



# تحليل ريسك سلامت آلاينده مازوت

فاطمه تاتار

مرداد ۱۴۰۱

## فهرست مطالب

| عنوان                                      | صفحه |
|--|------|
| ۱- مقدمه .....                             | ۴    |
| ۱-۱ ارزیابی کمی ریسک‌ها.....               | ۴    |
| ۲-۱ ارزیابی کیفی ریسک‌ها.....              | ۵    |
| ۳-۱ مراحل تحلیل ریسک.....                  | ۵    |
| ۲- مازوت .....                             | ۷    |
| ۳- تحلیل ریسک سلامت آلاینده‌های مازوت..... | ۹    |
| ۱-۳ بررسی کیفی ریسک سلامت.....             | ۹    |
| ۲-۳ بررسی کمی ریسک سلامت.....              | ۱۳   |
| ۳-۳ سناریوهای پیشگیری.....                 | ۲۰   |
| منابع .....                                | ۲۳   |

## بخش ۱

### مقدمه

تحلیل ریسک اساساً شاخه‌ای از مدیریت ریسک است. این کار به این منظور انجام می‌شود که سازمان یا نهادهای کسب و کار بتوانند از هر نوع اتفاق پیش‌بینی نشده‌ای که اساساً به عنوان ریسک نامیده می‌شود، جلوگیری کنند. این امر بیشتر شامل شناسایی و تجزیه و تحلیل خطرات احتمالی است.

تحلیل ریسک در کاهش یا جلوگیری از خطراتی که ممکن است به نهادها آسیب برساند کمک می‌کند. در واقع شامل بررسی انواع خطراتی می‌شود که ممکن است با یک واقعه خاص یا هر حادثه‌ای همراه باشد. در هر شرایطی که بتوان خطر را از نظر کیفی یا کمی تجزیه و تحلیل کرد، تحلیل ریسک انجام می‌شود. یکی از مهم‌ترین قسمت‌های تحلیل ریسک، شناسایی میزان خسارتی است که می‌تواند به دلیل آن وقایع رخ دهد. غالباً این استراتژی به حداقل رساندن احتمال ریسک در آینده و همچنین خسارات احتمالی کمک می‌کند.

تجزیه و تحلیل ریسک به طور کلی می‌تواند به دو دسته طبقه‌بندی شود.

### ۱-۱ ارزیابی کمی ریسک‌ها

در این نوع، با کمک فرآیند شبیه‌سازی، یک مدل ریسک ساخته می‌شود. همچنین می‌توان از آمار قطعی استفاده کرد تا مقادیر عددی به ریسک اختصاص یابد. ورودی‌ها معمولاً متغیرهای تصادفی هستند که به مدل ریسک وارد می‌شوند. پس از این، مدل با توجه به دامنه ورودی متناظر، محدوده‌ای از خروجی تولید می‌کند.

## ۲-۱ ارزیابی کیفی ریسک‌ها

برخلاف روش قبلی، این یک روش تحلیلی برای تحلیل ریسک است. در این روش، خطرات بر اساس رتبه‌بندی‌های عددی یا کمی شناسایی نمی‌شوند. در تجزیه و تحلیل کیفی، یک تعریف مکتوب از عدم قطعیت‌های مختلف مورد نیاز است.

پس از این، ارزیابی میزان تأثیرگذاری خطر انجام می‌شود. در صورت وقوع رویدادهای منفی، برنامه‌های مقابله‌ای ارزیابی می‌شوند.

## ۳-۱ مراحل تحلیل ریسک

به طور عمده شش مرحله وجود دارد که در این فرآیند دخیل هستند:

۱. انجام نظرسنجی ارزیابی ریسک: این اولین گامی است که در آن ورودی از مدیریت و سایر بخش‌ها بدست می‌آید. در این بخش، اسناد مربوط به خطرات یا تهدیدهای خاص در هر یک از بخش‌ها ارائه می‌شود.

۲. **شناسایی ریسک‌ها:** دلیل اصلی انجام تجزیه و تحلیل ریسک برای ارزیابی سیستم‌های IT یا چندین جنبه دیگر از واحد کسب و کار است. به عنوان مثال خطرات مختلف برای نرم‌افزار، سخت‌افزار، کارمندان فناوری اطلاعات، داده‌ها، حوادث جانبی احتمالی مانند خطاهای انسانی، جاری شدن سیل و غیره.
۳. **تجزیه و تحلیل ریسک:** پس از شناسایی ریسک‌ها، این فرآیند شامل تعیین احتمال وقوع هر یک از آن‌ها است. همراه با آن عواقب مرتبط و نحوه تأثیر آن‌ها بر هدف اصلی پروژه باید مورد توجه قرار گیرد.
۴. **تدوین برنامه مدیریت:** اکنون پس از انجام تجزیه و تحلیل و مشخص شدن اینکه کدام یک از دارایی‌ها ارزش بالایی دارند و کدام یک می‌تواند تهدیدآمیز باشد، برای کنترل انتقال یا جلوگیری از خطر توصیه‌های کنترلی ارائه می‌دهد.
۵. **اجرا:** اکنون هدف نهایی تجزیه و تحلیل ریسک اجرای طرح است تا بتوان از خطرات کاسته یا جلوگیری کرد.
۶. **نظارت بر ریسک‌ها:** این آخرین مرحله از کل روند است که شامل شناسایی، درمان و مدیریت ریسک‌ها است که همه از جنبه‌های مهم تجزیه و تحلیل ریسک هستند.

