بنام پروردگار یکتا

دانشکده مهندسی
گروه عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی عمران - آب

تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی در سیستم رودخانه کارون با استفاده از توابع هزینه فازی

استاد راهنما:
دکتر محمد محمودیان شوشتری

استاد مشاور:
دکتر حمیدرضا غفوری

محقق:
علی قنواتی فر
۸۵۷۰۹۰۳

بهمن ماه ۱۳۸۸

بسم الله الرحمن الرحیم

تقدیم به همسر مهربانم که

حضورش در زندگیم همواره برای

من الهام بخش بوده

و

به پدر و مادر عزیزم به خاطر

دلگرمی، محبت و حمایتهای

بی دریغشان

تقدیر و تشکر

رساله حاضر، حاصل همکاری و رهنمودهای دوستان و سازمانهای مختلفی است که در اینجا وظیفه خود می دانم از تمامی این عزیزان سپاسگزاری نمایم. به ویژه، استاد راهنمای اینجانب جناب آقای دکتر محمودیان که در تمام مراحل انجام این پژوهش مشوق من بوده و از نظرات ایشان در مراحل مختلف کار، جهت اصلاح و تکمیل آن بهره مند شدم. زحمات استاد مشاور خود جناب آقای دکتر غفوری را ارج نهاده و از تمامی اساتید گروه عمران دانشگاه شهید چمران اهواز که از محضر آنها بهره فراوان بردم، تشکر می نمایم. همچنین از جناب آقای مهندس شعبانی که در مراحل ابتدای پروژه نظرات سازنده ای ارائه نمودند، سپاسگزارم. با وجود تلاش های فراوان، بروز نارسایی های مختلف در این نوشته بدیهی است. نگارنده از یک سو مسئول اصلی این نارسایی هاست و از سوی دیگر از پیشنهادات و تذکرهای صاحب نظران به منظور پربار تر شدن آن استقبال می نماید.

چکیده پایان نامه

نام خانوادگی: قنواتی فر نام: علی

عنوان پایان نامه: **تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی در سیستم رودخانه کارون با استفاده از توابع هزینه فازی**

استاد راهنما: دکتر محمد محمودیان شوشتری استاد مشاور: دکتر حمیدرضا غفوری

درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی عمران گرایش: آب

محل تحصیل (دانشگاه): دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده: مهندسی

تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۸/۱۱/۱۸ تعداد صفحه: ۱۳۱

کلید واژه ها: مدیریت کیفی رودخانه، رودخانه کارون، روش TRS، توابع هزینه فازی

چکیده:

ارزش اقتصادی حاصل از بهره برداری بهینه از ظرفیت پذیرش آلودگی در سیستم های منابع آب و کاهش هزینه های تصفیه بار آلودگی، از مهمترین مسایل مورد توجه در مدیریت کیفی منابع آب محسوب می شود. سازمان مسئول حفاظت محیط زیست برای کنترل تخلیه آلاینده ها به مجاری پذیرنده آبهای سطحی، مجوز تخلیه ای به هر یک از واحدهای تخلیه کننده بار آلودگی اختصاص می دهد. در سیستم تجارت مجوز تخلیه بار آلودگی، واحدهایی که می توانند آلودگی را بیشتر از حد لازم حذف کنند، مجوز استفاده نشده خود را به واحدهایی که بار آلودگی آنها بیش از مقدار تعیین شده است، می فروشند. هدف بکارگیری عدم قطعیت در تخمین توابع هزینه و ارزیابی رودخانه کارون با استفاده از آن، جهت پایین آوردن هزینه های کاهش بار آلودگی است.

