

## ارزیابی آلودگی هوا از دیدگاه تحلیل سود - هزینه در یک واحد تولیدی

فریده گل‌بابایی<sup>۱</sup>، علیرضا کوهپایی<sup>۲</sup>، حمید ناظم‌ان<sup>۳</sup>، سید جمال‌الدین شاه‌طاهری<sup>۴</sup>

### چکیده

زمینه و هدف: در مباحث بهداشت حرفه ای آلودگی هوا از جنبه‌های مختلف شامل اثرات زیان آور بر سلامتی شاغلین، حفظ سلامت محصول و تجهیزات و حفظ محیط زیست مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. علاوه بر جنبه‌های فوق، بحث آلودگی هوا از دیدگاه اقتصادی و تبعات ناشی از آن موضوعی است که امروزه در دنیا جایگاه ویژه‌ای یافته و انجام هر گونه اقدام کنترلی صرفاً بر اساس تحلیل سود - هزینه امکان پذیر می‌شود.

روش بررسی: در این تحقیق تراکم کلی گردوغبار با استفاده از متد ۰۵۰۰ موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH 1994) در دو سالن پرس یک کارخانه کاشی سازی، سنجش و ارزشیابی شد. جهت تعیین زیانهای گردوغبار موجود در دو سالن، اثر گردوغبار بر کیفیت کاشیهای تولیدی (تبدیل آنها از درجه یک به دو مطابق با استاندارد شماره ۴۰۰۶ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی) مورد مطالعه قرار گرفت. سپس هزینه سالیانه ناشی از توقف کار دستگاهها جهت زدودن گردوغبار، هزینه‌های سالیانه وسیله کنترل گردوغبار (صافی کیسه ای) و هزینه‌های سالیانه نظافت محیط کار مشخص شد و در نهایت نتایج از دیدگاه سود - هزینه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصله، غلظت متوسط گردوغبار در سالن پرس شماره یک ۵۲/۲۶۲ میلی گرم بر متر مکعب و در سالن پرس شماره دو ۳۲/۱۵۸ میلی گرم بر متر مکعب بدست آمد. بر اساس یافته‌های بدست آمده، به طور متوسط ۸/۴ درصد کل تولیدات کارخانه به دلیل وجود گردوغبار به کاشی درجه دو تبدیل می‌شوند و از این راه سالیانه یک میلیارد ریال زیان حاصل می‌شود. هزینه سالیانه صافی کیسه ای بر اساس محاسبات ارائه شده از سوی EPA برآورد گردید (۵۷۸.۳۲۲.۲۷۷ ریال). به دلیل ایجاد وقفه مربوط به پاکسازی دستگاهها در خط تولید، سالیانه در خط تولید یک ۱۲۵۷.۹۸ میلیون ریال و در خط تولید دو ۵۶۴.۲ میلیون ریال سود خالص از دست می‌رود و هزینه‌های سالیانه پاکسازی نیز معادل ۱۰.۸۸ میلیون ریال برآورد گردید.

نتیجه‌گیری: در این تحقیق با هدف دستیابی به راهکارهایی جهت تشویق کارفرمایان به رعایت اصول ایمنی و بهداشت کاربویره اقدام به کنترل آلودگی هوا، و بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیل سود - هزینه مشخص گردید که در صورت اجرای طرح کنترل آلودگی هوا رقمی بالغ بر ۱۱ میلیارد ریال سود حاصل می‌شود. بر اساس تحلیل صورت گرفته مشخص می‌شود که اجرای طرح کنترل گردوغبار در محیط مورد مطالعه سودآور می‌باشد و قابلیت تعمیم این موضوع به کلیه واحدهای تولیدی نیز موضوعی دور از انتظار نبوده و قابل پیش بینی است.