## بخش ۲

### مازوت

نفت کوره یا مازوت یکی از هیدروکربن‌های نفتی با ارزش حرارتی بالا و قیمت کم است که در مراحل پالایش نفت خام پس از بنزین و نفت سفید به عنوان یکی از محصولات نهایی برج تقطیر به دست می‌آید. از کاربردهای مازوت می‌توان به سوخت کامیون‌ها، کشتی‌ها و کوره‌های حمام اشاره کرد. اما مهم‌ترین بخش مصرف مازوت مربوط به نیروگاه‌های حرارتی و صنایع کشور می‌باشد. نیروگاه‌های حرارتی کشور یکی از مهم‌ترین نیروگاه‌ها برای تولید الکتریسیته و تامین نیاز کشور به برق هستند. سیکل مورد استفاده در این نیروگاه‌ها، سیکل رانکین می‌باشد که از بخار آب به عنوان سیال اصلی استفاده می‌کند. در این سیکل، آب در بویلر گرم و تبدیل به بخار شده، توربین متصل به ژنراتور برق را چرخانده، تولید الکتریسیته می‌کند. سوخت اصلی نیروگاه برای حرارت دادن به بویلر، گاز طبیعی می‌باشد. در ماه‌های سرد سال که اولویت مصرف گاز به بخش خانگی اختصاص می‌یابد، نیروگاه‌ها با کمبود سوخت مواجه شده، از مازوت به عنوان سوخت پشتیبان استفاده می‌کنند. در صنایعی همچون قندسازی، نساجی، فولاد و... نیز از مازوت برای تولید انرژی جهت به‌کارگیری بخش‌های مختلف کارخانه استفاده می‌شود.

از آنجا که مازوت یکی از محصولات ناگزیر تولیدی در پالایشگاه در فرایند پالایش نفت خام است و سایر فرآورده‌های پالایش همچون بنزین و گاز جزو نیازهای اساسی کشور می‌باشند، نمی‌توان از تولید مازوت جلوگیری کرد. از طرفی در کشور ایران به دلیل استانداردهای سخت‌گیرانه زیست‌محیطی حمل سوخت مازوت، امکان صادر کردن مازوت تولیدی وجود ندارد. به دلیل عدم امکان ادامه پالایش نفت خام برای تولید فرآورده‌هایی با ارزش همچون گاز و بنزین در صورت عدم فروش مازوت، این فرآورده حتماً باید در جایی به فروش و مصرف برسد. صنایع

سنگین و نیروگاه‌های حرارتی به دلیل تولید برق، یکی از بهترین گزینه‌ها برای به مصرف رساندن مازوت می‌باشند و به ناچار آلاینده‌هایی را وارد جو خواهند کرد که در بخش بعدی به آن به طور مفصل پرداخته می‌شود.



### بخش ۳

## تحلیل ریسک سلامت آلاینده‌های مازوت

### ۳-۱ بررسی کیفی ریسک‌های سلامت

همان‌طور که در بخش قبلی ذکر شد، به ناچار مازوت سوزانده می‌شود و آلاینده‌های مختلفی را وارد جو می‌کند. آلودگی هوا پنجمین عامل خطر مرگ و میر زودرس در جهان است. بر اساس اطلاعات سازمان بهداشت جهانی سالانه ۷ میلیون نفر بر اثر تنفس ذرات معلق موجود در هوا به بیماری‌های سکته قلبی، مغزی و سرطان ریه مبتلا می‌شوند. تعدادی از آلاینده‌های هوا از جمله کربن‌منواکسید، ازن، ذرات معلق، اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO}_x$ ) و دی‌اکسیدگوگرد با توجه به اثرگذاری بر سلامت مردم و گستردگی منابع انتشار به عنوان آلاینده‌های معیار شناخته می‌شوند.

### ۳-۱-۱ اکسیدهای گوگرد

مازوت تحویلی به نیروگاه‌ها و صنایع کشور، ۲.۵ تا ۳.۵ درصد گوگرد دارد در حالی که طبق استاندارد حفاظت از محیط زیست، گوگرد موجود در مازوت باید زیر ۰.۵ درصد باشد. از این رو با سوزاندن مازوت، گوگرد موجود در آن در ترکیب با اکسیژن هوا، حجم خطرناکی از ترکیبات سمی موسوم به  $\text{SO}_x$  منتشر می‌کند که اکثر آن را آلاینده معیار  $\text{SO}_2$  تشکیل می‌دهد. این آلاینده توسط باد به اطراف پراکنده شده، سلامت مردم آن منطقه را به

خطر می‌اندازد. تنگ شدن راه‌های هوایی تنفس، اسپاسم برونش<sup>۱</sup>، سرفه شدید، سوزش چشم و مجاری تنفسی، کاهش کارایی تنفسی و تنگی نفس، کم شدن عمق تنفس و در نهایت تشدید عوارض قلبی و عروقی و تنفسی از اثرات بهداشتی منتسب به دی‌اکسید گوگرد به شمار می‌رود. [1]

### ۳-۱-۲ ذرات معلق

ذرات معلق<sup>۲</sup> به آمیزه‌ای پیچیده از ذرات بسیار کوچک و قطره‌های مایع گفته می‌شود که باعث آلودگی هوا می‌شوند. ذرات معلق با قطرهای به ترتیب کمتر از ۱۰ و ۲.۵ میکرومتر<sup>۳</sup> در مبحث آلودگی هوا دارای اهمیت ویژه می‌باشند. حین سوزاندن مازوت، ذرات معلق نیز تولید می‌شود که از دودکش نیروگاه یا کارخانه وارد جو می‌شوند که به ذرات معلق اولیه معروف می‌باشند. برای مثال وقتی مازوت به صورت ناقص می‌سوزد تولید دوده<sup>۴</sup> می‌کند که جزو ذرات معلق با قطر کمتر از ۲.۵ میکرون می‌باشد. همچنین گوگردی‌اکسید وارد شده به جو، در واکنش‌های پیچیده نیز شرکت کرده و تولید ذرات معلق می‌کند که این دسته از ذرات معلق تولیدی، به ذرات معلق ثانویه معروف هستند. تشکیل سولفات‌ها و نیترات‌ها در جو از این نوع می‌باشد. قرار گرفتن در معرض این ذرات معلق در هوا (اولیه یا ثانویه) چه به صورت مزمن باشد یا به صورت حاد، سلامتی ما را به خطر می‌اندازد. مطالعات نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض ذرات ریز علاوه بر مشاهده علائم تنفسی نظیر سرفه، خس خس و تنگی نفس، پیامدهای خطرناک تنفسی نظیر حمله آسمی، عفونت دستگاه تنفسی، کاهش رشد عملکردی ریه در کودکان، نارسایی قلبی و مرگ زودهنگام در افراد مبتلا به بیماری‌های مزمن ریوی را به همراه دارد. علاوه بر آن تحقیقات