در این تحقیق با توجه به جهت جریان یکطرفه آب در رودخانه، از سیستم نسبت - تجارت (TRS) برای کنترل منابع آلاینده و مدیریت کیفی رودخانه استفاده شده است. این سیستم با در نظر گرفتن میزان خود پالایی رودخانه و چگونگی پخش و انتقال آلاینده ها، نسبت-تجارت بین واحدها را تعیین می کند و به کمک یک روش بهینه سازی، الگوی بهینه تجارت را ارائه می دهد. در اینجا با توجه به عدم قطعیت های موجود در تخمین توابع هزینه، مدلی برای تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها در رودخانه کارون پیشنهاد گردیده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول

۱-۱- مقدمه..... ۲
۱-۲- بیان مساله..... ۷

فصل دوم

۲-۱- خلاصه ای از تحقیقات صورت گرفته در زمینه تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها..... ۱۰
۲-۲- نمونه ای از مزایای اقتصادی و زیست محیطی تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها..... ۱۲
۲-۲-۱- موضوعات عملی در مورد مجوزهای قابل تجارت..... ۱۴
۲-۲-۲- تجارت آلاینده ها در ایالات متحده..... ۱۵

فصل سوم

۳-۱- کلیات..... ۱۸
۳-۲- معیار بررسی کارایی هزینه..... ۱۹
۳-۳- تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها با استفاده از روش TRS ۲۱
۳-۳-۱- سیستم نسبت - تجارت..... ۲۱
۳-۳-۲- کارایی هزینه در شرایط بازار متعادل..... ۲۴
۳-۳-۲-۱- شیوه تجارت همزمان..... ۲۹
۳-۳-۲-۲- شیوه تجارت متقابل پی در پی ۳۰
۳-۳-۳- شبیه سازی ریاضی..... ۳۲
۳-۴- ملاحظات و مقایسه های بیشتر..... ۳۶
۳-۴-۱- هزینه های معامله..... ۳۷
۳-۴-۲- تعداد نقاط/ نواحی گیرنده و نقاط داغ..... ۳۸
۳-۴-۳- مسئله سواری مجانی..... ۴۰

فصل چهارم

۴-۱- مقدمه..... ۴۳
۴-۲- مدل های دوتایی خطی بر اساس برنامه ریزی خطی ۴۳
۴-۳- یافتن پاسخ معادلات رگرسیونی..... ۴۹

فصل پنجم

۵-۱- مدل سازی غلظت اکسیژن محلول در رودخانه ها..... ۵۳
۵-۲- لاگون..... ۶۲
۵-۲-۱- لاگون هوازی..... ۶۴

فصل ششم

۶-۱- انتخاب منابع تولید آلاینده و تعیین تابع هزینه حذف بار آلودگی.....۶۸
۶-۲- معادلات بهینه سازی هزینه.....۷۵
۶-۲-۱- فرم کلی تابع رگرسیون.....۷۵
۶-۲-۲- تابع رگرسیونی بالا و پایین.....۷۸
۶-۳- استفاده از روش TRS برای تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها.....۹۰
۶-۴- نتیجه گیری و پیشنهادات.....۱۱۹

فصل هفتم

۷-۱- نتیجه گیری.....۱۲۱
۷-۲- پیشنهادات.....۱۲۴

فهرست منابع

فهرست منابع فارسی.....۱۲۸
فهرست منابع انگلیسی.....۱۲۸

فصل اول

کلیات تحقیق

۱– ۱– مقدمه

آب گهواره حیات بوده، زندگی از آن آغاز گردیده و ادامه دهنده حیات نیز می باشد و مهمترین عاملی است که وظایف فیزیولوژیکی بدن انسان و حیوانات را انجام می دهد. همچنین بیش از هر ماده اولیه دیگری در ساختمان بدن بکار رفته و بیش از هر چیزی در حیات گیاهان و حیوانات که مستقیما در زندگی انسان مؤثر هستند، نیز بکار می رود.

اگر توجه شود که آب موجود در بزاق ۹۹/۵ درصد، خون ۷۹ درصد، بافت قلب ۷۹ درصد، ریه ۷۹ درصد، پوست ۷۲ درصد، چربی ها ۳۰ درصد، بدن ماهی ها ۷۵ درصد و دانه ها و اکثر محصولات گیاهی ۱۰ تا ۹۰ درصد می باشد و یا پذیرفته شود که زندگی بعضی موجودات مانند انواع ماهی ها که یکی از مهمترین منابع تامین پروتئین حال و آینده انسان هستند به آب بستگی دارد، اهمیت نقش آب در ادامه حیات انسان روشن تر و آشکارتر خواهد شد.

