

## تخمین هزینه‌های درمان و فرصت بیماری‌های تنفسی به علت آلودگی هوا

مرتضی حسن شاهی

عضو هیات علمی گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، ارسنجان، ایران

hasanshahi@iaua.ac.ir

### چکیده

آلودگی زیست محیطی و به ویژه آلودگی هوا، منشا زیان‌های زیادی برای موجودات زنده است. آلودگی هوا باعث کاهش رشد اقتصادی، مطلوبیت و رفاه، کاهش ارزش منازل مسکونی و بناهای تاریخی، کاهش نور خورشید، افزایش مرگ و میر و افزایش میزان بیماری‌هاست. به طوری که از ۱۵۰ نوع بیماری شناخته شده بشر، ۳۰ نوع آن مستقیم و ۷۰ نوع آن غیر مستقیم به علت آلودگی هستند. در این مقاله، آثار اقتصادی آلودگی هوا بر بیماری‌های تنفسی (بیماری‌های حاد، دستگاه تنفس، آمفیزم- آسم و برونشیت) در شهر شیراز برای دوره ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۷ با روش واکنش- دوز بررسی شده است. نتایج گویای این واقعیت است که با گذشت زمان به علت بالا رفتن غلظت آلودگی هوا، خسارت‌های آن بر بیماری‌ها افزایش می‌یابد. به طوری که در سال ۱۳۵۸ به ازای یک درصد افزایش در مصرف مواد سوختنی، ۸۵۰ نفر و در سال ۱۳۸۴ حدود ۷۰۹۰ نفر بیشتر نسبت به سال قبل از آن، به بیماری‌های یاد شده مبتلا شده‌اند. خسارت‌های ناشی از آلودگی هوا در سال ۱۳۸۷ حدود ۲۸۵ میلیارد تومان برآورد شده که با کاهش ۱۰ درصد در مصرف سوخت‌های فسیلی، خسارت‌های یاد شده ۸۳ میلیارد تومان کاهش می‌یابد.

A12,I13,D62,I15

واژه‌های کلیدی: هزینه‌های درمان و فرصت، بیماری‌های تنفسی، شیراز

### مقدمه

بیماری حاد و مزمن و غیر مستقیم ۷۰ نوع بیماری منجر شود. در معرض قرار گرفتن شخص با هوای آلوده باعث بروز انحراف در اعضای بدن شده و

هوای آلوده به ویژه هوایی که توسط آلاینده‌های فسیلی آلوده شده است می‌تواند به بیش از ۳۰ نوع

حتی در برخی موارد بدون ایجاد درد و رنج برای بیمار باعث کاهش فعالیت تولیدی و کاهش امید به زندگی شود<sup>(۱)</sup>

مهم‌ترین پیامد ناشی از بروز بیماری، مسائل انسانی آن است که بر اثر آن انسان مجبور به تحمل رنج و ناراحتی می‌شود و شاید جان خود را از دست بدهد. بنابراین، خسارت‌های مترتب بر بیماری‌ها به طور اعم، و بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا به طور اخص، پیامدهای مهم انسانی و غیر انسانی را به دنبال دارد. این پیامدها می‌توانند خسارت‌های دراز مدت اقتصادی و غیر اقتصادی بر جا گذارند. همچنین، بیماری‌ها دارای خسارت‌ها و هزینه‌های کوتاه مدت و قابل محاسبه نیز هستند.

به طور کلی هزینه‌های ناشی از بیماری‌ها به دو دسته هزینه‌های منابع انسانی و منابع مادی تقسیم می‌شوند. هزینه‌های ناشی از منابع انسانی شامل: معلولیت، مدت زمان بستری شدن، خروج از بازار کار، هزینه فرصت‌های از دست رفته در مدت زمان بستری شدن، ضعف ناشی از بیماری بعد از بهبود، اتلاف زمان کادر درمانی بیمارستان، اتلاف زمان همراهان بیمار، اضطراب و ناراحتی ناشی از بیماری و سلب آسایش و رفاه خانواده و برخی اقوام و دوستان بیمار و سایر آن است.

هزینه‌های منابع مادی ناشی از بیماری شامل: هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم (آشکار و ضمنی) است. هزینه‌های مستقیم هزینه‌هایی هستند که برای خرید دارو و پرداخت به بیمارستان، به شکل پول یا

کالا توسط بیمار یا شرکت بیمه پرداخت می‌شود. این دسته از هزینه‌ها خود به دو دسته هزینه‌های فردی و اجتماعی تقسیم می‌شوند. هزینه‌های آشکار فردی شامل مخارجی است که توسط بیمار پرداخت می‌شود ولی هزینه‌های آشکار اجتماعی هزینه‌هایی است که جامعه مجبور است به خاطر بیمار پرداخت نماید، مانند سوبسیدهایی که بر دارو و بیمارستان وضع می‌شود. هزینه‌های ضمنی: شامل مخارجی است که فرد یا جامعه به علت نوع بیماری فرد، متحمل شده ولی به طور مستقیم بابت آن چیزی پرداخت نشود. مانند درآمدهایی که فرد بیمار در مدت بستری شدن از دست می‌دهد، یا مالیات‌هایی که به علت خروج فرد بیمار از بازار کار از دست می‌رود. این نوع هزینه‌ها نیز شامل دو قسمت ۱- فردی و ۲- اجتماعی هستند. هزینه‌های ضمنی فردی شامل آن دسته از هزینه‌هایی است که فرد بیمار به طور غیر مستقیم متحمل می‌شود مانند هزینه فرصت که در مورد آن بحث شد یا کاهش رفاه و مطلوبیت شخص به علت بیماری و بستری شدن در بیمارستان. هزینه‌های ضمنی اجتماعی شامل آن بخش از هزینه‌هایی است که جامعه به دنبال بیماری یک فرد به طور غیر مستقیم متحمل می‌شود مانند: اختصاص زمان پزشک و پرستاران و امکانات بیمارستان برای فرد بیمار که باعث می‌شود در مدت بستری شدن بیمار شخص دیگری نتواند از این امکانات استفاده کند، کاهش ظرفیت تولید جامعه و در نتیجه آن کاهش تولید و کاهش سطح رفاه جامعه به علت خروج فرد بیمار از بازار کار، کم کاری یا بیکاری نزدیکان بیمار، کاهش بودجه مؤسسات دیگر و افزایش بودجه بهداشت برای خدمات رسانی به

1- William J. Baumol/ Wallace E. Oates : Economics Environmental Policy , And The Quality of life . U. S. A, 1979. 43 ° 60

بیماران و سایر آن.