<sup>۱</sup> Bronchospasm

<sup>۲</sup> Particulate Matter (PM)

<sup>۳</sup> PM<sub>2.5</sub> و PM<sub>10</sub>

<sup>۴</sup> soot

زیادی نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض ذرات بسیار ریز می‌تواند به بیماری‌های قلبی و عروقی شامل حمله قلبی، نارسایی قلبی، سکته و حتی مرگ منجر شود. مطالعات همچنین نشان داده است که مرگ و میر ناشی از آلودگی ذرات معلق در هوا فقط به اثرات حاد آلودگی در روزهای با آلودگی بالا محدود نمی‌شود، بلکه اثرات مزمن این نوع آلودگی می‌تواند در دراز مدت به مرگ و میر نیز منجر شود. مرگ زودرس در مبتلایان به بیماری‌های قلبی و ریوی، بروز حملات قلبی غیرکشنده، ضربات قلب نامنظم، ابتلا به سرطان ریه، تشدید آسم، کاهش عملکرد ریه و افزایش علائم تنفسی مشکلاتی است که آلودگی هوا برای سلامت انسان ایجاد می‌کند.

مبتلایان به بیماری‌های قلبی و ریوی، کودکان و افراد مسن در صورت قرارگرفتن در معرض آلودگی ذرات، بیشتر تحت تاثیر قرار می‌گیرند. با این حال حتی اگر شما سالم هستید، ممکن است در صورت قرارگرفتن در معرض سطوح بالای آلودگی ذرات، به‌طور موقت دچار عوارض آن شوید. ذرات ریز علت اصلی کاهش دید در نقاط مختلف هستند. این مواد همچنین می‌توانند توسط باد در فواصل طولانی جابه‌جا شوند و روی زمین و با آب فرو نشینند. اثرات این پدیده شامل تغییر در تعادل مواد مغذی موجود در آب‌های ساحلی و حوزه رودخانه‌های بزرگ، صدمه‌زدن به جنگل و محصولات کشاورزی، ایجاد دریاچه‌ها و رودخانه‌های اسیدی، کاهش مواد مغذی موجود در خاک و تاثیر بر تنوع زیست‌بوم می‌شود.

### ۳-۱-۳ اکسیدهای نیتروژن

از بین ۷ اکسید مختلف نیتروژن، آنچه در آلودگی هوا اهمیت دارد  $\text{NO}$  و  $\text{NO}_2$  از نظر سلامت انسان می‌باشند.  $\text{NO}_x$  ابتدا به صورت  $\text{NO}$  در جریان احتراق از ترکیب ازت و اکسیژن هوا در درجه حرارت بالا و بخصوص در موتورهای احتراق داخلی تشکیل می‌گردد و پس از ورود به هوا به سرعت تبدیل به  $\text{NO}_2$  می‌شود.

اکسید نیتروژن باعث تحریک چشم، بینی، گلو و شش‌ها می‌شود و افزایش آسیب‌پذیری بدن انسان در برابر آسم و عفونت‌ها به ویژه آنفلوانزا را به دنبال دارد. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض سطوح بالای دی اکسید نیتروژن می‌تواند باعث بیماری مزمن ریوی شود.

### ۳-۱-۴ ازن

در روزهای گرم سال که دمای هوا بالا می‌باشد، اکسیدهای نیتروژن که هنگام سوزاندن مازوت تولید می‌شوند، پس از ورود به جو با حضور اشعه ماوراءبنفش خورشید وارد واکنش‌های شیمیایی پیچیده شده و تولید آلاینده معیار ازن<sup>۵</sup> می‌کنند. مواجهه با این آلاینده می‌تواند سبب تحریک سیستم تنفسی، ایجاد سرفه، تحریک گلو، درد قفسه سینه، ایجاد و تشدید آسم و آلرژی و در صورت مواجهه مکرر سبب تخریب بافت ریه شود.

### ۳-۱-۵ باران‌های اسیدی

همچنین سوزاندن مازوت از منبع انتشار آن فراتر می‌رود و در این حالت اکسیدهای گوگرد به دلیل واکنش در اتمسفر و فاز محلول در آب، به اسید تبدیل می‌شوند. این آئروسول‌های اسیدی تحت شرایط خاص هواشناسی به باران اسیدی، برف و مه تبدیل خواهند شد. زمانی که آلودگی هوا ناشی از عملکرد و فعالیت‌های انسانی نباشد، pH باران‌های اسیدی در حدود ۵/۵ خواهد بود که این میزان خاصیت اسیدی به دلیل وجود کربنیک اسید حاصل از واکنش بخار آب با دی‌اکسیدکربن است. این باران‌های اسیدی اثرات مخرب دیگری نیز بر جای می‌گذارند که

---

<sup>۵</sup> O<sub>3</sub>

از میان آن‌ها می‌توان به حل شدن فلزات سنگین در باران‌های اسیدی اشاره کرد. همچنین خاک‌ها نیز دیگر توانایی نگه‌داشتن ریشه درختان را نخواهند داشت. در نتیجه با فرسایش خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی، احتمال بروز سیل افزایش پیدا می‌کند.