وجود آب در سیاره زمین باعث متمایز بودن آن از سایر سیارات شده است. از نظر تاریخی فراوانی و کمبود آن در هر نقطه ای در سکونت افراد بشر و یا کوچ آنها از آن نقطه موثر بوده است.

آب از زمانهای قدیم جزو مهم ترین وسایل حمل و نقل محسوب می شده و این خاصیت مهم آن در حال حاضر نیز محفوظ مانده است. بنابه شواهد تاریخی گاهی اوقات بر سر تصاحب آب یا استفاده از آن بین قبایل و گروه ها درگیریها و جنگهایی در می گرفته و امروزه نیز کشورهایی وجود دارند که به صورت مشترک از منابع آبی مرزی موجود، بهترین استفاده را می نمایند.

به دلیل کمی جمعیت، مدیریت منابع آب و توسعه آن در گذشته پیچیدگی خاصی نداشت؛ مصرف سرانه بسیار پایین بود و به علت فراوانی آب، حتی مسائل مربوط به آلودگی آن که ناشی از تخلیه زواید حاصل از مصرف مردم در آن بود، اهمیت چندانی نداشت. فقط گاه گاهی خساراتی به اجتماعات

کوچک در اثر طغیان آب ها وارد می گردید که آن هم با انتقال افراد به محل های امن تر منتفی می شد.

مساله فوق حتی تا شروع انقلاب صنعتی برای انسان مشکلاتی نداشت، ولی با شروع توسعه صنایع به مرور روستاییان با رها کردن روستاها به محل احداث صنایع هجوم برده و ضمن توسعه صنعت، تجمع افراد در کنار آن آغاز، و اجتماعات شهری شروع گردید. صنایع متأسفانه همیشه در کنار منابع آب احداث می شوند تا بتوانند علاوه بر تامین آب مورد نیاز، ضایعات حاصل از فعالیت صنعتی را در آن تخلیه نمایند . تخلیه توأم فاضلاب شهری اجتماعات مورد بحث با پسآبهای صنعتی کم کم آلودگی آبها را بالا برد و به حدی رسانید که باعث نگرانی انسان گردید.

از همان ابتدا انسان هر آبی را برای ادامه زندگی نمی پذیرفت و سعی داشت با اطلاعات ناقص خود، برای زندگی و مسائل بهداشتی از آبهای با کیفیت بهتر استفاده نماید. به مرور با ارتقاء سطح دانش عمومی و اطلاع از این که آب عامل حیات، در صورت آلودگی قاتل حیات خواهد بود، بشر نسبت به کیفیت آب مصرفی، مخصوصاً در موارد شرب سخت گیرتر شد و بالاخره به جایی رسید که برای قابل شرب بودن آب و مصارف کشاورزی و صنعتی آن ضوابط و استاندارد خاصی در نظر گرفت.

هنوز در بیشتر جوامع میزان آب مصرفی را از نظر کمیت و کیفیت نشانه تمدن و برتری می دانند. اگر بپذیریم که لازمه ادامه حیات انسان استفاده از تمام مواهبی است که خداوند در زمین برای او خلق کرده، زندگی تمام موجودات عالم، پیشرفتهای کشاورزی و صنعتی که تماماً در بهتر زیستن انسان اهمیت بسزایی دارد به آب مربوط است و همان طور که گفته شد حتی در حال حاضر بشر سعی دارد درصد مهمی از پروتئین مورد نیاز خود را از آبزیان تامین نماید.

شاید هیچ عاملی در دنیا به اندازه کمبود آب در جلوگیری از پیشرفتهای انسان تاثیر نداشته باشد و شاید بتوانیم بگوییم اصولاً بدون آب ادامه تمدن بشری امکان پذیر نیست.