### اثر آلودگی هوا بر مطلوبیت و تولید

هوای آلوده می تواند بر سلامتی انسان تاثیر گذارد و کارایی را کاهش دهد. همچنین، موجب بیماری و مرگ و میر شود. حتی اگر آلودگی هوا به بیماری منجر نشود و تنها میزان کارایی فرد را کاهش دهد، کاهش در کارایی به نوبه خود به کاهش تولید و در نهایت کاهش مطلوبیت منجر می شود. حال اگر آلودگی هوا به بیماری و بستری شدن شخص منجر شود، باعث خروج فرد از بازار کار و بستری شدن در بیمارستان یا منزل می شود. در این حالت نیز زمان در اختیار برای مصرف و تولید کالاها کاهش یافته و به کاهش مطلوبیت منجر خواهد شد. همچنین، نفس بیماری (حتی اگر فرض کنیم که بر کارایی اثر نگذارد)، پدیده ای ناخوشایند است که باعث کاهش مطلوبیت می شود.

سازمان بهداشت جهانی بیماری ها را به ۱۵۰ نوع در ۱۷ گروه تقسیم بندی کرده است. در این پژوهش، به بررسی اثر آلودگی هوا بر بیماری های انتخابی گروه هشتم شامل: ۱- برونشیت، آسم و آمفیزم و ۲- بیماری های حاد دستگاه تنفسی می پردازیم. شایان ذکر است که این به معنای عدم تأثیر آلودگی هوا بر سایر بیماری ها نیست، همچنان که تنها منشأ بیماری های یاد شده نیز نمی تواند آلودگی هوا باشد.

### مبنای نظری مدل

ارزش گذاری بر کاهش بیماری

اجرای برنامه های کاهش آلودگی هوا یا بهبود

محیط زیست، کاهش بیماری را در پی خواهد داشت. می توان منفعت ناشی از کاهش بیماری ها را از طریق روش های معمولی در اقتصاد محیط زیست یا اقتصاد بهداشت سنجید. اقتصاد دانان ۳ روش برای ارزش گذاری بر کاهش بیماری ارائه کرده اند (جرکینگ، استانی، دیکی، چنانت، ۱۹۸۸).

#### ۱- اولین روش، روش ارزش گذاری احتمالی

است. در این روش، ضررهای ناشی از کاهش روزه های خروج از بازار به علت بیماری و مخارج پزشکی ایجاد شده را اندازه گیری می کنند.

#### ۲- روش رفتار پرهیزگرانه: در این روش، از

تمایل به پرداخت افراد برای کاهش سطح آلودگی هوا و مبلغی که آن ها برای اجتناب از آثار مخرب آن حاضر به پرداخت هستند استفاده می شود.

#### ۳- روش سوم روش هزینه ناخوشی است در

این روش، با استفاده از اطلاعات مربوط به درآمدهای از دست رفته و مخارج بیماری به تخمین تمایل به پرداخت برای کاهش آلودگی هوا پرداخته می شود. در پژوهش حاضر، از روش اول و سوم استفاده شده است. برای اجرای روش های یاد شده ابتدا توابع تولید سلامتی و مطلوبیت را تشریح می کنیم.

- شکل کلی تابع تولید سلامتی به شکل زیر

است.

$$S = S(P, A, C, J, L, R, C) \quad (1)$$

که در آن S: بیانگر میزان سلامتی، C: زمان مصرف

شده یا فعالیت های انجام شده برای بهبود بیماری

(مخارج مربوط به خرید دارو و پزشک و زمان

دسترس و  $(T - \bar{L} - S)$  زمان کار است. بنابراین، بر اساس تابع تولید تندرستی، فرد در آمدش را بین مخارج مصرفی  $(P_X \cdot X)$  و مخارج پرهیز گرایانه  $(P_C \cdot C)$  و مخارج ناشی از گذراندن زمان در خانه یا استفاده از دستگاه‌های پاک کننده هوا تقسیم کرده، و زمان کل در اختیارش را به کار و استراحت اختصاص می‌دهد. تا تابع مطلوبیت خود (رابطه ۲) را به شکل زیر حداکثر کند.

$$\begin{aligned} \text{Max: } U &= U(X, \bar{L}, S(Y(P, A, \dots), C)) \\ \text{s.t:} & \\ I + W(T - \bar{L} - S) - P_X \cdot X - P_A \cdot A - P_C \cdot C &= 0 \end{aligned} \quad (۴)$$

#### - مدل واکنش - دوز

در این قسمت ابتدا به ارایه منحنی واکنش - دوز و سپس، به بررسی مبانی نظری و ساختار الگوی یاد شده می‌پردازیم.

**منحنی واکنش - دوز:** منحنی‌های واکنش - دوز برای نشان دادن نحوه و شدت واکنش انسان‌ها یا حیوانات و درختان، نسبت به یک آزمایش (دارو) استفاده می‌شوند. در این گونه منحنی‌ها محور  $X$  بیانگر میزان غلظت یک دارو یا هورمون و محور  $Y$  واکنش را نشان می‌دهد. فعالیت یک آنزیم یا تمرکز یک نوع مولکول تغییرات آب و هوا و سایر آن است. طبق تجربه با افزایش غلظت دارو ابتدا شیب منحنی صعودی خواهد شد.

منحنی‌های واکنش - دوز دارای شکل‌های مختلفی هستند، و در بیشتر موارد از شکل زیر تبعیت می‌کند.

مصرف شده مانند فعالیت‌های پرهیز گرایانه،  $A$ : میزان فعالیت‌های پرهیز گرایانه (شامل تمام فعالیت‌هایی، که به دنبال بیماری یا به علت وجود آلودگی هوا انجام می‌شود)،  $P$ : میزان آلودگی،  $J$ : نوع شغل،  $R$ : وضعیت طبیعی و  $L$ : مدت زمان کار است.

