطاف پذیری مناسب در مقابل تغییرات حوزه آبریز به ویژه ورود و خروج منابع آلاینده جدید، قابلیت تعمیم و توسعه برای هر دو نوع آلاینده‌های نقطه ای و غیر نقطه ای، مشارکت پذیری فعال و در عین حال داوطلبانه آلوده کننده‌ها در حفاظت کیفی حوضه به عنوان یکی از پایه‌های توسعه پایدار و همچنین تشویق و ایجاد انگیزش مناسب برای نوآوری و تغییر در ذی نفعان؛ برخوردار است.

4- بررسی و تحلیل مطالعه موردی

به منظور بررسی بخشی از توانایی و ارزیابی عملکرد تجارت کیفیت آب در مقایسه با شارژ انتشار آلودگی که همانطور که در بخش قبل تحلیل شد این رویکرد قابلیت‌های خوبی در مقایسه با دیگر روش‌ها غیر از تجارت کیفیت آب دارد؛ یک مطالعه موردی با فرض دو آلاینده نقطه ای که هر کدام در دو نقطه مجزای مکانی در حال انتشار یک تک آلاینده مثل نیتروژن در رودخانه هستند، مدل‌سازی گردیده است. لازم به ذکر است جزییات مدل‌سازی تجارت کیفیت آب و توسعه این مدل برای گزینه‌های بسیار پیچیده مبادله آلودگی در مرجع {12} تشریح شده است که به دلیل کمبود جا و نگاه و اهداف اصلی این مقاله از توضیح مبسوط آنها در اینجا صرف‌نظر میشود. از طرفی به منظور مقایسه کمی دو روش نامبرده در بالا بخشی از نتایج یک سیستم رودخانه ای با دو آلوده کننده، در این مقاله تشریح میگردد.

در سیستم مورد اشاره با توجه به موقعیت مکانی آلاینده اول که نزدیکتر به نقطه کنترلی رودخانه در پایین دست خود است ضریب 0.8 به عنوان ضریب تاثیر یک واحد بار آلودگی منتشره از آلوده کننده 1 و تاثیر آن بر کیفیت غلظت نیتروژن آب در نقطه کنترلی رودخانه لحاظ شده و همین ضریب برای آلوده کننده 2 در بالادست 1 معادل 0.4 لحاظ شده است. همچنین مدل مدیریتی رودخانه در دو شکل شارژ انتشار آلودگی (Emission Charge-EC) که شارژ آلودگی صرفاً بر بار منتشره از طرف آژانس حفاظت محیط زیست دریافت میگردد و همچنین شارژ آلودگی محیطی (Ambient Charge-AC) که در آن شارژ آلودگی نه بر بار منتشره بلکه بر میزان اثر نهایی آن بر کیفیت محیطی پارامتر آلاینده در نقطه کنترلی دارد اعمال میگردد. قابل توجه است که مدل مدیریتی دوم به مفهوم عملکردی و مدل‌سازی

تجارت کیفی آب نزدیک می باشد و در تحلیل و ارزیابی این الگو موثر است. به منظور بررسی طیف گسترده تری از نتایج فرض گردید تابع هدف محیط زیست (استانداردهای کیفی آب که بایستی در هر شرایط ارضا گردند) بر دو مبنای 6 و 8 میلیگرم بر لیتر تنظیم گشته و همچنین دو شکل مختلف تابع هزینه حاشیه ای (MC- Marginal Cost) کنترل و کاهش آلودگی به صورت خطی (L-MC) و غیرخطی (NL-MC) برای هر دو آلوده کننده در دو سناریو مختلف هر دو تابع مشابه و یا غیرمشابه با یکدیگر بررسی و مقایسه گشته است. جداول 3 و 4 نتایج دو رویکرد را برای توابع هزینه ای حاشیه ای خطی با هدف 6 میلیگرم بر لیتر را نشان می دهند مابقی نتایج بدلیل ضیق جا منعکس نشده است همچنین جمع بندی نتایج سناریوهای امکان پذیر مختلف در دو حالت توابع خطی و غیر خطی و مقایسه آنها با روش حداقل هزینه در جداول 5 و 6 ارائه شده است.