انسان با تمام عوامل محیطی خود اکوسیستمی تشکیل داده و ارتباط بسیار نزدیکی با یکایک این عوامل برقرار کرده است. چون تعداد موجودات زنده این اکوسیستم خیلی متنوع است، باید انتظارداشت هر تغییری که در یکی از این موجودات یا عوامل رخ دهد باعث تغییراتی در سایر انواع موجود در اکوسیستم شود و چون انسان در راس اکوسیستم قرار گرفته است، به یقین متحمل کلیه اثرات ناشی از این تغییرات خواهد بود.

خطرناک ترین تغییرات اکوسیستم که از ناحیه فعالیت های انسان اتفاق می افتد و متأسفانه جنبه تخریب و ویران گری دارد، آلودگی محیط زیست می باشد. بعد این ویران گری در بیشتر موارد به مرحله ای رسیده که حتی برای خود انسان غیر قابل تحمل شده است و چنانچه چاره اندیشی درست و سریعی نشود، انسان و تمام موجودات اکوسیستم در معرض بدترین خطرات و نابودی قرار خواهند گرفت.

وحشت از آلودگی های محیط زیست است که انسان را وا داشته مسائل مربوطه را در سمینارهای منطقه ای و جهانی مورد بحث و بررسی قرار دهد و برای مبارزه با آلودگی ها، متخصصین کشورهای مختلف با یکدیگر همکاری و هم فکری نمایند. بدین ترتیب آلودگی محیط زیست نیز به عنوان وسیله ارتباط جمعی بین ملت ها در آمده است.

در حال حاضر تنها قسمتی از آبهای خوب زیرزمینی و آبهای شیرین رودخانه مورد استفاده قرار می گیرند. در خیلی از نقاط دنیا که تجمع جمغیت زیاد شده چون منابع آبی موجود جوابگوی مصرف آب در مسائل بهداشتی و توسعه اقتصادی نیستند، مجبورند با هزینه های گزاف آب را از نقاط دوردست انتقال دهند. آب به طور کلی در شهرها ۳ مصرف اساسی زیر را دارد:

الف- مصارف شهری

ب- مصارف صنعتی

ج- مصارف کشاورزی

هم اکنون به علت تخلیه فاضلاب شهری، آلودگی های محیط زیست بویژه آب، در بعضی نقاط به حدی رسیده است که به جای اینکه وجود آب و فراوانی آن باعث آسایش خیال انسان باشد، به علت زیادی آلاینده ها باعث ناراحتی خیال او شده است. اگر بپذیریم که هر متر مکعب فاضلاب خام یا تصفیه شده می تواند ۱۰ تا ۴۰ مترمکعب آب سالم را آلوده نماید، میزان آبی که به وسیله فاضلاب ها آلوده خواهد شد بسیار نگران کننده است.

کشاورزی و صنعت نیز دیگر مصرف کنندگان عمده آب هستند. بدون شک کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب است و خوشبختانه آب های مصرفی در کشاورزی در مقایسه با آب های صنعتی و آشامیدنی می تواند از کیفیت نازل تری برخوردار باشد. مصرف مواد بارورکننده زمین و موادی که علیه آفات گیاهی به کار می رود، و شستشوی باقیمانده این مواد در زمین و ورود آن به آب های جاری، آلودگی های عظیمی به وجود خواهد آورد.

متاسفانه به دلیل آنکه آلودگی های حاصل از تخلیه پساب های صنعتی متنوع تر و پیچیده تر از فاضلاب های شهری است، همه ساله هزاران ترکیب جدید شیمیایی در صنایع به کار گرفته می شود و ورود مقادیر ناچیزی از این ترکیبات از طریق پساب های صنعتی به جریان های آب، مشکلات آلودگی آب ها را بسیار پیچیده نموده و زدودن آلودگی ها را از آبها با مشکلات زیادی مواجه می سازد. به جرات می توان گفت بیشترین صدمات وارد به آب های سطحی در حال حاضر از تخلیه پساب های صنعتی به آنها حاصل می گردد.