#### تابع مطلوبیت

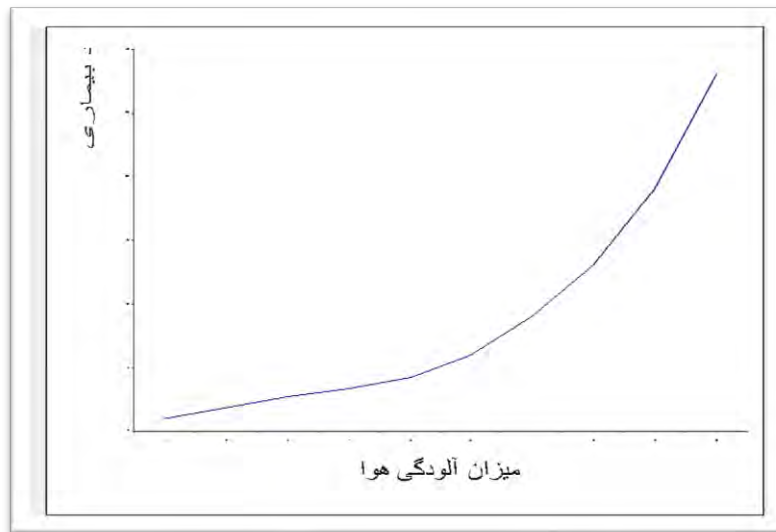
چون بیماری به عنوان یک کالای بد، باعث کاهش مطلوبیت و از طرفی با اتلاف وقت بیمار، باعث کاهش در آمد خواهد شد، پس تابع مطلوبیت فرد تحت شرایط یاد شده به شکل زیر خواهد بود.

$$U = U(X, \bar{L}, S) \quad (۲)$$

که در آن،  $U$ : بیانگر میزان مطلوبیت،  $X$ : میزان مصرف کالاها و خدمات و  $\bar{L}$ : مدت زمان استراحت است. تابع  $S$  در محدودیت بودجه نیز وارد خواهد شد. چون سلامتی موجب افزایش تولید یا افزایش مدت زمان استراحت و در نتیجه افزایش رفاه خواهد شد. بر اساس محدودیت بودجه مجموع درآمدهای ناشی از کار (به شکل دستمزد) و درآمدهای غیر کاری ( $I$ ) برابر با مخارج کل است. بنابراین، محدودیت بودجه به شکل زیر نوشته می‌شود.

$$I + W(T - \bar{L} - S) = P_X \cdot X + P_A \cdot A + P_C \cdot C \quad (۳)$$

که در آن  $W$ : نرخ دستمزد،  $T$ : کل ساعت‌های در



منحنی واکنش - دوز

آلودگی هوا باشد. بنابراین، تابع زیر را خواهیم داشت.

$$y = y(P, A, C, T, R, \dots)$$

توابع تولید تندرستی (۱)، مطلوبیت (۲) و محدودیت بودجه (۳) دوباره ارایه می شوند.

$$S = S(P, A, C, J, L, \dots)$$

$$U = U(X, \bar{L}, P, A, C, J, L, \dots) \quad (6)$$

$$I + W(T - \bar{L} - S) = P_X \cdot X + P_A \cdot A + P_C \cdot C$$

تابع مخارج را با حداقل کردن محدودیت بودجه مشروط به سطح مطلوبیت  $U$  به دست می آوریم.

$$E = \text{MIN} \{ P_X \cdot X + P_A \cdot A + P_C \cdot C - I - W(T - \bar{L} - S) + \lambda(U - U(X, \bar{L}, P)) \} \dots (7)$$

حال میزان تغییر در مخارج را به علت تغییر در سطح آلودگی هوا اندازه می گیریم.

باحل رابطه بالا مقادیر بهینه  $A, C$  به دست می آید. که با جایگذاری این مقادیر در مدل (۱)، مدل (۵) که همان واکنش - دوز است، به دست

منحنی واکنش - دوز توسط  $\epsilon$  شاخص تعریف می شود: ۱- واکنش پایین، ۲- واکنش بالا ۳- شیب

و  $\epsilon$  ° غلظت (یا میزان آلودگی هوا)

مدل یاد شده بر اساس تئوری های مطلوبیت و مخارج مصرف کننده پایه گذاری و شکل کلی آن به شکل زیر است.

$$S = S(P, I, W, P_X, P_A, P_C, J, R) \quad (5)$$

رابطه (۵) از یک طرف بیانگر ارتباط بین  $S$ :

تعداد بیماری ها یا دوران بیماری یا هزینه های بیماری و از طرف دیگر  $P$ : میزان آلودگی هوا،  $I$ : درآمدهای غیر دستمزد،  $W$ : نرخ دستمزد،  $P_X$ : قیمت کالاها و خدمات مصرفی،  $P_A$ : قیمت هر واحد فعالیت برای پرهیز از بیماری های ناشی از آلودگی،  $P_C$ : قیمت هر واحد فعالیت که به کاهش آلودگی منجر شود،  $J$ : نوع شغل و  $R$ : وضعیت جوی و طبیعی است.

نحوه استخراج مدل یاد شده به این شکل است که فرض کنیم  $y$  نشانگر یک نوع بیماری به علت

می‌آید.

بر پایه واقعیات بنا شده اند)<sup>۱</sup>

### - تجزیه و تحلیل داده ها:

بعد از بیان مبانی نظری مدل، اکنون به برآورد خسارت‌های آلودگی هوا بر بیماری‌ها می‌پردازیم. برای این کار ابتدا به تخمین هزینه فرصت (در آمدهای از دست رفته) بیماری پرداخته و در نهایت، به تجزیه تحلیل روابط بین آلودگی هوا و بیماری‌ها خواهیم پرداخت.

### - تخمین در آمد از دست رفته به علت بیماری

برای تخمین در آمد و ارتباط آن با متغیرهایی چون بیماری، سن، آلودگی هوا، زمان، ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی افراد نیاز به اطلاعات گسترده‌ای در زمینه‌های یاد شده است؛ اما به علت کمبود یا نبود اطلاعات در این بخش از پژوهش از روش پیمایشی و یک نمونه ۷۰۰ نفری برای تخمین رابطه بالا استفاده کرده‌ایم.

برای تخمین در آمد یک فرد از معیارهای ۱- تخمین در آمد از طریق منحنی در آمد- سن و سواد، ۲- تخمین در آمد از طریق روش بودجه خانوار و ۳- استفاده از آمارهای مربوط به در آمد متوسط خانوارها استفاده می‌شود.