کلیدواژه‌ها: آلودگی هوا - کیفیت کاشی - تحلیل سود، هزینه - گردوغبار

در هر دقیقه ۸۵ میلیارد لیتر هوا برای تنفس احتیاج دارند هوایی که می‌بایست ممد حیات بوده و عاری از هرگونه آلودگی باشد. اما پدیده شهرنشینی و صنعتی

### مقدمه

انسانهای کره خاکی (بر اساس جمعیت فعلی آن)،

۱- نویسنده پاسخگو، استاد گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران (email: gol128@sptums.com)  
۲. دانشجوی دکتری بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران  
۳. استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی  
۴. دانشیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران



ناشی از آلودگی هوا در یک منطقه شدیداً آلوده بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که هر فرد ساکن در شهر آلوده می‌بایست سالیانه ۸۴ دلار به خاطر آلودگی هوا (نگهداری بنا، شستشوی بدن و لباسها و ...) هزینه نماید (۳). پژوهشهای دیگری در مورد تخمین زیانهای وارده به داراییها انجام شده است. یکی از آنها رقم ۶۵ دلار را برای هر نفر ارائه می‌دهد (۴). روسانو (ROSSANO) رقم کل ۱۲ میلیارد دلار در سال را پیشنهاد کرده بود که این رقم شامل اثرات بهداشتی نمی‌شود (۵). در مطالعه دیگری که توسط راثو و همکاران (RAO et al.) انجام شده مشخص گردیده است که آلودگی هوا سالیانه باعث زیان مالی به میزان ۲۸ میلیون روپیه در بنگال غربی می‌شود. سایر هزینه‌ها هم از جمله خوردگی فلزات ۵ میلیون روپیه، زیان به ساختمانها ۲ میلیون روپیه، زیان به منسوجات ۵ میلیون روپیه و شستشو ۴ میلیون روپیه محاسبه شده است (۶). همچنین بررسیها آشکار کرده است که آلودگی هوا بر کیفیت منابع آبی زمین زیر کشت هم تاثیر دارد و بهره‌وری حاصل از حیوانات اهلی را هم کاهش می‌دهد (۷).

جامع‌ترین مطالعه در مورد تاثیر آلودگی هوا بر روی خوردگی و تخریب سطوح، SOx را به عنوان جدی‌ترین خطر مخصوصاً برای صنایع رنگ، کاغذ، فلزات، چرم، سنگهای، CO<sub>2</sub>، NOx در رده‌های بعدی قرار دارند (۸) و ویکتور سالوین (SALVINE) در مقاله‌ای در سال ۱۹۷۰ در خصوص هزینه‌های تخریب رنگ الیاف در صنعت نساجی بر اثر آلودگی هوا (NOx و O<sub>3</sub>) مبلغ ۲۰۶ میلیون دلار در سال را ارائه نمود (۹). نتایج تحقیق دیگری در مورد زیانهای مالی آلودگی هوا در جدول شماره (۱) خلاصه شده است (۱۰).

با این استدلال که اگر آلودگی هوا وجود نداشته باشد، به تبع زیانهای ناشی از آن هم وجود خارجی نخواهد داشت، در این تحقیق جلوگیری از زیانها در

شدن ( خصوصاً انتقال تکنولوژی از کشورهای پیشرفته به کشورهای جهان سوم) و تجمع اکثر مردم در سطح کمی از زمین با توقع استاندارد بالای زندگی با حداقل قیمت و بدون توجه به محیط زیست باعث افزایش تراکم آلودگی‌ها در حد خطرناک و قابل توجه شده است. غلظت آلوده‌کننده‌های منتشره از بسیاری فعالیتهای انسان به حدی است که آسیبها و تبعات اقتصادی یکی از تبعات عادی آن است (۱).

تخمین زده‌اند که در انگلستان دودکشهای کارخانجات سالانه ۴۲۰ هزار تن دوده در فضا پراکنده می‌کنند. گزارشهای دیگری در مورد شهر گلاسکو در این کشور حاکی از آن است که ماهیانه در حدود ۳۰۰ تن دوده بر هر کیلومتر مربع از این شهر می‌نشیند. در شهر پاریس میزان دود و دوده منتشره در هوا در عرض یکسال حدود ۱۰۰ تن تخمین زده شده است. زیانهای ناشی از آلودگی هوا طیف وسیعی را پوشش می‌دهد. علاوه بر جنبه‌های بهداشتی، آلاینده‌ها در هوا باعث زیان به دارایی افراد، تجهیزات و دستگاهها میشوند. آلودگی سولفور به پوششهای مسی و روی یورش می‌برند.