مرگ و میر آبزیانی چون ماهی به تعداد قابل ملاحظه، در اثر تخلیه پساب های صنعتی و کشاورزی به جریان های آب سطحی در دنیا بارها اتفاق افتاده است و در کشور ما نیز این گونه مرگ و میرها بی سابقه نیست. یکی از اثرات بسیار زیان آور پساب ها، ورود موادی چون کرم، جیوه، کادمیوم و ارسنیک و بعضی مواد دیگر در آنها به بدن مصرف کننده آب های آلوده است و چون این مواد در بدن مصرف کننده آب تجمع نموده و به مرور اثرات زیان آور خود را آشکار می سازد، ممکن است انسان را

به بیماری های مختلف و عوارضی که تا پایان عمر گریبان گیر اوست دچار کند. نظیر این مشکلات در کشور ژاپن دیده شده و کارخانه ای که پساب خود را که محتوی فلزات سنگین بوده، به جریان آبی که مورد استفاده مردم قرار داشته تخلیه نموده و باعث شده تعدادی از مصرف کنندگان به بیماری های دایمی دچار شوند.

از سال ۱۹۷۰ که قیمت نفت در دنیا به شدت افزایش یافت، انسان به فکر تولید انرژی دیگری که تا حدودی جایگزین نفت بوده و هزینه تمام شده آن نیز کمتر از آن باشد افتاد. ارزان ترین انرژی تولیدی، الکتریسیته حاصل از نیروی سقوط آب بود و از آن زمان استفاده از نیروی هیدروالکتریک آب رو به افزایش نهاد و امروزه این عمل با ساختن سدهای چندمنظوره بر روی رودخانه ها عملی می شود. آب علاوه بر مصارف یاد شده می تواند در مسائل تفریحی نیز به کار برده شود و در سال های اخیر نیز آب به عنوان عاملی در پرورش آبزیان مخصوصاً ماهی ها به کار رفته و از این راه مقادیر زیادی پروتئین تهیه و تامین می شود. با وجودی که خداوند متعال با لطفی که به بندگان خود دارد، محیط زیست مخصوصاً آب را آماده مقابله با آلودگی های دریافتی ناشی از فعالیت های انسانی نموده، ولی دامنه آنها به اندازه ای وسعت یافته و تعداد آلودگی ها به قدری متنوع شده که آب قادر به مقابله با آلودگی از طریق تصفیه خود به خود (خود پالایی) نیست. روش های مدرن تصفیه آب و تکنولوژی های پیشرفته ای که در این زمینه موجود است قادر است آب های آلوده را به آب قابل شرب یا آبی با کیفیت مورد نیاز در مصارف خاص تبدیل نماید. ولی گاهی اوقات به علت شدت آلودگی، عمل تصفیه اقتصادی نخواهد بود و آب تصفیه شده از نظر قیمت ممکن است در توان مصرف کننده آب نباشد.

متاسفانه در بیشتر کشورهای جهان سوم و حتی در حال توسعه مرگ و میرهای ناشی از آلودگی آب، مخصوصاً در مورد کودکان، جایگاه خاصی از نظر بهداشت عمومی به خود اختصاص داده است و در این کشورها هنوز نتوانسته اند این گونه تلفات را مهار نمایند.

در بعضی کشورها به علت عدم دسترسی به آب سالم به میزان کافی برای بهداشت فردی و شستشوهای مورد نیاز، امکان توسعه آلودگی و انتقال بیماری به علت مسائل مربوط به بهداشت فردی وجود دارد. در پایان سال ۱۹۸۰ تقریباً دو سوم مردم کشورهای در حال توسعه از داشتن آب سالم محروم بودند و بهداشت فردی این افراد بهتر از وضع آب سالم آن ها نبود. سازمان بهداشت جهانی نیز دهه ۱۹۹۰-۱۹۸۰ را دهه آب سالم و بهداشت عمومی برای همه نام نهاد و در این دهه در زمینه های مورد بحث اقدامات مفیدی از طریق بیشتر کشورهای عضو به عمل آمد.