برای تخمین در آمد از ارقام سالانه مخارج خانوار استفاده کرده‌ایم. زیرا دسترسی به داده‌های مربوط به در آمد مشکل است و در کشور ما به آمارهای بودجه خانوار بیش از آمارهای در آمد می‌توان اطمینان کرد. زیرا آمارهای در آمدهای غیرحقوق بگیران بیشتر از طریق حدس و گمان و مصاحبه بر آورد می‌شود، در حالی که مخارج بیشتر

### - تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به رابطه بین

#### بیماری‌های تنفسی و آلودگی هوا

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از دو روش توصیفی و رگرسیون آماری استفاده کردیم. البته چون داده‌های مربوط به این قسمت به شکل سری زمانی از سال (۵۴ تا ۱۳۸۷) است و متاسفانه میزان آلودگی هوای شیراز برای همه این سال‌ها اندازه‌گیری نشده است، بنابراین، به جای میزان آلودگی هوا از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی (شامل: نفت سفید، بنزین، گازوییل، و نفت کوره) در سطح شهر شیراز استفاده کردیم.

۱- روش توصیفی: در این روش، با استفاده از ۱۱ شاخص زیر، مربوط به روند تغییر در بیماری‌های تنفسی و کل بیماری‌ها در طول زمان، به تشریح و توصیف داده‌های آلودگی هوا و بیماری (هزینه‌های درمان) می‌پردازیم.

۱- نسبت مجموع بیماری‌های حاد دستگاه تنفسی، برونشیت و آمفیزم و آسم به کل بیماری‌ها  
۲- نسبت بیماری‌های حاد دستگاه تنفسی به کل

بیماری‌ها

۳- نسبت مجموع بیماری‌های تنفسی به کل بیماری‌ها

۴- نسبت مجموع بیماری حاد دستگاه تنفسی،

برونشیت، آسم و آمفیزم به کل بیماری‌های تنفسی

۵- نسبت برونشیت، آسم و آمفیزم به کل

بیماری‌های تنفسی

۶- نسبت بیماری‌های عفونت حاد دستگاه

تنفسی به کل بیماری‌های تنفسی

آلودگی هوا) می پردازیم. شایان ذکر است که سیر صعودی بیماری های تنفسی را تنها نمی توان به آلودگی هوا نسبت داد. بنابراین، در این بخش سعی خواهیم کرد، بخشی از تغییرات در بیماری های تنفسی که به آلودگی هوا نسبت داده می شوند را با استفاده از روش رگرسیون بر آورد کنیم.

#### - تخمین رابطه بین آلودگی هوا و بیماری های عفونت حاد دستگاه تنفسی

اولین معادله که بیانگر رابطه بین نسبت بیماران عفونت حاد دستگاه به کل بیماری های تنفسی، و میزان آلودگی هوا به علت مصرف ۴ نوع سوخت بنزین، نفت سفید، گازوییل و نفت کوره است، به شکل زیر تخمین زده شده است.

$$Y_1 = 0.41 + 0.000058 (\text{oil}) - 0.026(t) - 0.000042(\text{Rain})$$

$$\bar{R}^2 = 0.72, D.W = 2.18$$

(۸)

(همه ضرایب بجز Rain در سطح یک درصد معنادار هستند)

$Y_1$ : بیانگر نسبت بیماری های عفونت حاد دستگاه تنفسی به کل بیماری های تنفسی و  $oil$ : میزان آلودگی هوا به علت ۴ نوع سوخت (هزار متر مکعب) و  $t$ : متغیر روند یا زمان است.  $Rain$ : میزان بارندگی سالانه به میلی متر است. به جز متغیر بارندگی بقیه متغیرها معنادار هستند. علامت متغیر زمان ( $t$ ) در معادله (۸) منفی است، که این خبری نوید بخش است و می تواند نشانگر این مسئله باشد، که افزایش بهداشت باعث افزایش توانایی انسان در سازگاری با شرایط نا مساعد محیط زیست شهری

۷- نسبت کل بیماری ها به جمعیت

۸- نسبت مجموع بیماری های دستگاه تنفسی به

کل جمعیت

۹- نسبت بیماری های آمفیزم، آسم و برونشیت

به کل جمعیت

۱۰- نسبت بیماری های عفونت حاد دستگاه

تنفسی به کل جمعیت

۱۱- نسبت مجموع بیماری های حاد دستگاه

تنفسی و برونشیت، آسم و آمفیزم به جمعیت

در رابطه با داده های استان فارس، شاخص های

اول تا سوم یک روند افزایشی را نشان می دهند. اگر

آلودگی هوا بر این بیماری ها اثری نداشت ما انتظار

داشتیم که حداقل روند این سه نوع شاخص ثابت

باشد، ولی اکنون که صعودی بودن آنها واضح

است، علت اصلی را می توان به آلودگی هوا و سیر

صعودی آن در سال های مورد بررسی نسبت داد.

سیر صعودی شاخص چهارم نیز کاملاً واضح است.

به این معنا که بیماری های تنفسی نسبت به کل

بیماری در طول زمان یک روند صعودی داشته اند.

همچنین، شاخص ششم بیانگر یک روند صعودی در

طول زمان است. بنابراین، با گذشت زمان و افزایش

مصرف مواد سوختی میزان افزایش بیماری های

تنفسی بیش از بیماری های دیگر بوده است.

#### - روش رگرسیون آماری

شایان ذکر است که طبق شاخص دیکی فولر

تمام متغیرها در سطح پایا هستند. بنابراین، در اینجا

به بررسی روابط رگرسیون (معمولی) بین بیماری و

میزان مصرف انواع سوخت (به عنوان جانشین

سوخت در سال ۱۳۵۸ تنها ۸۵۰ نفر به بیماری عفونت حاد دستگاه تنفسی دچار شده‌اند. یعنی به طور متوسط هر سال ۲۴۰ نفر افزایش در این بیماری به علت افزایش در مصرف سوخت داشته‌ایم. بنابراین، تراکم در آلاینده‌ها باعث افزایش تعداد بیماران عفونت حاد تنفسی خواهد شد یعنی رابطه بین بیماری‌ها و آلودگی هوا نه تنها یک رابطه مثبت، بلکه فزاینده است.

- تخمین هزینه‌های درمان و فرصت از دست رفته به علت بیماری‌های عفونتی حاد دستگاه تنفسی

برای انجام این کار نیاز به انتخاب تصادفی تعدادی از پرونده‌های بیماران است. که با مراجعه به تعدادی از بیمارستان‌ها به طور تصادفی حدود ۱۵۰ پرونده مربوط به بیماران یاد شده بررسی شد. سپس، با استفاده از شاخص قیمت بهداشت و درمان، هزینه‌های درمانی برای سال ۱۳۸۴ طبق مراحل ثبت شده در جداول ۱ و ۲ محاسبه شد.