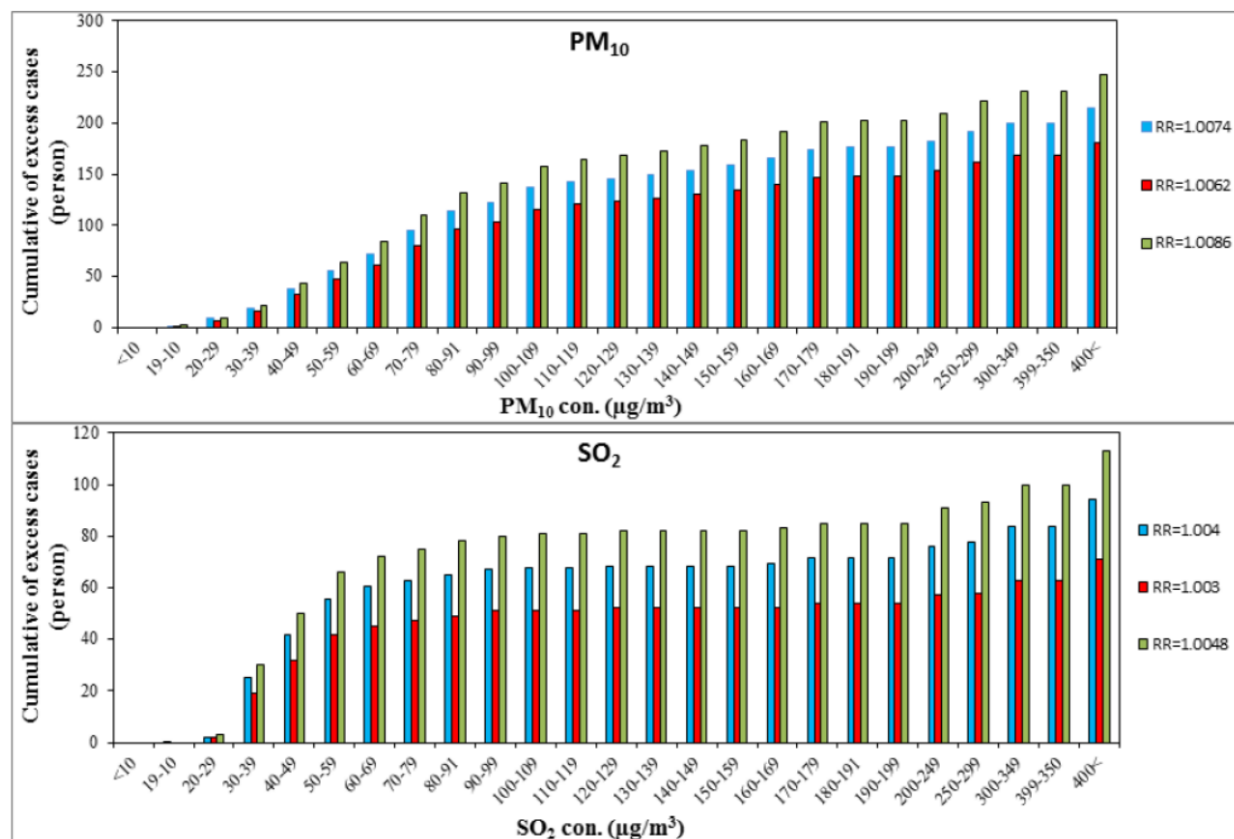
همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شد، ذرات ریز معلق در هوا که از گازهای سولفور دی‌اکسید و اکسید نیتروژن تشکیل می‌شوند، اثرات مخرب و ثابت شده‌ای روی سلامت تنفس انسان دارند. همچنین تنفس دی-اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن باعث می‌شود افرادی که بیماری‌های تنفسی دارند به سرعت واکنش نشان داده و این بیماری در آن‌ها تشدید شود. اگر میزان حجم این مواد در هوا افزایش یابد، که البته در هنگام باران‌های اسیدی شدید این اتفاق می‌افتد؛ افراد سالم نیز علاوه بر سردرد ممکن است عوارض تنگی نفس و یا برونشیت، گرفتگی نایچه‌های ریه، را از خود نشان دهند.

واقعیت این است که تاثیرات باران‌های اسیدی به طور نامحسوسی بسیار گسترده‌تر از تاثیرات مستقیم روی سلامتی انسان‌هاست و این موضوع تنها بخشی از آسیب‌های آن را به طور برجسته نشان می‌دهد. حتی اگر هیچ کس دچار مشکل تنفسی نشود، در درازمدت این باران‌ها در حال نابود کردن و از بین بردن شرایط متعادل طبیعت هستند و باید جلوی آن‌ها را گرفت.

