



۵۸۴۹



مؤسسه عالی پژوهش در برنامه‌ریزی و توسعه

پایان‌نامه تحصیلی

برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

رشته مهندسی سیستمهای اقتصادی-اجتماعی

عنوان

قیمت‌گذاری استفاده از محدوده طرح ترافیک به منظور

کاهش آلودگی هوا، مطالعه موردی: تهران

استاد راهنما

دکتر حسین پورزاهدی

استاد داور

دکتر سیدفرخ مصطفوی

استاد مشاور

دکتر یوسف شفاهی

۱۳۸۲ / ۱۰ / ۳۰

نگارش

احمد فرخنده

مهر و امضاء استاد راهنما
دکتر حسین پورزاهدی

مهر ۱۳۸۰

۸۸۴۳۹



بسمه تعالی

ارزشیابی پایان‌نامه تحصیلی

دفاع نهایی پایان‌نامه آقای احمد فرخنده دانشجوی کارشناسی ارشد
مهندسی سیستم‌های اقتصادی - اجتماعی با عنوان:

“قیمت گذاری استفاده از محدوده طرح ترافیک به

منظور کاهش آلودگی هوا”

مطالعه موردی: تهران

بانمره ۱۷ و درجه بسیار خوب در تاریخ ۸/۸/۹۸ مورد تصویب قرار گرفت.

امضای هیأت داوران:

۱- استاد راهنما: دکتر حسین پورزاهدی

۲- استاد مشاور: دکتر یوسف شفاهی

۳- استاد داور: دکتر سیدفرخ مصطفوی

۴- سرپرست حوزه معاونت آموزشی

و پژوهشی: جواد روحانی رصاف

تقدیم به:

همسر عزیزم که بدون یاری و همراهی او

انجام این مهم میسر نبود.

تشکر و قدردانی

با تشکر و قدردانی از اساتید محترم جناب آقای دکتر حسین پورزاهدی استاد محترم راهنما و دکتر یوسف شفاهی استاد محترم مشاور و دکتر سیدفرخ مصطفوی استاد محترم داور که مرا در انجام این مهم یاری نمودند.

و همچنین با تشکر از جناب آقای دکتر جواد روحانی رصاف که در طول دوران تحصیل مرا یاری نمودند.

احمد فرخنده

چکیده

قیمت‌گذاری استفاده از محدوده ترافیک به منظور کاهش آلودگی هوا

مطالعه موردی: تهران

احمد فرخنده

امروزه یکی از معضلات و مشکلات بزرگی که اکثر شهرهای بزرگ جهان با آن روبرو هستند، مسئله آلودگی هوا و افزایش روزافزون آن است. با توجه به پرهزینه بودن امر بهبود کیفیت هوا، جلوگیری از بوجود آمدن این پدیده با استفاده از راههای پیشگیرانه و کنترل آلودگی در محدوده مجاز ضروری به نظر می‌رسد. سیاستهای متنوعی در جهت کنترل آلودگی هوای ناشی از ترافیک وجود دارد که در میان آنها سیاست کنترل ترافیک جایگاهی ویژه دارد. از میان روشهای کنترل ترافیک روشهای اخذ عوارض از وسایل نقلیه شخصی (در زمان یا مکان خاص) بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش این روش از کنترل ترافیک به منظور کنترل آلودگی هوا مورد بررسی قرار گرفته است.

در این تحقیق با توجه به ارتباط نزدیک عوامل هواشناسی و نحوه پخش مواد آلوده‌کننده در هوا، ابتدا هواشناسی آلودگی هوا مورد بررسی قرار گرفته است. سپس در ادامه مسئله، کنترل دینامیک آلودگی هوا در شهرهای بزرگ به صورت یک مسئله تصمیم‌گیری مارکوف فرمولبندی شده و روش تکرار سیاست هاوارد برای حل این مسئله ارائه می‌شود. در پایان، کاربرد مدل در کنترل میزان آلودگی هوای شهر تهران نشان داده می‌شود. برای این منظور، از اطلاعات واقعی آلودگی هوا، و شرایط جوی شهر تهران استفاده شده و ماتریسهای گذر روند مارکوف از آن بدست آورده می‌شود. سپس، با استفاده از مدل تخصیص ترافیک این شهر برآوردی از هزینه‌های تصمیمهای مختلف صورت می‌گیرد، و بر اساس این برآوردها ماتریس پیامد روند تصمیم‌گیری مارکوف بدست آورده می‌شود. مکانیزم اثر قیمت ورود به محدوده بر چگونگی انتخاب وسیله، بویژه سواری شخصی، در مدل انتخاب وسیله مجموعه مدلهای برآورد تقاضای شهر تهران پیدا شد، و از آن برای ارزیابی گزینه‌های قیمت ورود به محدوده در روند تصمیم‌گیری مارکوف استفاده شد. در پایان این مطالعه، کاربرد این اطلاعات در تصمیم‌گیری به نمایش گذارده شد. این مطالعه قدم ابتدایی برای رسیدن به یک هدف بزرگ است. بدیهی است برای