فولاد دو تا چهار بار سریعتر در نواحی شهری و صنعتی خورده می‌شود. کنتاکتهای تجهیزات الکتریکی معمول غیر قابل اعتماد می‌شوند مگر اینکه مکرراً سرویس شوند، رشته‌های نخی لباسها ضعیف می‌شوند، کیفیت محصولات تولیدی کاهش می‌یابد، رنگدانه‌های موجود در نقاشی‌ها و رنگها تخریب میشوند و سطوح ساختمانها، مواد و کارهای هنری خوردگی پیدا می‌کنند، شستشوی مکرر ساختمانها، اتومبیل‌ها و دیگر داراییها و استفاده فراوان از مواد شوینده ضروری خواهد بود (۲). در انگلستان، آمریکا، فرانسه و بسیاری دیگر از کشورهای اروپایی این مسئله به صورت دقیق مورد تحقیق قرار گرفته است که به اختصار به چند مورد اشاره می‌شود:

در مطالعه‌ای در سال ۱۹۸۶، زیانهای اقتصادی

جدول ۱- زیان‌های حاصل از آلودگی هوا بر مواد مختلف برحسب میلیون دلار، اقتباس از فرانس ۱۰

| ماده   | هزینه سالیانه | ماده      | هزینه سالیانه | ماده   | هزینه سالیانه |
|--------|---------------|-----------|---------------|--------|---------------|
| فولاد  | ۱۴۰۰          | نیکل      | ۲۶۰           | پشم    | ۹۹            |
| رنگ    | ۱۲۰۰          | کتان      | ۱۵۲           | چدن    | ۵۴            |
| روی    | ۷۸۰           | قلع       | ۱۴۴           | نایلون | ۳۸            |
| لاستیک | ۳۸۰           | آلومینیوم | ۱۱۴           | کاغذ   | ۲۲            |
| بتون   | ۳۱۶           | مس        | ۱۱۰           | چرم    | ۲۱            |

$$\sum t (B_t - C_t) (1+r)^{-t} > 0$$

در معادله داده شده،  $C$  مقدار هزینه در سال  $t$ ،  $B_t$  مقدار سود حاصل در سال  $t$ ،  $r$  نرخ تنزیل و  $t$  برابر سال مد نظر می باشد. بر طبق معادله (۱) هر حرکت و تحولی بالقوه سودمند است به شرط آنکه حاصل معادله بزرگتر از صفر باشد.

### روش بررسی

پس از بررسیهای لازم و بر اساس اهداف مد نظر، یکی از صنایع کاشی سازی جهت انجام این تحقیق در نظر گرفته شد. این کارخانه دارای پنج خط تولید مجزا می باشد که در هر خط، کاشیها در طرحها و اندازه های مختلف تولید می شوند. از این میان، دو خط تولید کاشی و در هر خط، سالن تولید بیسکوئیت یا کاشی خام به دلیل وجود گردوغبار بالا جهت مطالعه و بررسی انتخاب شدند. موقعیت قرارگیری سالنهای مذکور، مستقر در خطوط تولید یک و دو به طور شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده اند.

مطالعه فوق در مراحل به شرح زیر انجام شده است:

### الف) نمونه برداری هوا

جهت بررسی میزان تراکم گردوغبار آزاردهنده در دو سالن تولید، نمونه برداری گردوغبار کل به روش

اثر اجرای پروژه کنترل آلودگی هوا به عنوان منافع پروژه فرض شده و با استفاده از روش سود - هزینه، سودآوری اجرای پروژه کنترل آلودگی هوا در دو سالن یک کارخانه کاشی سازی مورد بررسی قرار گرفته است. بر این اساس کلیه مبالغ صرف شده برای خرید، نصب، تعمیر و نگهداری دستگاه جمع آوری آلودگی هوا (صافی کیسه ای) به عنوان هزینه و موارد زیر به عنوان سود لحاظ گردیدند.