جدول ۱- محاسبه هزینه درمان بیماری‌های عفونت حاد

دستگاه تنفسی در تهران

طول دوره بیماری	۴/۷۲ روز
هزینه روزانه بستری شدن در بیمارستان	۳۴۳۴۶۰ ریال
کل هزینه‌های سرانه یک بیمار	$(۴/۷۲ * ۳۴۳۴۶۰ = ۱۶۱۶۴۶۲)$ ریال

شده است که توسط رنه دو بوس<sup>۱</sup> تاکید شده است. البته متغیرهای دیگر، شامل تعداد پزشکان، تعداد تخت بیمارستانی، جمعیت و رطوبت نیز وارد مدل شدند ولی نه تنها معنادار نبوده بلکه  $R^2$  را نیز چندان اضافه نکردند. بنابراین، از مدل حذف شدند.

- تخمین تعداد بیماران تنفسی به علت آلودگی هوا:

بر اساس رابطه (۸) با افزایش ۱۰ واحد به میزان آلودگی، نسبت بیماری‌های حاد دستگاه تنفسی به کل بیماری‌های دستگاه تنفس ۰/۰۰۵۸ افزایش خواهد یافت

$$dy_1 = 0.00058(oil) = 0.00058(10) = 0.0058$$

با جایگذاری داده‌های مربوط به سال ۱۳۸۴ در رابطه بالا خواهیم داشت:

$$4562 = \text{افزایش در بیماری‌های حاد تنفسی}$$

یعنی با افزایش ۱۰ هزار متر مکعب به مصرف سوخت‌های چهارگانه ۴۵۶۲ نفر بیشتر از قبل به بیماری‌های حاد دستگاه تنفسی دچار می‌شوند؛ و به ازای هر یک درصد افزایش در میزان آلودگی هوا ۷۰۹۰ نفر (در سال ۱۳۸۴) بیمار شده‌اند. اگر این کار را برای داده‌های سال ۱۳۵۸ انجام دهیم مشاهده خواهیم کرد که با یک درصد افزایش در مصرف



جدول ۲- محاسبه هزینه های درمان و فرصت بیماری های عفونت حاد دستگاه تنفسی برای سال ۱۳۸۴

ریال ۱۶۱۶۴۶۲		کل هزینه های درمان
	ریال ۴۸۶۲۵۸۱۰	درآمد سالیانه خانوار
	ریال ۱۳۳۲۲۱	درآمد سرانه خانوار
	ریال ۹۵۱۵۸	درآمد سرانه روزانه بیماری
۴۴۷۲۱۳		درآمد از دست رفته
ریال ۲۰۶۳۷۰۵		کل هزینه های درمان و فرصت

منظور نمودن این تفاوت به عنوان بیماری های ناشی از آلودگی هوا؛

۵- ضرب نمودن اعداد به دست آمده (در بند ۴)

در کل هزینه های درمان و فرصت هر دوره بیماری برای هر سال و منظور نمودن رقم به دست آمده به عنوان کل هزینه های ناشی از بیماری های عفونت حاد دستگاه تنفس به علت آلودگی هوا. شایان ذکر است که نمی توان تمامی بیماری های عفونت حاد دستگاه تنفسی را به آلودگی هوا نسبت داد.

افزایش در هزینه های کل درمان و فرصت ناشی از بیماری عفونت حاد دستگاه تنفسی به علت افزایش در مصرف سوخت ها به اندازه ۱۰۰۰ متر مکعب به شکل زیر محاسبه شده است.

$$\text{ریال } ۹۴۱۴۶۲۲۲۱۰ = ۲۰۶۳۷۰۵ * ۴۵۶۲$$

- پیش بینی هزینه های درمان و فرصت ناشی از بیماری ها عفونت حاد دستگاه تنفسی به علت آلودگی هوا

با فرض افزایش ۱۱ درصدی در میزان آلودگی هوا خواهیم داشت:

$$۲۶۲۰۰۰ = \text{بیماری های عفونت حاد دستگاه}$$

تنفسی در سال ۱۳۸۳

مانند روند گذشته از ۲۶۲۰۰۰ نفر که به علت

کل هزینه های درمان و فرصت یک دوره بیماری در سال ۱۳۸۳ (شیراز، سرانه) برابر با  $۲۰۶۳۷۰۵ = ۴/۷ * ۹۵۱۵۸ + ۱۶۱۶۴۶۲$  است.

هدف تخمین کل هزینه همه بیمارانی است که به علت آلودگی هوا به بیماری عفونت حاد دستگاه تنفسی دچار شده اند. برای این کار نیاز است که میزان استاندارد مصرف سوخت های چهارگانه (آن مقدار مصرف سوخت یا آلودگی که تأثیر محسوسی بر بیماری نداشته باشد) را در اختیار داشته باشیم. ولی متأسفانه میزان استاندارد مورد نظر در اختیار ما نیست. بنابراین، میزان افزایش در بیماری های ناشی از آلودگی هوا را به شکل زیر بر آورد کردیم:

۱- جمع آوری داده های مربوط به کل بیماری ها در فاصله سال های ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۷؛

۲- جمع آوری داده های مربوط به بیماری های عفونت حاد دستگاه تنفسی در فاصله سال های یاد شده؛

۳- پیش بینی تعداد بیماران عفونت حاد دستگاه تنفسی با این شرط که میزان تغییر در اینگونه بیماری ها متناسب با تغییر در کل بیماری باشد؛

۴- تفریق بیماران عفونت حاد دستگاه تنفسی (مشاهده شده) از میزان پیش بینی شده در بند ۳ و

۲۰۶۳۷۰۵ \* ۷۰۹۰

هزینه‌های درمان و فرصت برای بیماران در سال ۱۳۵۸ برابر با ۳۱۹۰۰۴۱۱ ریال بوده است. بنابراین، هزینه‌های درمان و فرصت بیماری‌های عفونت حاد دستگاه تنفس به علت یک درصد افزایش در میزان آلودگی هوا، از سال ۱۳۵۸ تا سال ۱۳۸۴ حدود ۴۵۹ برابر و تا سال ۸۷ حدود ۷۵۷ برابر شده است.