رسیدن به این هدف بزرگ که همان کنترل و کاهش آلودگی هواست، با استفاده از مدل بکار برده شده در این مطالعه، باید مطالعات بسیار گسترده تری صورت پذیرد. در این مطالعه با استفاده از امکانات موجود، شهر تهران در قالب مدل شبیه سازی شده و در پایان سیاست بهینه اخذ عوارض برای ورود به محدوده طرح ترافیک، با هدف کنترل آلودگی هوا شناسایی گردید. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می دهد که تصمیم بهینه برای اخذ عوارض توسط گردانندگان سیستم با توجه به میزان CO موجود در هوا در روز n ، برای روز $n + 1$ چه خواهد بود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: معرفی مسأله و اهمیت آن
۲	۱-۱- هوا چیست؟
۶	۲-۱- هوای آلوده
۸	۳-۱- حمل و نقل و آلودگی هوا
۹	فصل دوم: مروری بر کوششهای پیشین در زمینه مدلسازی آلودگی هوای ناشی از ترافیک
۹	۱-۲- پیشگفتار
۸	۲-۲- تعاریف
۱۰	۳-۲- مدل‌های نشر آلودگی ناشی از وسایل نقلیه
۱۵	۴-۲- مدل‌های نشر در هر یک از حالات حرکتی چهارگانه
۱۷	۵-۲- مدل‌های پخش آلودگی ناشی از وسایل نقلیه
۱۸	۶-۲- مدل‌های پخش مقیاس خرد
۲۷	۷-۲- مدل‌های پخش مقیاس میانی
۳۰	فصل سوم: برنامه‌ریزی کنترل ترافیک به منظور کاهش آلودگی هوا
۳۰	۱-۳- تعریف مسأله
۳۱	۲-۳- صورت ریاضی مسأله
۳۲	۳-۳- زنجیره مارکوف
۳۶	۴-۳- زنجیره مارکوف با درآمد
۳۸	۵-۳- روند تصمیم‌گیری مارکوف
۳۹	۶-۳- روش تکرار سیاست برای حل مسأله تصمیم‌گیری مارکوف با فضای حالت ناکاهنده
۴۲	۷-۳- سیستم آلودگی هوای منطقه‌ای
۴۳	۸-۳- درآمدهای گذر مارکوف در سیستم آلودگی هوای منطقه‌ای
۴۶	۹-۳- احتمالات گذر مارکوف در سیستم آلودگی هوای منطقه‌ای
۵۷	فصل چهارم: گردآوری اطلاعات و مهیاسازی زمینه اجرای مدل
۵۸	۱-۴- مقدار CO هوا در روزهای مختلف در سالهای گذشته
۶۱	۲-۴- اطلاعات مربوط به شرایط جوی هوا در روزهای مختلف در سالهای گذشته
۶۴	۳-۴- اطلاعات مربوط به شبکه حمل و نقل

صفحه	عنوان
۷۰	۴-۴- ارزش ریالی زمان سفر
۷۰	۴-۵- قیمت واقعی هر لیتر بنزین و گازوئیل
۷۱	۴-۶- جدول طبقه‌بندی کیفیت هوا (استانداردهای آلودگی هوا) برای آلاینده CO
۷۲	فصل پنجم: کاربرد روش پیشنهادی کنترل آلودگی هوا برای شهر تهران
۷۲	۵-۱- مقدمه
۷۳	۵-۲- تعریف حالتها و تصمیمها
۷۴	۵-۳- انتخاب اطلاعات مناسب برای برآورد احتمالات گذر
۷۴	۵-۴- محاسبه احتمالات گذر
۸۵	۵-۵- محاسبه درآمدهای گذر
۹۷	۵-۶- تعیین سیاست بهینه اخذ عوارض از وسایل نقلیه شخصی
۹۷	۵-۷- سیاست بهینه اخذ عوارض با جداول احتمالی دیگر
۱۰۰	فصل ششم: خلاصه، نتیجه‌گیری و آرایه پیشنهاد
۱۰۳	منابع و مأخذ

فصل اول

معرفی مسأله و اهمیت آن

مقدمه

از آغاز کشف آتش، انسان به تدریج هوای این کره خاکی را هر چه بیشتر آلوده نموده است. انسان بطور متوسط نمی‌تواند بیش از ۳۰ روز بدون خوراک، بیش از ۳ روز بدون آب و بیش از ۳ دقیقه بدون هوا زندگی کند. این نشان می‌دهد که هوا چقدر برای بشر مهم و حیاتی است، اما متأسفانه در طی تاریخ، بشر بطرق مختلف نه فقط غذا و آب را بلکه هوا را نیز بطور گسترده‌ای آلوده نموده است.