همانطور که از جداول 5 و 6 استنباط می گردد در کلیه سناریوها با هدف زیست محیطی یکسان، هزینه کل AC کمتر از EC بوده و در ضمن همواره معادل رویکرد حداقل هزینه (LC) می باشد این بدان معنا است که تجارت کیفیت آب که مبتنی بر تحلیل کنترل آلودگی محیطی آب بوده، امکان دستیابی به حداقل هزینه کل کنترل آلودگی معادل شاخص حد پایین کمینگی یعنی LC را دارا است؛ قابلیتی که روشهای دیگر در حالت کلی فاقد آن بوده و یا به سختی بدان دست می یابند. همچنین در حالت غیرخطی مانند سناریو با هدف زیست محیطی 8 میلیگرم بر لیتر ممکن است نیاز باشد، طوری کنترل انتشار بهینه صورت گیرد که بیشتر از هدف تعیین شده برای آژانس مدیریتی میسر گردد که طبیعتاً باید هزینه بیشتری نیز به نسبت LC پرداخت نمود. نکته مهم آنکه همواره بدترین حالت در بین سه روش منتخب به لحاظ میزان کنترل انتشار و هزینه کل کاهش آلودگی EC است. همچنین در حالت خطی و در روش EC میزان انتشار بهینه آلودگی (e_1^* و e_2^*) توسط هر دو آلوده کننده یکسان است چراکه این روش تابع موقعیت مکانی آلوده کننده نیست در حالیکه همین انتشار بهینه برای رویکرد AC حتی در حالت توابع خطی غیر یکسان و تابع مکان انتشار است. توجه شود که معیار بهینگی برابری هزینه های حاشیه ای محیطی ($MCoC\#1=MCoC\#2$) و برابری هزینه های حاشیه ای انتشار ($MCoE\#1=MCoE\#2$) است.

جدول 4: شارژ آلودگی محیطی (Ambient Charge) با هدف 6

Col.#1	Col.#2	Col.#3: (Col.#1) * (a ₁)	Col.#4: (Col.#2) / (a ₁)
a₁=8 : ضریب تاثیر یک واحد پار آلودگی آلوده کننده شماره یک			
هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته
دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار
1	1	0.8	1.25
2	2	1.6	2.5
3	3	2.4	3.75
4	4	3.2	5
5	5	4	6.25
6	6	4.8	7.5
7	7	5.6	8.75
8	8	6.4	10
9	9	7.2	11.25
10	10	8	12.5
Col.#1	Col.#2	Col.#3: (Col.#1) * (a ₂)	Col.#4: (Col.#2) / (a ₂)
a₂=4 : ضریب تاثیر یک واحد پار آلودگی آلوده کننده شماره دو			
هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته
دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار
1	1	0.4	2.5
2	2	0.8	5
3	3	1.2	7.5
4	4	1.6	10
5	5	2	12.5
6	6	2.4	15
7	7	2.8	17.5
8	8	3.2	20
9	9	3.6	22.5
10	10	4	25

جدول 3: شارژ انتشار آلودگی (Emission Charge) با هدف 6

Col.#1	Col.#2	Col.#3: (Col.#1) * (a ₁)	Col.#4: (Col.#2) / (a ₁)
a₁=8 : ضریب تاثیر یک واحد پار آلودگی آلوده کننده شماره یک			
هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته
دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار
1	1	0.8	1.25
2	2	1.6	2.5
3	3	2.4	3.75
4	4	3.2	5
5	5	4	6.25
6	6	4.8	7.5
7	7	5.6	8.75
8	8	6.4	10
9	9	7.2	11.25
10	10	8	12.5
Col.#1	Col.#2	Col.#3: (Col.#1) * (a ₂)	Col.#4: (Col.#2) / (a ₂)
a₂=4 : ضریب تاثیر یک واحد پار آلودگی آلوده کننده شماره دو			
هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	هزینه حاشیه ای میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته	میزان آلودگی محیطی کاهش یافته
دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار	دلار بر واحد پار
1	1	0.4	2.5
2	2	0.8	5
3	3	1.2	7.5
4	4	1.6	10
5	5	2	12.5
6	6	2.4	15
7	7	2.8	17.5
8	8	3.2	20
9	9	3.6	22.5
10	10	4	25

جدول 5. نتایج مدل سازی دو آلوده کننده با توابع هزینه حاشیه ای خطی برای Emission Charge و Ambient Charge

		e* ₁	e* ₂	MCoC#1=MCoC#2	MCoE#1=MCoE#2	هزینه کل کاهش آلودگی	میزان کل بار منتشره کاهش یافته
مدل یا نابع	Ambient Charge (Target=6)	6	3	7.5		27	9
	Emission Charge (Target=6)	5	5		5	30	10
هزینه حاشیه ای	خطی	6.1	2.9			27	8.9
	Cost Effective (Target=6)						
هر دو	Ambient Charge (Target=8)	8	4	10		46	12
	Emission Charge (Target=8)	7	7		7	56	14
آلوده کننده	Cost Effective (Target=8)	8.1	3.9			46	11.9