- تخمین رابطه بین آلودگی هوا و بیماری‌های عفونت حاد دستگاه تنفسی و برونشیت، آمفیزم و

آسم

$$y_2 = 0.82 + 0.00000028(oil)^2 - 0.038t \quad (9)$$

$$t \quad (10) \quad (5.82) \quad (-6.8)$$

$$D.W=1.82, R^2=0.76$$

که در آن  $y_2$ : نسبت تعداد بیماری‌های عفونت حاد دستگاه تنفسی، برونشیت، آسم و آمفیزم به کل بیماری‌های تنفسی بوده و بقیه متغیرها مثل رابطه (۸) تعریف می‌شوند. رابطه بالا یک رابطه غیر خطی نسبت به متغیر آلودگی هواست

- تخمین هزینه‌های درمان و فرصت از دست رفته

بیماری‌های برونشیت، آسم و آمفیزم

جدول ۳- محاسبه هزینه‌های درمان بیماری آسم، آمفیزم و برونشیت

طول دوره بیماری	۶/۱ روز
هزینه روزانه بستری شدن در بیمارستان	۲۹۰۰۰۰ ریال
هزینه دوره بستری شدن در بیمارستان	$۶/۱ * ۲۹۰۰۰۰ = ۱۷۶۹۲۰۰$
درآمدهای از دست رفته	۷۱۰۵۰۱۲۲۸۰۰ ریال
مجموع هزینه‌های فرصت و درمان (سرانه)	۱۸۹۲۰۴۰
متوسط هزینه‌های بیماری‌های عفونت حاد و آمفیزم- آسم و ...	$۲۰۳۷۰۵ + ۱۸۹۲۰۴۰ = ۳۹۵۵۷۴۵$
مجموع کل هزینه‌ها جامعه به علت ۱ درصد افزایش در مصرف سوخت	$۳۹۵۵۷۴۵ * ۶۲۵۶ = ۲۴۷۴۸۶۹۷۰۸۰$

منبع: محاسبات پژوهشگر و بیمارستان‌های شیراز و تهران

درصد در مصرف سوخت‌های فسیلی ۶۲۵۶ نفر

بیماری عفونت حاد دستگاه تنفسی به بیمارستان مراجعه کرده باشند، حداقل ۳۲ درصد معادل ۸۴۰۰۰ نفر به علت آلودگی هوا برآورد می‌شود. بنابراین، با ضرب این رقم در هزینه‌های درمان و فرصت مربوطه، هزینه کل این بیماری به علت آلودگی هوا برای شهر شیراز به شکل زیر برآورد می‌شود:

کل هزینه‌های درمان و فرصت بیماری‌های عفونت حاد دستگاه تنفس به علت آلودگی هوا =  $۱۷۳۳۵۱۲۲۰۰۰۰ = ۸۴۰۰۰ * ۲۰۶۳۷۰۵$

حال با فرض ۱۰ درصد کاهش آلودگی هوا، بیماری‌های یاد شده به ۱۷۶۵۰۰ نفر کاهش خواهد یافت که از این تعداد ۳۲ درصد آن یعنی ۵۶۴۸۱ نفر به علت آلودگی هوا خواهد بود. بنابراین، هزینه کل برابر با  $۱۱۶۵۶۱۵۳۴۱۰۰ = ۵۶۴۸۱ * ۲۰۶۳۷۰۵$  خواهد بود. یعنی ۱۰ درصد کاهش آلودگی هوا باعث کاهش ۳۲ درصدی در هزینه‌ها خواهد شد یعنی هزینه‌ها به میزان  $۵۶۷۱۹۶۸۵۸۹۰ = ۱۱۶۵۶۱۵۳۴۱۰۰ - ۱۷۳۳۵۱۲۲۰۰۰۰$  ریال کاهش خواهد یافت.

با توجه به مدل (۸) با افزایش یک درصد در میزان آلودگی هوا (نسبت به سال ۱۳۸۳) هزینه‌ها به میزان  $۱۴۶۳۱۶۶۸۴۵۰$  ریال افزایش خواهد یافت.

با استفاده از رابطه بالا و جدول ۳ با افزایش یک

و آمفیزم به کل بیماری‌های تنفسی است. در رابطه فوق متغیرها به شکل لگاریتم وارد شده اند. مانند ۲ معادله قبل با استفاده از رابطه فوق نیز می‌توان تعداد مبتلایان به برونشیت، آمفیزم و آسم را تخمین زد و هزینه‌های مربوطه را برای سال‌های مورد نظر را محاسبه نمود. (ضریب ۱/۳۶ در اقتصاد خرد به کشش  $y_3$  نسبت به آلودگی، تعبیر می‌شود)

- تخمین روند تغییر در بیماری تنفسی نسبت به کل بیماری‌ها در شیراز

الف- تخمین روند تغییر در بیماری‌های عفونت

حاد دستگاه تنفس به کل بیماری‌ها

$$Y_2 = 0.0315 + 0.0000594(OIL) - 0.00141t \quad (11)$$

$$(t) \quad (2.12) \quad (2.15) \quad (-10.51)$$

$$R^2 = 0.36, R^{-2} = 0.18, D, W = 1.84$$

$Y_2$ : نسبت بیماری‌های عفونت حاد دستگاه

تنفسی به کل بیماری‌ها

ب- تخمین روند تغییر دو بیماری‌های عفونت

حاد دستگاه تنفس و برونشیت، آسم و آمفیزم نسبت

به کل بیماری‌ها

$$y_3 = 0.056 + 0.0000703(oil) - 0.0022t \quad (12)$$

$$(3.6) \quad (2.5) \quad (-1.72) \quad (-1.02)$$

$$R^2 = 0.29, R^{-2} = 0.11, D, W = 1.96$$

$y_3$ : نسبت بیماری‌های عفونت حاد دستگاه

تنفسی، برونشیت، آسم و آمفیزم به کل بیماری‌ها

- تخمین روند تغییر در سرانه بیماری‌های تنفسی

در شیراز

در این قسمت به تخمین روابط بین آلودگی هوا

بیمار و متحمل هزینه‌هایی در حدود ۲۴۷۴۸۶۹۷۰۸۰ ریال خواهند شد.