این آلودگی‌ها در شهرها و به ویژه در شهرهای بزرگ و صنعتی بیشتر دیده می‌شود. شهر تهران را می‌توان به جرأت یکی از آلوده‌ترین شهرهای دنیا دانست. بنا به اعلام مقامات سازمان بهداشت جهانی، تهران از نظر غلظت آلاینده‌های تنفسی به ویژه دوده، اولین شهر آلوده، و از نظر دی‌اکسید گوگرد، دومین شهر آلوده جهان می‌باشد.

براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، تراکم گاز منواکسید کربن در این شهر به کرات به حد ۵۰ جزء در میلیون (ppm) می‌رسد، در حالی که بالاترین حد مجاز این گاز براساس معیارهای سازمان بهداشت جهانی ۹ جزء در میلیون است. میزان هیدروکربورهای موجود در هوای تهران نیز به بیش از ۹۰ برابر حد مجاز رسیده است. آمار قابل دسترس برای آلاینده‌های خطرناک مانند سرب، اکسیدهای ازت و بنزین نیز حاکی از فرارفتن آنها از حد قابل تحمل برای زندگی انسانهاست. اکثر آلاینده‌های ذکر شده ناشی از وسایل نقلیه موتوری است، و آلودگی ناشی از خودروها حدود ۷۰ درصد کل آلودگی‌های تهران را تشکیل می‌دهد، که از اهمیت بالایی برخوردار است. آلودگی هوای تهران از جهت آثار زیانبار اقتصادی و تخریب محیط زیست از یک سو و اثر فاجعه‌آمیز تهدید سلامتی جسمی و روانی از سوی دیگر زیان هنگفتی را در پی دارد. با توجه به اهمیت مسأله، کارهای متفاوتی در راستای حل این مشکل تاکنون صورت گرفته است، از جمله این کارها می‌توان به طرح جامع کنترل آلودگی هوای تهران اشاره نمود.

از روشهایی که در موقع بحران آلودگی هوا در تهران از آنها استفاده شد، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: لغو مجوزهای تردد در محدوده طرح ترافیک، تردد نوبتی وسایل نقلیه براساس زوج و فرد بودن شماره های آنها، و تعطیلی مراکز آموزشی و اداری.

با استناد به این جمله معروف که "علاج واقعه را قبل از وقوع باید کرد" بهتر است با توسل به روشهای پیشگیرانه از بروز بحران جلوگیری شود. به منظور جلوگیری از بروز بحران، نیاز به داشتن میزان آلاینده‌های هوا در روزهای آینده است. به همین منظور مدل‌های ریاضی گوناگونی برای پیش‌بینی آلودگی هوا بررسی و ارائه شده‌اند. در تحقیق حاضر نیز پس از بررسی مدل‌های مطرح شده، مدلی برای پیش‌بینی و کنترل میزان آلودگی هوای تهران با توجه به شرایط متفاوت جوی و دیگر پارامترهای مؤثر، ارائه می‌گردد. در این مدل، براساس شرایطی از آلودگی هوا که برای روز(های) آینده پیش‌بینی می‌شود، تصمیمی مناسب برای کنترل میزان استفاده از وسایل نقلیه شخصی در یک منطقه گرفته می‌شود، تا بدینوسیله هزینه‌های قابل انتظار کمینه گردد.

هوا و آلودگی

در این فصل ابتدا برخی مفاهیم اولیه در مورد هوا توضیح داده خواهد شد، سپس آلودگی هوا به طور کوتاه شرح داده می‌شود، و در پایان اثرات حمل و نقل بر آلودگی هوا بیان می‌شود.