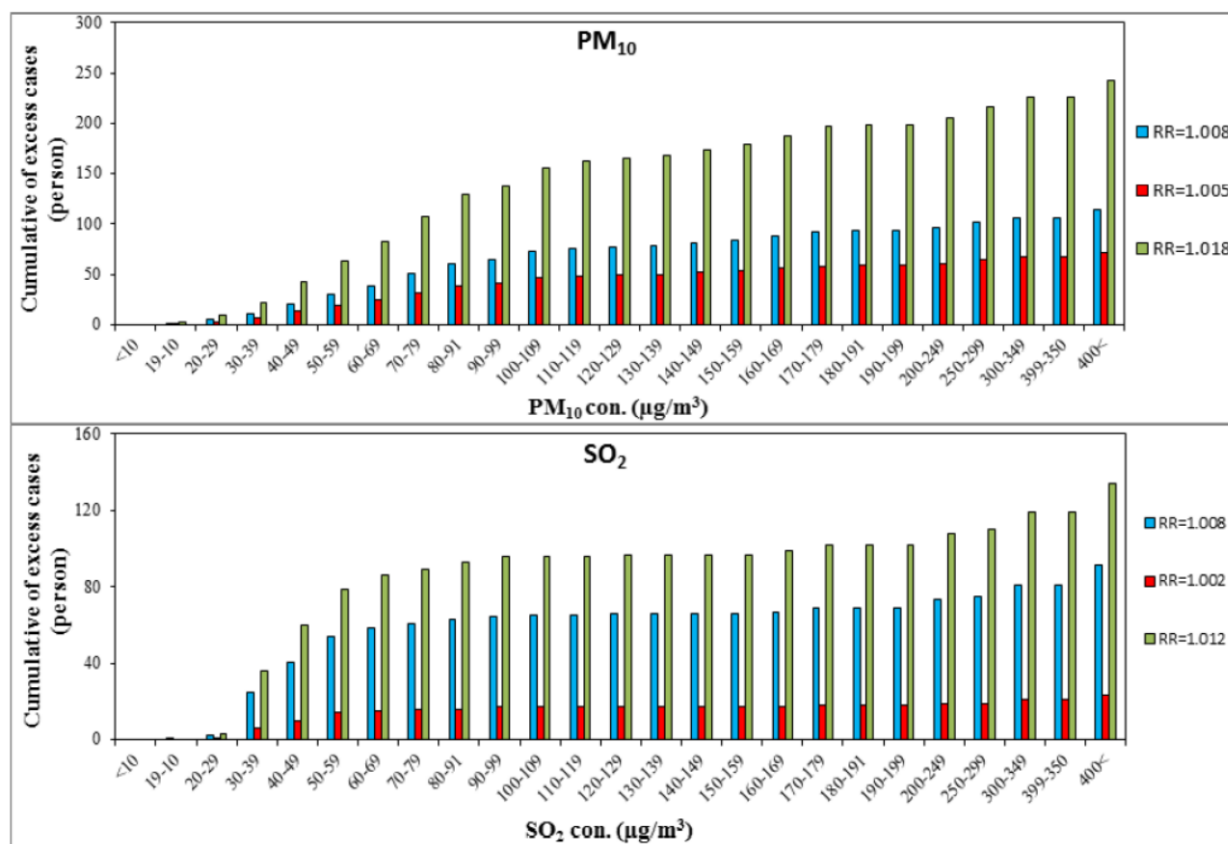
### ۳-۲ بررسی کمی ریسک‌های سلامت

برای بررسی کمی تاثیرات آلاینده‌های مذکور روی سلامت انسان، (که یکی از منابع انتشار آن، سوزاندن مازوت می‌باشد)، به بررسی نتایج چند مقاله می‌پردازیم.

۱- امیدی و همکاران [2] در سال ۲۰۱۷ مطالعه‌ای برای آثار آلاینده‌های  $PM_{10}$  و  $SO_2$  بر میزان مرگ‌ومیر انسان در شهر خرم‌آباد انجام دادند. این مطالعه با نرم‌افزار AirQ2.2.3 توسعه‌یافته توسط WHO<sup>۶</sup> مرکز محیط‌زیست سلامت اروپا انجام شد. در این مطالعه اثر غلظت روزانه دو آلاینده مذکور بر سلامت لحاظ شد. نتایج این مطالعه نشان می‌داد که به ترتیب ۳.۹٪ از کل مرگ‌ها، ۴.۲٪ از مرگ‌های مرتبط با مشکلات قلبی-عروقی و ۶.۲٪ از مرگ‌های ناشی از مشکلات تنفسی به خاطر غلظت بالاتر از ۱۰ میکروگرم در هر مترمکعب  $PM_{10}$  بوده است. همچنین به ترتیب این آمار مرگ‌ومیر ناشی از انتشار آلاینده  $SO_2$  با همان غلظت به ترتیب ۱.۷٪، ۳.۴٪ و ۲٪ بوده است. این نتایج به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۳ به صورت نمودار ارائه شده است.