- محاسبه هزینه‌های درمان و فرصت بیماری‌های (عفونت حاد دستگاه تنفس: برونشیت، آمفیزم و آسم)

با استفاده از رابطه (۹) داریم (با تخمین مصرف سوخت به میزان ۲۵۰۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۸۴) و با جایگزین کردن داده‌های مربوط به سال ۱۳۸۴ خواهیم داشت:

بیماری‌های برونشیت، آسم و آمفیزم + بیماری‌های

$$\text{عفونت حاد دستگاه تنفس} = ۳۸۶۷۶۲$$

برآورد می‌شود که مانند روند گذشته ۳۸۶۷۶۲

نفر در سال ۱۳۸۴ به علت بیماری‌های عفونت حاد دستگاه تنفس، آمفیزم، آسم و برونشیت به بیمارستان‌های شیراز مراجعه کرده باشند و حداقل ۳۲ درصد آن یعنی حدود ۱۲۴۰۰۰ نفر به علت آلودگی هوا باشد. با فرض مساوی بودن دو نوع بیماری خواهیم داشت.

$$۳۹۵۵۷۴۵ * ۱۲۴۰۰۰ = ۴۹۰۵۱۲۳۸۰۰۰۰ = \text{کل}$$

هزینه‌های درمان و فرصت دو نوع بیماری به علت آلودگی هوا سال ۱۳۸۴

- تخمین رابطه نسبت برونشیت، آمفیزم و آسم به

کل بیماری‌های تنفسی

$$\text{Log}(y) = -6.615 + 1.36 \log(oil) - 1.7 \log(t) \quad (10)$$

$$(-1.52) \quad (2.34) \quad (-3.13) \quad (3.44)$$

$$\bar{R}^2 = 0.91, D, W = 2.2 \quad R^2 = 0.95$$

که در آن  $y$ : نسبت بیماری‌های برونشیت، آسم

- تخمین روند تغییر در سرانه کل بیماری ها در

شیراز

$$y_7 = 8.01 + 0.00475(oil) - 0.431t \quad (16)$$

(2.65) (2.19) (-3.3)

$$R^2 = 0.885, R^{-2} = 0.826, D.W = 2.01$$

$y_7$ : سرانه کل بیماری ها در شهر شیراز را

نشان می دهد.

- تخمین روابط بین مصرف بنزین، گازوییل و

بیماری های تنفسی در شیراز

الف: تخمین رابطه بین میزان مصرف بنزین و

بیماری های تنفسی (عفونت حاد دستگاه تنفس

برونشیت، آسم و آمفیزم)

$$y_8 = -0.86 + 0.0112(oilBe) - 0.000059(oilBe)^2 + 0.00000008(oilBe)^3 + 0.0121(t) \quad (17)$$

$$R^2 = 0.95, D, W = 2.21$$

(همه ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنی دار هستند)

در مدل فوق oilBe میزان آلودگی هوا به علت

مصرف بنزین (بر حسب ۱۰۰۰ مکعب) در شیراز

است و بقیه متغیرها مانند قبل تعریف می شوند.

ضریب متغیر t (زمان) در این جا مثبت و مطابق

انتظار است. زیرا نشان می دهد که با گذشت زمان

نسبت بیماری عفونت حاد دستگاه تنفسی و

برونشیت، آمفیزم و آسم به کل بیماری افزایش

می یابد. همچنین، نسبت بیمارهای یاد شده به کل

بیماری ها از یک تابع درجه ۳ تبعیت می کند. به این

ترتیب با افزایش میزان مصرف بنزین ابتدا با سیر

کاهشی و سپس، با سیر افزایشی اضافه خواهد شد.

و متغیرهای زمان و سرانه بیماری های تنفسی

می پردازیم.

الف- نسبت روند تغییر سرانه در بیماری های

عفونت حاد دستگاه تنفسی در شیراز

$$Y_4 = 0.47 + 0.00038(OIL) - 0.031t \quad (13)$$

(7.3) (3) (-3.8)

$$R^2 = 0.92, R^{-2} = 0.88, D.W = 1.83$$

$Y_4$ : نسبت بیماری های عفونت حاد دستگاه

تنفس به جمعیت شیراز

بنابراین، به ازای افزایش ۱۰ هزار متر مکعب در

مصرف سوخت ۴۴۰۰ نفر به بیماری حاد دستگاه

تنفس دچار می شوند.

ب- تخمین روند تغییر در سرانه بیماری های

برونشیت، آسم و آمفیزم در شیراز

$$y_5 = 0.073 + 0.000094(oil) - 0.0071t \quad (14)$$

(3.15) (2.271) (-3.18)

$$R^2 = \%65, R^{-2} = \%58 \quad D, w = 1.83$$

- تخمین روند تغییر در سرانه بیماری های تنفسی

در شیراز

$$y_6 = 1.14 + 0.0017(oil) - 0.1t \quad (15)$$

(0.92) (2.12) (-2.34)

$$D, W = 2.18 \quad R^2 = 0.77$$

$y_6$ : سرانه کل بیماری های تنفسی را نشان

می دهد.

میزان آلودگی هوا و بیماری‌های یاد شده رابطه مثبت و صعودی وجود دارد. به طوری که در سال ۱۳۵۸ با افزایش ۱۰۰۰ مترمکعب در مصرف سوخت‌ها ۸۵۰ نفر افزایش در بیماری نسبت به سال قبل داشتیم. درحالی که این تعداد برای سال ۱۳۸۴ به ۷۰۹۰ نفر افزایش یافته است. خسارت‌های ناشی از آلودگی هوا بر بیماری‌ها برای سال ۱۳۸۴ بیش از ۱۷۳ میلیارد تومان برآورد می‌شود. همچنین، کاهش ۱۰ درصدی در مصرف سوخت‌ها باعث کاهش ۵۷ میلیارد تومانی خسارت‌ها خواهد شد. بر اساس قیمت‌های سال ۹۳ کاهش ۱۰ درصدی در مصرف سوخت (یا استفاده از تکنولوژی‌های کاهش آلودگی)، باعث کاهش ۶۰۰ میلیارد تومانی خسارت‌ها خواهد شد.

## منابع

- ۱- الحفار، سعید محمد، مترجم، کرمخانی، حسام. (۱۳۷۲). مبارزه با آلودگی هوا در جهت حفاظت از محیط زیست. انتشارات سازمان حفاظت از محیط زیست، شماره اول، جلد پنجم، ۸۰-۷۶
- ۲- ایمنوند، اف، میکس. (۱۳۷۶). توسعه اقتصادی و محیط زیست. ترجمه حمید رضا ارباب، انتشارات سازمان برنامه و بودجه.
- ۳- پور اصغر، سنگاچین. (۱۳۸۰). استفاده از ابزارهای اقتصادی برای حفاظت از محیط زیست. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، شماره ۳۵.