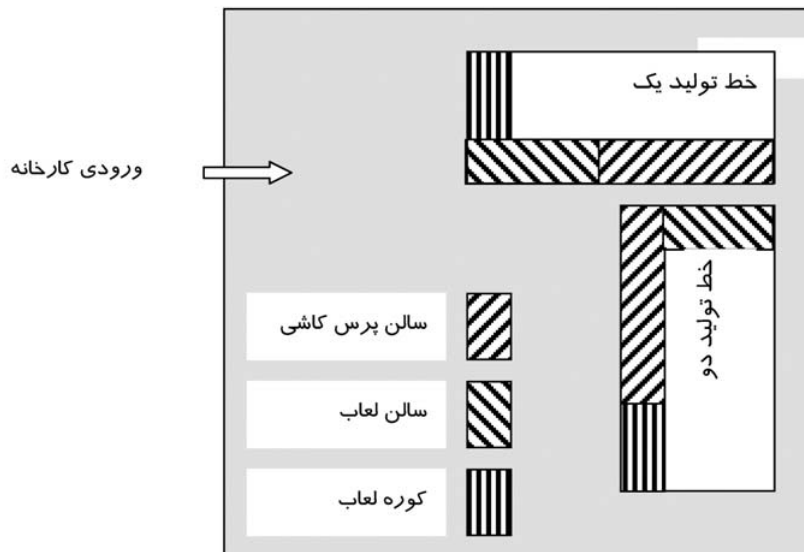
● مبالغ صرفه جویی شده به واسطه جلوگیری از تبدیل کاشی های درجه یک به درجه دو

● مبالغ صرفه جویی شده به واسطه جلوگیری از توقف دستگاههای پرس به دلیل تجمع گرد و غبار

● مبالغ صرفه جویی شده به واسطه کاهش هزینه های پاک سازی

بنا به تعریف، سود آن چیزی است که رفاه بشری را افزایش داده و هزینه هر چیزی است که باعث نقصان رفاه بشری گردد (۱۱). معمولاً هر تصمیمی بر اساس سود و هزینه های متصور اتخاذ می گردد و در جایی که قصد انتخاب از بین چند گزینه وجود داشته باشد، گزینه ای انتخاب می شود که بیشترین منافع خالص را در پی داشته باشد. آنچه بیان شد اساس و پایه تجزیه و تحلیل سود - هزینه را تشکیل می دهد (۱۲). تجزیه و تحلیل سود و هزینه بر اساس معادله (۱) صورت می پذیرد:

شکل ۱- محل استقرار سالنهای پرس یک و دو در کارخانه کاشی سازی



تولید سالیانه و همچنین درصد متوسط کاشی های معیوب، تعداد کاشی های معیوب سالیانه مشخص گردید. سپس تعداد کاشی های معیوب بر تعداد کاشی در هر متر مربع تقسیم و نتیجه در اختلاف قیمت کاشی درجه یک و دو (۲۰۰۰ ریال) ضرب گردید. به این ترتیب مقدار زیان حاصل از کاهش کیفیت کاشی ها و تنزل آنها از درجه یک به دو محاسبه گردید. کلیه محاسبات هزینه سالیانه جمع آوری کننده آلودگی هوا (صافی کیسه ای) بر اساس صفحات اطلاعاتی آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) انجام شد (۱۴).

بر اساس این صفحات اطلاعاتی، از جمع کل هزینه های مستقیم و غیر مستقیم منهای اعتبارات برگشتی حاصل از بازیافت مواد در صورت وجود، هزینه خالص سالیانه صافی کیسه ای به دست می آید. در ادامه میزان وقفه های کاری دستگاهها جهت پاکسازی از آلودگی محاسبه شد. به این منظور تمامی مراحل کار به دقت زیر نظر گرفته شد و زمان وقفه ها جهت تعداد کل پرسهای دو سالن در طول سه شیفت کاری در یک دوره زمانی یکماهه در دفاتر مخصوص ثبت گردید و در نهایت میانگین وقفه کاری سالیانه هر دستگاه بر حسب دقیقه محاسبه شد. بر طبق کارسنجی به عمل آمده مشخص شد هر دستگاه پرس در هر دقیقه قادر است ۴۰ عدد کاشی تولید کند بنابراین جهت تعیین تعداد کاشی که دستگاه در خلال زمانهای وقفه می تواند تولید نماید، متوسط زمان وقفه سالیانه هر دستگاه بر حسب دقیقه در عدد ۴۰ ضرب گردید.