۱-۱- هوا چیست؟

۱-۱-۱- هوا، مخلوط گازها

هوا مخلوطی از چندین گاز است (که ترکیب شیمیایی نیست)، و هر گاز خواص شیمیایی خود را حفظ کرده است. هوا تقریباً دارای ۷۸ درصد ازت، ۲۱ درصد اکسیژن، مقدار خیلی کم انیدریک کربونیک (۰/۰۳ درصد)، و کمتر از یک درصد آرگون (این گاز بی‌اثر بوده و در هیچ ترکیب شیمیایی شرکت نمی‌کند) و مقدار بسیار جزئی از گازهای دیگر که بیشترشان گازهای بی‌اثر هستند، می‌باشد. هوا دارای

پیش‌آمدهای طبیعی پخش شده باشد. مانند انفجار آتش‌فشانها، آتش‌سوزی جنگلها، پوسیدگی و فساد رستنیها.

۱-۱-۲- اتمسفر محدود

هوایی که ما تنفس می‌کنیم محدود است. ضخامت اتمسفر زمین حدود چند صد مایل است، ولی نزدیک به ۹۵ درصد کل هوا در قشر نازکی به قطر ۱۲ مایل فشرده شده است. هر چه از زمین بالاتر برویم از چگالی هوا کاسته می‌شود، بطوریکه بین ۲۵۰ و ۹۰۰ مایل بالای زمین به فضای خالی از هوا منتهی می‌شود.

۱-۱-۳- تروپوسفر

از ۱۲ مایل قشر اتمسفر فقط قسمت کمی دارای حداکثر غلظت است که تروپوسفر نامیده می‌شود. این در حقیقت همان قسمتی است که ما آن را هوا می‌نامیم. لایه تروپوسفر در قطب ۵ مایل و در استوا ۱۰ مایل ضخامت دارد. ضخامت قشر تروپوسفر با در نظر گرفتن قطر کره زمین بسیار ناچیز است. برای مقایسه می‌توان گفت که نسبت ضخامت تروپوسفر به کره زمین مثل ضخامت پوسته سیب به خود سیب است. ولی انسان بدون توجه به نازک بودن ضخامت تروپوسفر هر روز هزاران تن مواد آلوده‌کننده به فضا رها می‌کند و بدین ترتیب هوای مورد تنفس ما هر روز رو به زوال می‌رود.

۱-۱-۴- دمای هوا

در محدوده تروپوسفر درجه حرارت هوا به نسبت ارتفاع به مقدار معینی کم می‌شود که به آن نسبت افت می‌گویند. این نسبت در هوای خشک ۵/۴ درجه فارنهایت (حدود ۳/۶ درجه سانتیگراد) بازاها هر هزار پا (حدود ۳۰۰ متر) ارتفاع می‌باشد. بدین ترتیب اگر حجمی از هوا از سطح پایین به طرف ارتفاعات بالا حرکت کند و هیچ تبادل حرارتی با مجاورت خود نداشته باشد، در اثر کم شدن فشار و انبساط، هوا به

نسبت معینی سرد می‌شود. عکس این حالت نیز وجود دارد، یعنی اگر حجمی از هوا به طرف سطح پائین تر حرکت کند، فشار افزایش یافته در نتیجه درجه حرارت بالا می‌رود.

۱-۱-۵- ناپایداری و توربولانس

نسبت افت درجه حرارت تئوریکی را کنترل می‌کند. مثلاً در ارتفاع ۵۰۰ پایی درجه حرارت هوا ممکن است ۵۰ درجه فارنهایت و در ۱۵۰۰ پا ۴۰ درجه فارنهایت باشد. در صورتی که درجه حرارت تئوری آن ۴۴/۶ درجه فارنهایت است. وقتی که چنین حالتی وجود داشته باشد می‌گویند "هوا ناپایدار است"، در این صورت هوای گرم به سرعت به طرف بالا صعود می‌کند. در حالت دیگر وقتی درجه حرارت نسبتاً کم تغییر کند، مثلاً از ۵۰ درجه فارنهایت در ۵۰۰ پا تا ۴۹ درجه فارنهایت تا ۱۵۰۰ پا تغییر کند اصطلاحاً می‌گویند که "هوا پایدار است" و حرکت هوا در این حالت سریع نخواهد بود. ناپایداری هوا برای انسان بسیار مفید است. در جریان ناپایداری طبقات مختلف هوا با هم مخلوط شده و مواد آلوده‌کننده را رقیق می‌کنند.

۱-۱-۶- عمق اختلاط

انبساط هوای گرم و بالارفتن آن، و اختلاط آن با هوای سردتر، در جایی که هوای گرم به هوای هم دمای خود می‌رسد "عمق اختلاط" نامیده می‌شود. این عامل نشان دهندهٔ مرز پراکندگی آلودگی است. در فصول مختلف سال عمق اختلاط تغییر می‌کند. در طول تابستان و در ساعات روشن روز این عمق چندین هزار پا است و در طول زمستان موقعی که خورشید حرارت کمتری دارد این عمق به حدود چند صد پا کاهش می‌یابد. عمق اختلاط به نسبت ساعات روز نیز تغییر می‌کند. در مواقع شب موقعی که هوا به سردترین زمان خود می‌رسد عمق اختلاط به حداقل کاهش می‌یابد.