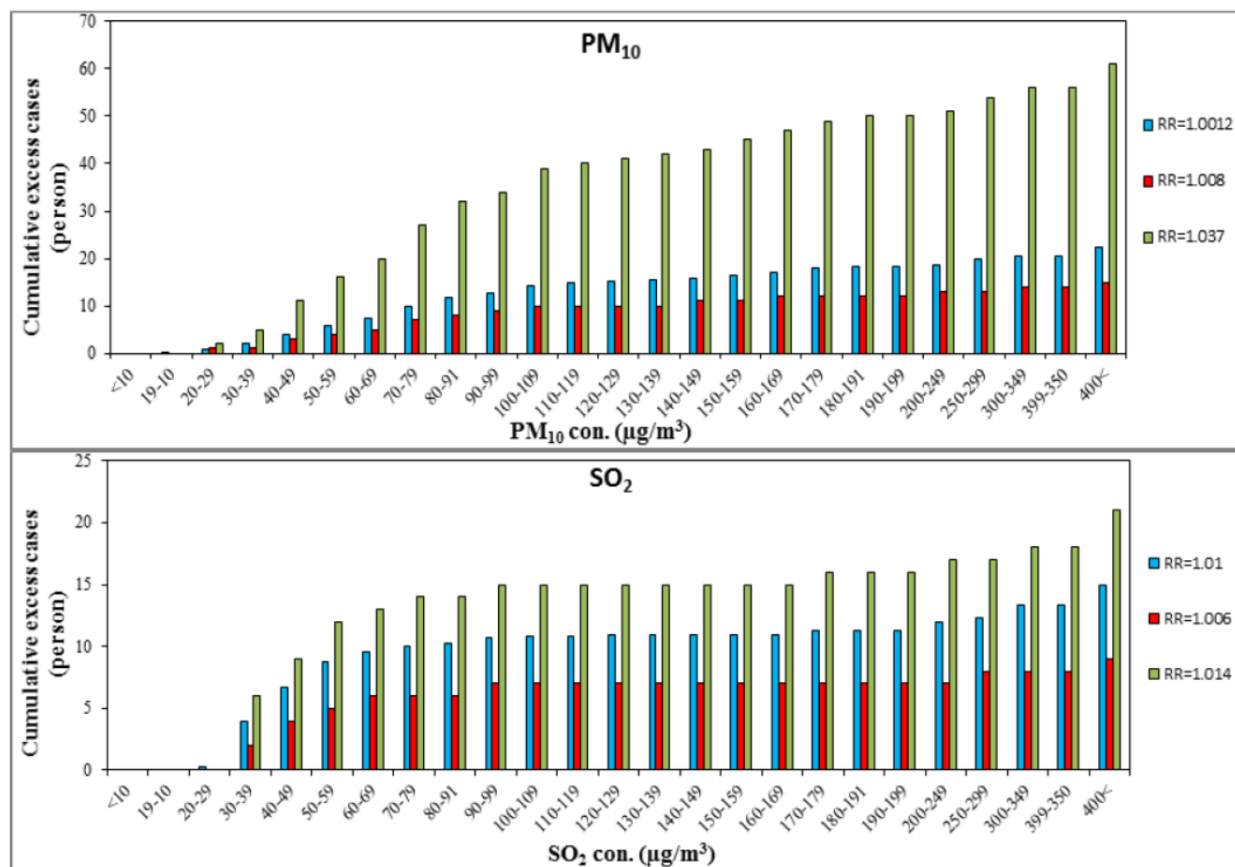


شکل ۱: تخمین اثر سلامت برای کل مرگ و میر مرتبط با قرار گرفتن در معرض PM<sub>10</sub> و SO<sub>2</sub>



شکل ۲: تخمین اثر سلامت برای مرگ‌ومیر مرتبط با بیماری‌های قلبی عروقی با قرار گرفتن در معرض PM<sub>10</sub> و SO<sub>2</sub>





شکل ۳: تخمین اثر سلامت برای مرگ و میر مرتبط با بیماری‌های تنفسی با قرار گرفتن در معرض PM<sub>10</sub> و SO<sub>2</sub>

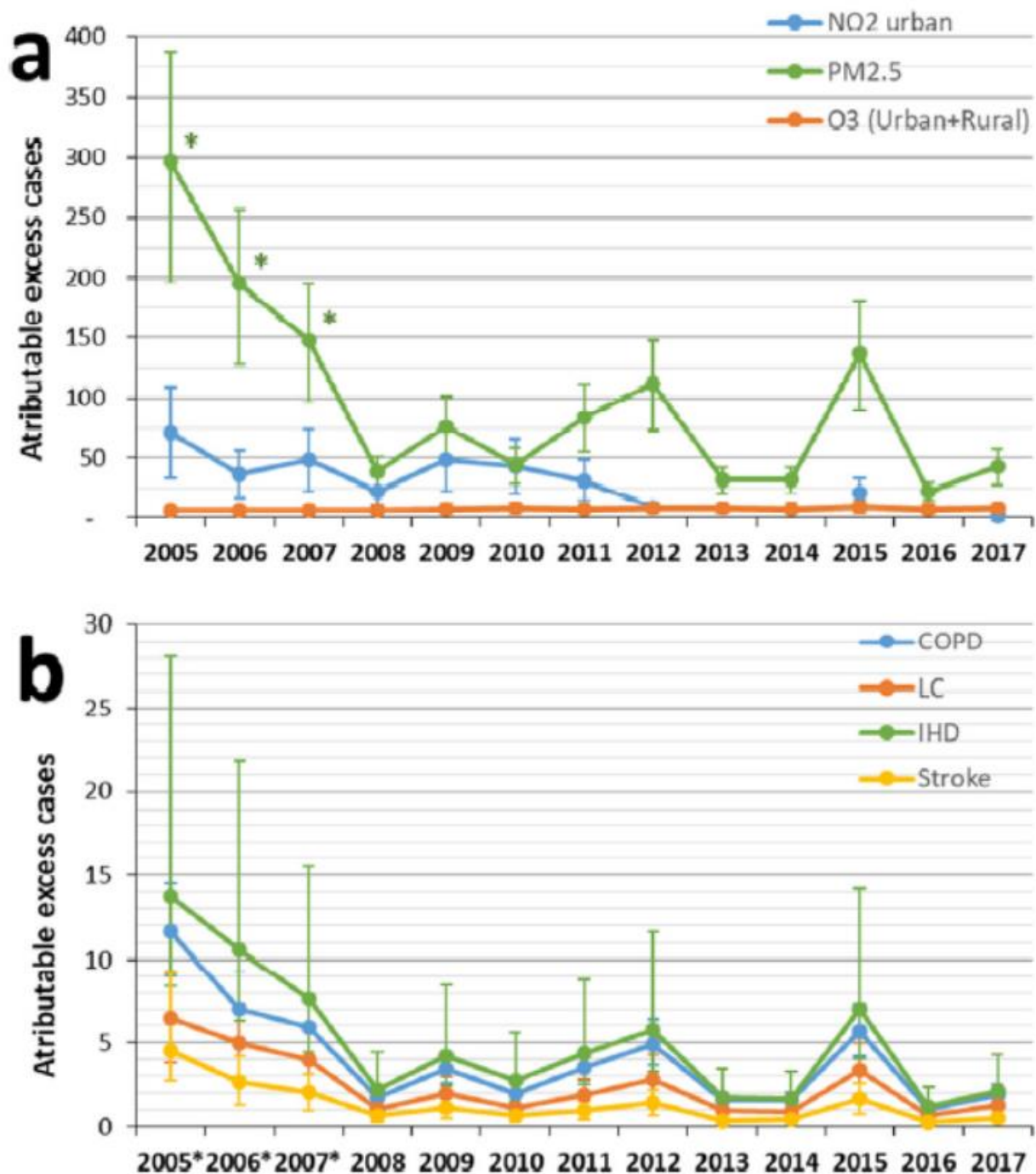
۲- رویرا و همکاران [3] در سال ۲۰۱۹ مطالعه‌ای جهت بررسی آثار آلاینده‌های  $PM_{2.5}$ ،  $NO_2$  و  $O_3$  بر مرگ‌ومیر انسان و ارتباط آن با مرگ‌ومیر بر اثر بیماری‌هایی همچون انسداد ریوی مزمن<sup>۷</sup>، سرطان ریه<sup>۸</sup>، بیماری ایسکمیک قلبی<sup>۹</sup> و سکته<sup>۱۰</sup> از سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷ برای شهرستان کمپ د تاراگونا (کاتالونیا، اسپانیا) انجام دادند. این مطالعه با استفاده از ادغام تکنیک‌های مختلفی شامل داده‌های آماری مکانی و زمانی، کسر قابل انتساب جمعیت توسط مدل AirQ+ توسعه‌داده‌شده توسط WHO و بار بیماری با استفاده از سال‌های زندگی تعدیل‌شده (DALYs) صورت گرفت. نتیجه این مطالعه نشان می‌دهد که کاهش غلظت  $PM_{2.5}$  به سطح استانداردهای توصیه‌شده توسط WHO، مرگ‌ومیر افراد بالغ را بین ۲۳ تا ۲۹۷ مورد در سال کاهش می‌دهد، به بیان دیگر، باعث کاهش مرگ‌ومیر کل در منطقه بین ۰.۵٪ تا ۷٪ می‌شود. نتیجه این مطالعه در شکل ۴ به صورت نمودار ارائه شده است.