۱– ۲– بیان مسئله

مدیریت کیفی سیستم های رودخانه ای به عنوان یکی از مسائل اساسی در تحلیل سیستم های منابع آب، در چند دهه گذشته مورد توجه پژوهشگران قرار داشته است. علت اصلی این توجه ارزش اقتصادی حاصل از بهره برداری بهینه از ظرفیت پذیرش آلاینده و خود پالایی این سیستمها و در نتیجه کاهش هزینه های مربوط به تصفیه می باشد.

سازمان محیط زیست به عنوان متولی حفاظت از منابع زیست محیطی می بایست پس از بررسی رودخانه و پارامترهای تعیین کننده آن، ظرفیت نهایی پذیرش آلاینده را مشخص کند و با در نظر گرفتن اینکه چه میزان از آلاینده ها از بالادست جریان به پایین دست منتقل می شود، میزان مجاز ورود آلاینده در هر مقطع از رودخانه را تعیین نماید. در مرحله بعدی واحدهایی که آلاینده تولید می کنند، با توجه به محل قرار گیری آنها مجوز تخلیه دریافت می نمایند. در اینجا ممکن است واحدهایی حضور داشته باشند که به دلایلی نیاز به استفاده از ظرفیت تخصیص داده شده نداشته باشند. در این صورت این واحدها می توانند مجوز استفاده نشده خود را به واحدهای دیگر بفروشند.

در بیشتر مطالعاتی که تا کنون انجام گرفته از عدم قطعیت های موجود در توابع هزینه تصفیه آلاینده ها چشم پوشی شده است. این در حالی است که توابع هزینه تصفیه آلاینده ها انگیزه اصلی

واحدهای تولید کننده آلایندگی برای خرید و فروش مجوز تخلیه است. در اینجا هدف آن است که با ارائه مدلی برای تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها، ماهیت غیر قطعی توابع هزینه تصفیه آلاینده در نظر گرفته شود و تاثیر آن بر کل تجارت و هزینه های آن بررسی گردد.

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲– ۱– خلاصه ای از تحقیقات صورت گرفته در زمینه تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها

مجوز تخلیه قابل تجارت (TDP[۱]) برای حدود سه دهه است که به عنوان یک ابزار موثر کاهش دهنده هزینه ها، با در نظر گرفتن استانداردهای از پیش تعیین شده جهت حفاظت محیط زیست، معرفی شده است. طراحی یک سیستم تجارت به ماهیت آلاینده ای که وارد رودخانه می شود بستگی دارد. تیتنبرگ[۲] [۳۳] آلاینده ها را به سه دسته تقسیم بندی کرده است که عبارتند از: آلاینده های قابل تجزیه[۳] با اختلاط یکنواخت، آلاینده های جمع شونده[۴] با اختلاط یکنواخت و آلاینده های قابل تجزیه که بصورت غیر یکنواخت مخلوط شده اند. تیتنبرگ گروه آلاینده های جمع شونده با اختلاط غیر یکنواخت نظیر سرب را در نظر نگرفته است.

در مورد آلاینده هایی که بطور یکنواخت مخلوط شده اند، چه جمع شونده (مانند دی اکسید کربن) یا قابل تجزیه (مانند ترکیبات آلی فرار[۵]) یک سیستم تجارت ساده بر مبنای یک به یک بودن، با برابر نمودن هزینه های نهایی کاهش آلودگی در میان تخلیه کننده ها، راندمان را بهتر می کند. اما سیستم TDP برای آلاینده های با اختلاط غیر یکنواخت، چه جمع شونده (مثل فلزات سنگین) و چه قابل تجزیه (مثل دی اکسید سولفور در هوا و BOD[۶] در آب) پیچیده تر بوده و کانون توجهات در نوشته ها در مورد TDP می باشد. این بدان علت است که بخاطر گستردگی و سه بعدی بودن، الگوی آسیب به محیط زیست فقط به سطح انتشار این آلاینده ها بستگی نداشته، بلکه به موقعیت و ویژگی های انتقال آلاینده و نیز نوع آلاینده هم مربوط است. اساساً سه سیستم مهم TDP برای آلاینده هایی که دارای اختلاط یکنواخت هستند، پیشنهاد شده است و بطور وسیعی در نوشته ها در مورد آن بحث

---

۱ Tradable Discharge Permit
۲ Tietenberg
۳ Assimilative
۴ Accumulative
۵ Volatile Organic Compounds
۶ Biochemical Oxygen Demand

می شود. این سیستمها عبارتند از سیستم مجوز محدود (*APS*[1]) [۲۹]، سیستم تسویه آلودگی (*POS*[2]) [۲۵] و سیستم تجارت نرخ ورود آلاینده ها (*ERS*[3]) [۱۵،۱۶،۲۳،۲۴].