۱-۱-۷- وارونگی

موقعی که هوای سطح زمین سردتر از هوای بالای خود باشد، به علت سنگینی هوای سطح زمین، عمل مخلوط شدن انجام نمی‌شود. اصطلاحاً می‌گویند که هوا پایدار است. این پدیده که عبارت از محصور شدن هوای سرد توسط یک لایه از هوای گرم است "وارونگی" نامیده می‌شود.

وارونگی انواع مختلفی دارد که مهمترین آنها دو نوع می‌باشد:

- ۱) وارونگی ته نشینی: موقعی بوجود می‌آید که لایه‌ای از هوا در منطقه‌ای ته نشین شده و در اثر انبساط سرد می‌گردد. در حالیکه هوا در طبقات فوقانی فشرده و گرم باقی مانده است.
- ۲) وارونگی تشعشعی: اکثراً در شب، موقعی که سطح زمین تشعشعات حرارتی را به فضا می‌فرستد، و موقع شب سرعت سرد می‌شود، و با این عمل هوای مجاور خود را نیز سرد می‌کند، بوجود می‌آید. این نوع وارونگی در حوالی صبح موقعیکه خورشید به زمین می‌تابد قطع می‌گردد.

۱-۱-۸- خصوصیات هوای شهر

گرچه سطوح ناهموار ایجاد توربولانس مکانیکی می‌نماید ولی از طرف دیگر از جریان آزاد هوا ممانعت می‌کند. این ممانعت در ایجاد خطرات آلودگی هوا نیز سهیم می‌باشد. شهرها به اتمسفرشان وابستگی شدید دارند، ولی در حومه شهر چنین وابستگی مشاهده نمی‌شود. مرکز شهر بعلت وجود ساختمانهای عمودی و خیابانهای دره مانند، درطول روز انرژی بیشتری جذب نموده و در تمام طول شب آن انرژی را در خود نگه‌میدارند. سطوح عمودی متعدد فرصت بیشتری برای جذب گرما دارند و قسمت اعظم این گرما را به یکدیگر منعکس کرده و بالاخره به آسمان برمی‌گردانند. این پدیده را سالها قبل هواشناسان "اثر جزیره گرما" نامیده‌اند. این پدیده این گونه بوجود می‌آید که هوای گرم بعلت اجتماع فشرده ساختمانهای بلند سعی می‌کند در مرکز شهر جمع شود سپس به بالا صعود کرده و همراه خود بار آلودگی را حمل نماید، سپس سرد شده در حومه شهر پایین می‌آید. هوای سرد حومه شهر به طرف مرکز

۱-۲- هوای آلوده

اضافی شدن هر ماده‌ای تاحدی خواص فیزیکی و شیمیایی هوای تمیز را تغییر می‌دهد. بنابراین چنین موادی به عنوان آلوده‌کننده هوا در نظر گرفته می‌شوند. آلوده‌کننده‌ها معمولاً بعنوان موادی که باعث تأثیرات قابل توجهی برای بشر، حیوانات، نباتات یا مواد می‌شوند طبقه‌بندی می‌گردند. براین اساس هر ماده طبیعی یا مصنوعی که بتواند از هوا بدست آید به عنوان آلوده‌کننده طبقه‌بندی می‌شود. چنین موادی بصورت ذرات جامد، قطرات مایع، گازها و یا مخلوطی از این اشکال هستند.

۱-۲-۱- انواع آلوده‌کننده‌های هوا

پنج نوع از مواد به عنوان آلوده‌کننده‌های عمده هوا شناخته شده‌اند که باعث بوجود آمدن بیش از ۹۰٪ از آلودگی هوا می‌شوند. این پنج مورد عبارتند از:

۱- منواکسید کربن (CO)

۲- اکسیدهای نیتروژن (NO_x)

۳- هیدروکربن‌ها (HC)

۴- اکسیدهای سولفور (SO_x)

۵- ذرات معلق

درباره آلودگی هوا همواره این سؤال مطرح است که، کدام منبع بیشترین مقادیر آلودگی را به هوا وارد می‌کند؟

در پاسخ به این سؤال جدول (۱-۱) که براساس مطالعاتی در ایالات متحده آمریکا بدست آمده است جالب توجه می‌باشد .