COPD<sup>۷</sup>

LC<sup>۸</sup>

IHD<sup>۹</sup>

stroke<sup>۱۰</sup>



شکل ۴

### ۳-۳ سناریوهای پیشگیری

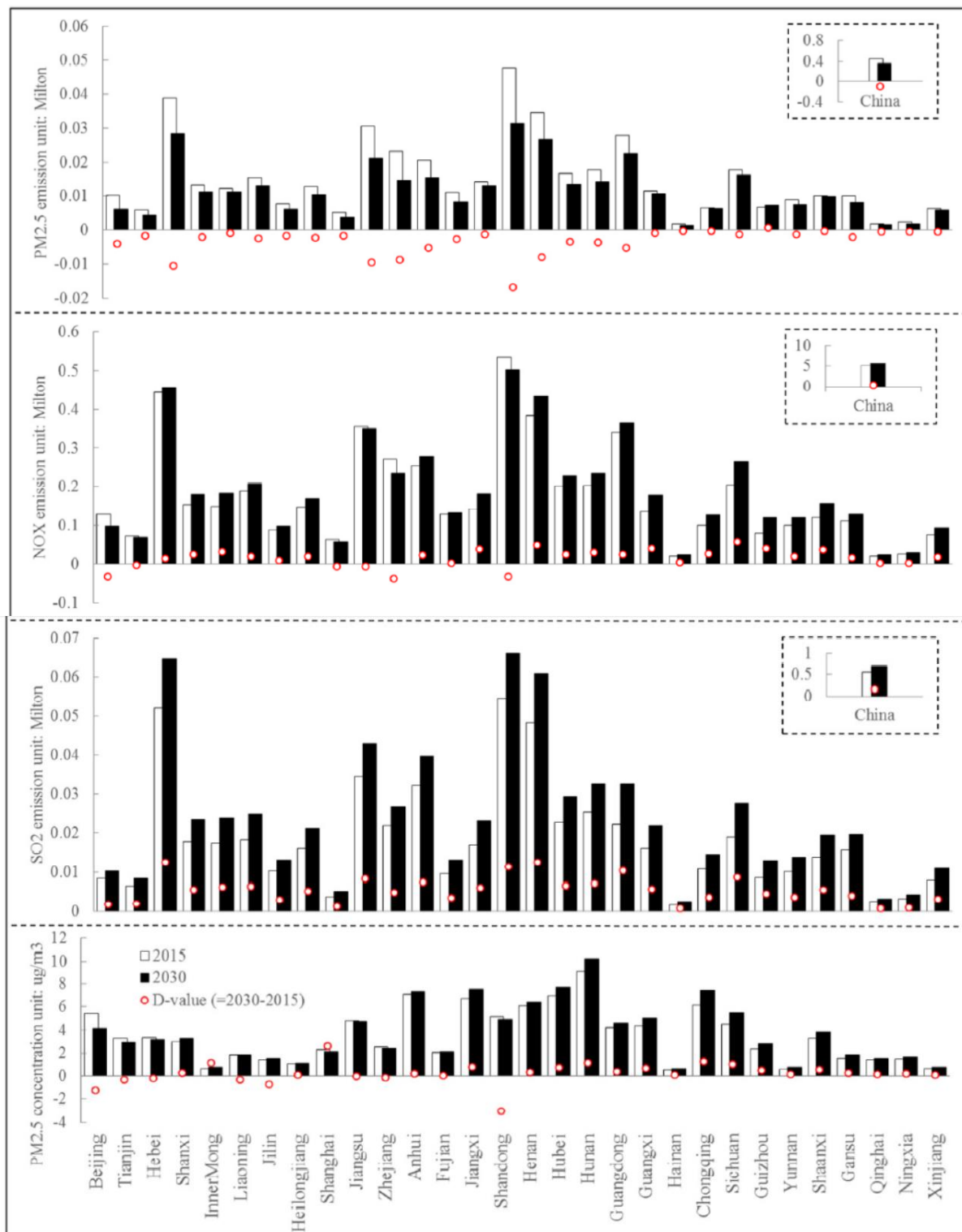
اگرچه کاهش درصد گوگرد موجود در مازوت و بالا بردن کیفیت احتراق می‌تواند باعث کاهش غلظت  $SO_x$ ،  $NO_x$ ، ذرات معلق اولیه و همچنین در ثانی باعث کاهش غلظت ذرات معلق ثانویه و ازن شود، اما کاهش درصد گوگرد برای پالایشگاه‌ها هزینه‌بر است و بالابردن کیفیت احتراق نیز در نهایت باعث حفظ  $NO_x$  نمی‌شود چون به علت موجود بودن نیتروژن در هوا، ما همواره در احتراق شاهد  $NO_x$  خواهیم بود.