جدول 6. نتایج مدل سازی دو آلوده کننده با توابع هزینه حاشیه ای غیرخطی برای Emission Charge و Ambient Charge

		e* ₁	e* ₂	MCoC#1=MCoC#2	MCoE#1=MCoE#2	هزینه کل کاهش آلودگی	میزان کل بار منتشره کاهش یافته	هدف نامین شده
مدل یا نابع	Ambient Charge (Target=6)	6	3	45		116	9	6
	Emission Charge (Target=6)	6	3.8		36	154	9.8	6.12
هزینه حاشیه ای	غیرخطی	6.1	2.8			116	8.9	6
	Cost Effective (Target=6)							
برای هر دو	Ambient Charge (Target=8)	8.81	4	97		345.5	12.3	8.65
	Emission Charge (Target=8)	8	4.8		64	332.1	12.82	8.13
آلوده کننده	Cost Effective (Target=8)	7.28	5.4			255.5	12.68	8

5 - جمع بندی و نتیجه گیری

نظر به نقاط قوت و ضعف روشهای اقتصادی مختلف موجود در مدیریت کیفیت آب تشریح شده در این مقاله، تجارت کیفی آب در عین حال که منافع عمده دیگر روشها را دارد به طور خاص از تواناییهای مهمی چون کارایی هزینه، عدالت محوری با نگاه اقتصادی، انعطاف پذیری در مقابل تغییرات، قابلیت تعمیم و توسعه برای هر دو نوع از آلاینده ها، مشارکت پذیری فعال آلوده کننده ها در حفاظت کیفی حوضه آبریز و همچنین انگیزه بخشی مناسب برای نوآوری و تغییر در عملکرد ذی نفعان؛ برخوردار است. در مجموع باید توجه نمود که ارزیابی و اتخاذ یک رویکرد مناسب در مدیریت کیفی منابع آب، مستلزم بررسی ابعاد مختلفی از جمله لحاظ آلاینده های نقطه ای و غیر نقطه ای، بار مالی کل مشتمل بر هزینه کنترل و هزینه های اعمال و پیاده سازی روش، معیارهای مهمی چون مشارکت پذیری ذی نفعان، عدالت گسترده با مفاهیم مختلف مطابق با شرایط هر فرهنگ و جامعه ای، جامعیت روش از دیدگاه توأم کمی و کیفی، تغییرپذیری با شرایط مختلف از جمله تعداد آلوده کننده ها با رشد حوزه آبریز و تغییر تکنولوژی، سادگی و روانی روش در هنگام پیاده سازی و تا حدی مطابق با تجربه سازمان متولی حفاظت محیط زیست، پایش مستمر (نه نمونه برداری تصادفی) برای ممیزی نتایج پیاده سازی، حجم داده ها و اطلاعات مورد نیاز در هرم دانایی محور برای تصمیم سازی و تصمیم گیری، استفاده صحیح از تجارب جهانی و تمرکز بیشتر بر روش های تجربه شده موفق، لحاظ پیچیدگی های مختلف درهم تنیده با هر روش مدیریتی از جمله آلاینده های چندگانه و در نهایت ملحوظ داشتن عدم قطعیت سیستم می باشد.

6- مراجع

- [1] Kneese, A. and B. Bower (1968). Managing Water Quality: Economics, Technology, Institutions, Johns Hopkins, Press, Baltimore, MD, 77-89, 203-204.
- [2] Thomann, R.V., and J.A. Mueller (1987). Principles of Surface Water Quality and Modelling and Control, Harper & Row Publishers, New York, NY.
- [3] Thomann, R.V., and T.O. Barnwell, Jr., Co-chairman (1980), Workshop on Verification of Water Quality Models, USEPA, Athens, GA, EPA-600/9-80-016.
- [4] ReVelle, C.S., D.P. Loucks, and W.R. Lynn (1967). A management model for water quality control. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 39 (7), 1164-1178.
- [5] Liebman, J.C. (1966). The optimal allocation of stream dissolved oxygen resources. *Water Resources Research*, 2 (3), 581-591.
- [6] Liebman, J.C. & D.P. Loucks (1966). A note on oxygen sag equations. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 38(12), 1967.
- [7] Johnson, E.L. (1967). A study in the economics of water quality management. *Water Resources Research*, 3 (2), 291-305.
- [8] Brill, E.D., Jr., J.C. Liebman, and C.S. ReVelle (1976). Equity measures for exploring water quality management alternative, *Water Resources Research*, 12 (5), 845-851.
- [9] Water Pollution Control Administration (1966). Delaware Estuary Comprehensive Study. US Department of Interior, Philadelphia, Pa.
- [10] Lence, B. J., J. W. Eheart, and E. D. Brill (1988), Cost efficiency of transferable discharge permit markets for control of multiple pollutants, *Water Resour. Res.*, 24(7), 897-905.
- [11] Office of Water-Water Quality Trading Policy in United States Environmental Protection Agency (2003), Final water quality trading policy, Guideline, US-EPA, Washington DC. January 13.
- [12] Sarang, A., B. J. Lence, and A. Shamsai. (2006). Transferable Discharge Permit Programs for Managing Multiple Pollutants in Rivers, accepted to be presented at ASCE- EWRI Conference in May 2007 also under review to be published in WRM journal.