۲۵

- ۴- رزآزال، ناهید. (۱۳۷۹). آلودگی هوای محیط خانه و عفونت‌های تنفسی حاد در کودکان. انتشارات

ب- رابطه بین بیماری عفونت حاد دستگاه تنفسی و میزان مصرف گازوییل

$$y_9 = -0.0272 + 0.00219(oilGE) - 0.0000051(oilGE)^2 + 0.00000003.27(oilGE)^3 + 0.0019t$$

D. W=2.015 R<sup>2</sup> = 0.51 (۱۸)

(همه ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنی دار هستند)

oilGE: میزان میزان آلودگی هوا به علت مصرف گازوییل (سالانه بر حسب ۱۰۰۰ متر مکعب)

ج- تخمین رابطه سرانه بیماری‌های عفونت حاد دستگاه تنفس و میزان میزان آلودگی هوا به علت مصرف گازوییل

(۱۹)

$$y_{10} = -1.21 + 0.011(oilGE) - 0.000002(oilGE)^2 + 0.000000019(oilGE)$$

R<sup>2</sup>=0.97 ,D.W=2.12

(همه ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنی دار هستند)

د- تخمین رابطه بین سرانه بیماری‌های دستگاه تنفسی و میزان میزان آلودگی هوا به علت مصرف گازوییل

$$y_{11} = -1.81 + 0.0151(oilGE) - 0.0000259(oilGE)^2 + 0.0000000181(oilGE)^3 - 0.0235t$$

R<sup>2</sup> = %96, D.W = 2.09 (۲۰)

(همه ضرایب در سطح ۰/۰۵ معنی دار هستند)

## خلاصه و نتیجه گیری

نتایج تحلیل داده‌های مربوط به بیماری‌های تنفسی و میزان آلودگی هوا گویای این واقعیت است که بین

- management Economic, Technological  
Ecological, *Institutional Aspects of  
Residuals Management*. . VIII-8
- 14- Bario, Bonato. Sandra and Harry,  
Teker. (2001). The contingent Valuation  
Method in Health Care: An Economic of  
Alzheimers Disease. [http://netec.mcc.ac.  
uk/WOPEC/data/Paper/Wopwobaed](http://netec.mcc.ac.uk/WOPEC/data/Paper/Wopwobaed).
- 15- Brad, j. Bowland and john, C. Beghin  
(1998). Robust Estimates of value of a  
statistical life for Developing Economics.  
An Application to pollution and Mortality  
in santiago. [Http://www.google.working  
paper](Http://www.google.workingpaper).
- 16- Burns, M. (1999). Enviromental  
Resources Valuation: Some of  
Specification. [http://nectec.wustl.edu/  
andnetec-cgi-bin/sw/shfind](http://nectec.wustl.edu/andnetec-cgi-bin/sw/shfind).
- 17- David, A. (1998). Starrett: Valuing  
Ecosystem services. [Http://www.google.  
com/search...standford](Http://www.google.com/search...standford).
- 18- Griliches, zvi. (1971). Price Indexes  
and Quality Change. *Cambridge, MA:  
Harvard University Press*.
- 19- Nick, Goodesting, (1997).  
Environmental Economics in Theory and  
practic. University of newcasthe Upon  
tyne.
- 20- William j, baumol. wallace, E. (1979).  
Oates: Economics, Environmental policy  
and the quality of life. London. 45-80
- سازمان حفاظت محیط زیست، شماره ۳۱. ۲۲-۲۰  
۵- زمانی، ابراهیم. (۱۳۷۶). تاثیر گازسوز کردن  
وسایل نقلیه موتوری در کاهش آلودگی هوا.  
*انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست*، شماره  
سوم، جلد نهم، ۱۵-۱۲  
۶- سلطانی نژاد، عبدالعظیم. (۱۳۷۶). آثار زیست  
محیطی گازهای آلاینده ناشی از وسایل نقلیه  
موتوری. *انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست*،  
شماره ۴، جلد نهم، ۲۶-۱۸  
۷- صفوی، افسانه. (۱۳۷۹). بررسی آلودگی  
هوای شهر شیراز. *اداره کل حفاظت از محیط زیست  
فارس، شیراز*.  
۸- مخدوم، مجید. (۱۳۷۱). کنفرانس محیط  
زیست و توسعه ملل متحد، ریودوژانیرو. *انتشارات  
سازمان حفاظت محیط زیست*، شماره ۲. جلد  
چهارم. صفحه ۵۱-۴۴  
۹- دانستنی های هوای پاک. (۱۳۷۸-۱۳۸۰).  
*انتشارات شرکت کنترل کیفیت هوا وابسته به  
شهرداری تهران*.  
۱۰- دانشکده اسناد و مدارک پزشکی تهران:  
مقایسه هزینه کارائی بیمارستان های عمومی -  
آموزشی شیراز  
11- Ahmad. M. (2000). Principles of  
Enviromental Economics. Routledge.  
London. 289-300  
12- Arrow. kJ (1985). Enviromental Quality

## **Estimating treatment and opportunity costs of respiratory diseases caused by air pollution**

Morteza Hasanshahi (PhD)

Faculty member at the Department of Economics ,college of economics, Arsanjan Branch, ,Islamic Azad University (IAU), Arsanjan ,Iran, (Corresponding Author)

E-mail: hasanshahi889@gmail.com , [hasanshahi@iaua.ac.ir](mailto:hasanshahi@iaua.ac.ir)

### **Abstract**

Environmental pollution, especially air pollution is the cause of much harm for living organisms. Air pollution reduces economic growth, utility, and welfare. It also reduces the value of houses and historical buildings, reduces sunlight, increases mortality and the rate of diseases so that of 150 known human disease, 30 diseases are direct products of pollution and 70 diseases are indirectly caused by pollution. This study investigated the economic effects of pollution on respiratory diseases (acute diseases, the respiratory tract, emphysema, asthma, and bronchitis) in Shiraz for a period of 1975 to 2008 using reaction-dose technique. The results indicate that over time due to rising levels of air pollution, the intensity of diseases will increase. Accordingly, one percent increase in fuel consumption in 1979, 850 persons were affected by the above diseases. The same figure for 2005 was about 7090 compared to its previous year. The damage caused by air pollution in 2008 amounted to about 2850 billion Rials. The figure reduces to 830 billion Rials for a reduction in fossil fuel consumption by 10%,

A12,I13,D62,I15

**Keywords:** treatment and opportunity costs, respiratory diseases, Shiraz