یکی از راه‌های کاهش اثرات این آلاینده‌های ناشی از سوزاندن مازوت بر سلامت انسان، بهینه‌کردن خسارات زیست‌محیطی آن می‌باشد. یعنی با شناسایی موقعیت جغرافیایی نیروگاه‌ها و صنایعی که مازوت می‌سوزانند، با داده‌های هواشناسی و همچنین آمار جمعیت در معرض غلظت این آلاینده‌ها که باد با خود می‌پراکند، مازوت به مصرف نیروگاه‌ها و صنایعی برسد که باعث کمترین حالت ممکن قرارگیری انسان‌ها در معرض غلظت آلاینده‌های مذکور بشود.

در مقالات مختلف سناریوهایی ارائه شده است که با مدلسازی به ما این اطلاعات را می‌دهد که اتخاذ چه تصمیماتی باعث کاهش آثار مخرب این آلاینده‌ها بر سلامت انسان و در نتیجه کاهش مرگ‌ومیر می‌شود. برای مثال، تیان و همکاران [4] در سال ۲۰۱۸ مطالعه‌ای حول پیش‌بینی اثرات بهداشتی ناشی از انتشار  $PM_{2.5}$  بخش حمل‌ونقل جاده‌ای در سناریوهای مختلف بر اقتصاد چین در سال ۲۰۳۰ انجام دادند. اثرات بهداشتی با استفاده از یک رویکرد یکپارچه که برهم‌کنش گازهای گلخانه‌ای با آلاینده‌های هوا را ترکیب می‌کرد، مدل هم‌افزایی (GAINS)، مدل تعامل عمومی قابل محاسبه (GCE) و یک مدل سلامت (IMED | HEL) تخمین زده‌شد. نتایج نشان می‌دهد که در سطح ملی، آلودگی ناشی از بخش حمل‌ونقل جاده‌ای منجر به مرگ ۱۶۳.۶۴ هزار نفر در سال شده، خطر ابتلا به بیماری سرانه را ۰.۳۷٪ افزایش داده و سبب ۱.۴۳ میلیارد یوان هزینه مراقبت‌های بهداشتی می‌شود. در این پژوهش، ۴۴۲.۹۰ میلیارد یوان از ارزش تلفات آماری زندگی و ۲.۰۹ ساعت/سرانه از

دست دادن زمان کار در سال ۲۰۱۵ تخمین زده شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بدون اقدامات کنترلی اضافی، آلودگی هوا مربوط به بخش حمل‌ونقل باعث مرگ ۱۷۷.۵۰ هزار نفر در سال ۲۰۳۰ خواهد شد، افزایش سرانه ۰.۴۰ درصدی در خطر ابتلا به بیماری سرانه را شاهد خواهیم بود، که شامل ۴.۱۲ میلیارد یوان در هزینه مراقبت-های بهداشتی، ۷۳۷.۱۵ میلیارد یوان از دست دادن آماری زندگی و ۲.۲۳ ساعت/سرانه از دست دادن زمان کار خواهد شد. بر اساس این مدل، اجرای دقیق‌ترین سناریوی استراتژی کنترل، مرگ‌ومیر را تا ۴۲.۱۴ درصد، خطر ابتلا به بیماری را تا ۴۲.۱۴ درصد، هزینه مراقبت‌های بهداشتی را تا ۴۱.۹۴ درصد، از دست دادن آماری زندگی را تا ۲۶.۲۲ درصد و ساعات کار را تا ۴۲.۶۵ درصد در مقایسه با سناریوی فاقد هرگونه کنترل، کاهش می‌دهد. نتایج این مطالعه در شکل ۵ نشان داده شده است.

## تحلیل ریسک سلامت آلاینده مازوت



شکل ۵: انتشار آلاینده های هوا و غلظت PM<sub>2.5</sub> ناشی از بخش حمل و نقل جاده ای در سال های ۲۰۱۵ و ۲۰۳۰.

## منابع

[1] آلودگی هوا و سلامت: مروری بر مطالعات و تحقیقات جهانی درباره اثرات آلودگی هوا بر سلامت انسان

(۱۳۹۵) نشر موسسه شهر

[2] Yusef Omid Khaniabadi, Riccardo Polosa, Rozalina Zlateva Chuturkova, Mohammad Daryanoosh, Gholamreza Goudarzi, Alessandro Borgini, Andrea Tittarelli, Hassan Basiri, Houshang Armin, Heshmatollah Nourmoradi, Ali Akbar Babaei, Parisa Naserian, 2017. "Human health risk assessment due to ambient PM10 and SO2 by an air quality modeling technique", Process Safety and Environmental Protection, Volume 111, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.07.018>.

[3] Joaquim Rovira, José L. Domingo, Marta Schuhmacher, 2019. "Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM10, PM2.5, NO2 and O3): Application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain)", Science of The Total Environment, Volume 703, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135538>.

[4] Xu Tian, Hancheng Dai, Yong Geng, Jeffrey Wilson, Rui Wu, Yang Xie, Han Hao, 2018. "Economic impacts from PM2.5 pollution-related health effects in China's road transport sector: A provincial-level analysis", Environment International, Volume 115, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.030>.