در روش *APS*، نخست برای تمامی مناطق پذیرنده آلودگی مجوزهای تخلیه صادر می گردد. برای استفاده از حداکثر توان رودخانه در جذب آلاینده ها، تمام واحدهای تخلیه کننده آلودگی می بایست متناسب با مقدار آلاینده ای که می خواهند وارد رودخانه نمایند، اقدام به تهیه مجوز تخلیه از مناطقی نمایند که تحت تأثیر آلاینده آنها قرار خواهند گرفت. نسبتهای تجارت (نرخهای معاوضه) با در نظر گرفتن این مجوزها و به وسیله ماتریس ضرایب انتقال[4] تعیین می شود. مونتگومری[5] [۲۹] نشان می دهد که با انتشار مجوزها برای هر منطقه پذیرنده آلاینده، تعادل رقابتی برای یک بازار محدود وجود دارد و میتوان همزمان به یک مجموعه از استانداردهای کیفی زیست محیطی از پیش تعیین شده با حداقل هزینه دست یافت. آشکار است که روش *APS* از بابت هزینه های بالای معاملات، آسیب می بیند. زیرا هر واحد تخلیه کننده باید مجموعه ای از مجوزهای تخلیه آلاینده را از تمام مناطقی که تحت تأثیر آن آلاینده قرار می گیرند جمع آوری نماید. کراپنیک[6] [۲۵] نشان می دهد که *APS* همچنین از این شرط نسبتاً محدود کننده (و معمولاً دست نیافتنی) رنج می برد که تخصیص اولیه مجوزهای تخلیه باید به گونه ای باشد که حتماً قیدهای مربوط به آلایندگی در نواحی پذیرنده آنها، تضمین کند که تعادل بازار با حداقل هزینه صورت خواهد پذیرفت.

پس از آن کراپنیک [۲۵] روش *POS* را پیشنهاد داد. در روش *POS*، تا زمانی که مدل کیفیت زیست محیطی رودخانه، نشان دهد که انجام معاملات پیشنهاد شده استانداردهای کیفی محیط زیست را نقض نمی کند، واحدهای تولید کننده آلاینده برای تجارت آزاد هستند. اگر شبیه سازی نشان دهد

---

[1] Ambient-Permit System
[2] Pollution-Offset System
[3] Emission Trading System
[4] Transfer Coefficient Matrix
[5] Montgomery
[6] Krupnick

که یک تجارت پیشنهاد شده، استانداردهای کیفی محیط زیست را در یکی از نقاط پذیرنده آلاینده نقض می کند، آنگاه تخلیه آلاینده باید با نسبتی برابر با نسبت ضرایب انتقال دو منبع تجارت گردد. بنابراین در مدل کیفی محیط زیست، نسبت های جایگزین ارائه شده است. سواری مجانی[1] و همراه بودن آن با هزینه های بالای تجارت، مثل عدم قطعیت در تجارت ها (که ناشی از شبیه سازی ها هستند) از مشکلات جدی این روش می باشند.

در روش ERS ابتدا سازمان مسئول محیط زیست، نسبتهای معاوضه را از پیش محاسبه و تعیین می کند، که این نسبتها برابر با نسبتهای هزینه نهایی کاهش آلودگی تخلیه کننده هاست؛ به گونه ای که هزینه کل کمترین باشد. سپس واحدهای تخلیه کننده آلاینده ها مطابق با این نسبتها با یکدیگر وارد تجارت می شوند. ولی عیب کار این است که هزینه سربار برای سازمان محیط زیست بسیار بالاست. چرا که سازمان باید برای تعیین نسبت های تخلیه و انتخاب توزیع ابتدایی، اطلاعات کاملی از توابع هزینه کاهش آلودگی واحدهای تخلیه کننده داشته باشد که در نتیجه آن بتواند به نتیجه مطلوب دست یابد. به علاوه برخی قیود زیست محیطی که پیش از شروع تجارت آلاینده توسط واحدهای تخلیه کننده کاملاً رعایت شده بودند، ممکن است پس از شروع تجارت نقض شوند.

۲-۲- نمونه ای از مزایای اقتصادی و زیست محیطی تجارت مجوز تخلیه آلاینده ها

دانشمندان حوزه اقتصاد و سیاست در اوائل دهه ۱۹۶۰ به جای استراتژی سنتی و تکنولوژی محور مدیریت آلودگی با عنوان "*Command-and-Control*"، در سیاست های زیست محیطی ابزارهای جدیدی را ارائه نمودند. این ابزارهای جایگزین یا همان روش های عملکرد محور، شامل نرخ های مالیات مربوط به فاضلاب، و مجوزهای قابل تجارت می باشند. به طور نظری چنین روش هایی جامعه

[1] Free Riding
سواری مجانی به وضعیتی گفته می شود که برخی از تخلیه گرها بدون پرداخت هزینه، از امکاناتی برخوردار شوند که توسط واحدهای دیگر خریداری شده است.

را قادر می سازد که با کمترین هزینه ها به استانداردهای زیست محیطی از پیش تعیین شده دسترسی پیدا کند [۵]. بامول[۱] و اوتس[۲] [۴] در سال ۱۹۷۱ نشان دادند که مالیات و خروج یکنواخت به ازای هر واحد آلاینده از تمام منابع، منجر به دستیابی به هزینه موثر در اهداف از پیش تعیین شده زیست محیطی می گردد. چون تمام منابع انتشار آلاینده در نهایت هزینه های کاهش آلودگی خود را به سطح نرخ مالیات می رسانند (برای حداقل نمودن هزینه های کل)، در میان تمام انتشار دهنده ها، برابری هزینه های کاهش آلودگی نهایی نتیجه می گردد.

همچنین می توان به وسیله یک سیستم مجوزهای قابل تجارت که آشکارا اجازه تخلیه و نیز تبادل آزادانه این مجوزها را می دهد، به این رابطه برابری دست یافت. در چنین سیستمی، قیمت ها به صورت یکپارچه و یکنواخت پدیدار شده که منجر به تخصیص کارآمد این مجوزها می شود [۳۵]. مزیت دیگر روش هایی که بر مبنای عملکرد استوارند، انعطاف پذیری است که برای منابع آلودگی جهت کاهش دادن خروج آلاینده همراه با حداقل نمودن هزینه ها فراهم می کنند. چون تکنولوژی مشخصی تجویز نشده است و فقط عملکرد کنترل آلودگی در کانون توجه است، چنین روش هایی از این پتانسیل برخوردارند که ابتکارات و نوآوری ها در حوزه تکنولوژی و مدیریت کاهش آلودگی را ترغیب نمایند. اگر چه ریاضیات برای هر دوی روش های مالیات فاضلاب و مجوز قابل تجارت، یک هزینه - کارایی معادل را در برآورده نمودن اهداف از پیش تعیین شده پیشنهاد می نماید، تفاوت عملی این دو در چگونگی تعیین نرخ مالیات یکنواخت، یا قیمت مجوز قابل تجارت می باشد. در مورد مالیات بر فاضلاب، در حالیکه هر نرخ مالیاتی برابر سازی هزینه نهایی را نتیجه می دهد، فقط یک نرخ مالیات، نتیجه زیست محیطی مطلوب را تولید می نماید. جهت پیدا نمودن این نرخ، تحقیقات فشرده یا روش آزمون و خطا ضروری می باشد. در مورد مجوزهای قابل تجارت، قیمت درست بایستی به وسیله معاوضه مجوزها بین

---

[۱] Baumol
[۲] Oates