با استفاده از عدد حاصل و ضرب آن در قیمت نهایی محصول می توان به برآوردی واقعی از مقدار درآمدی که می توانست وجود داشته باشد و به دلیل وجود گرد و غبار در هوا قابل استحصال نیست، دست یافت. در نهایت با استفاده از صفحات اطلاعاتی مورد استفاده در بخش برآورد هزینه کالکتورها (در مقیاس محدودتر) هزینه سالیانه دو عدد دستگاه مکنده

وزنی بر طبق متد شماره ۵۰۰ موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH 1994) انجام گرفت. نمونه برداری با استفاده از کاستهای سه تکه (Face Closed)، فیلتر پی.وی.سی. با قطر ۳۷ میلیمتر و قطر منافذ ۵ میکرون و پمپهای نمونه برداری SKC مدل PCXR3-224 ساخت کشور انگلستان در دبی یک تا دو لیتر بر دقیقه انجام شد.

برای تعیین حجم نمونه در دو سالن، کل مساحت سالنها به مربعات مساوی با کد اختصاصی تقسیم شدند. سپس با استفاده از جدول اعداد تصادفی در هر سالن پنج مربع تعیین شد. آنگاه با سطح اطمینان ۹۵ درصد برای سالن پرس شماره یک تعداد ۱۸ نمونه و سالن پرس شماره دو ۲۲ نمونه جهت سنجش تراکم گرد و غبار کل انتخاب گردید.

#### ب) تعیین سود-هزینه

بر طبق استاندارد شماره ۴۰۰۶ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی (۱۳)، از هر خط تولید کاشی ۷۰ نمونه (هر نمونه شامل ۵۰ عدد کاشی به صورت تصادفی انتخاب شده اند) برای بررسی کیفیت آن انتخاب شد. در هر یک از خطوط تولید یک و دو، سه خط تولید کاشی با ابعاد متفاوت بر حسب سانتیمتر به شرح زیر وجود دارد:

خط تولید یک: کاشی ۱۵ × ۱۵ سفید. کاشی ۵ × ۲۰ آذین.  
کاشی ۲۰ × ۲۵ غزال  
خط تولید دو: کاشی ۱۵ × ۱۵ سفید. کاشی ۱۵ × ۱۵ ترنج،  
کاشی ۱۵ × ۲۰ غزال

محل نمونه گیری از کاشیها، بعد از ریختن لعاب بر روی کاشی ها و قبل از ورود این کاشی ها به کوره لعاب انتخاب شد. سپس بر اساس استاندارد مذکور در اطاق کنترل کیفیت در شرایط استاندارد (شدت نور ۳۰۰ لوکس) تعداد کاشی های معیوب از نظر نشست گرد و غبار مشخص و ثبت گردید. با توجه به مقدار

جدول ۲- تراکم کلی گرد و غبار در دو سالن پرس

| موقعیت            | تراکم (میلی گرم بر متر مکعب) |         |              | حد مجاز (mg/m <sup>3</sup> ) (ACGIH, 2004) |
|-------------------|------------------------------|---------|--------------|--|
|                   | تعداد                        | میانگین | انحراف معیار |  |
| سالن پرس شماره یک | ۱۸                           | ۵۹/۲۶۲  | ۱۵/۸۱        | ۱۰   |
| سالن پرس شماره دو | ۲۲                           | ۳۲/۱۵۸  | ۹/۸۴۶        | ۱۰   |

جدول ۳ - درصد متوسط کاشی های معیوب در نمونه برداری

| خط تولید دو |      |      | خط تولید یک |      |       | خط تولید |
|-------------|------|------|-------------|------|-------|----------|
| غزال        | ترنج | سفید | غزال        | آذین | سفید  | طرح کاشی |
| ۶           | ۶/۳۷ | ۶/۷۶ | ۱۰/۹۹       | ۸/۹۷ | ۱۱/۳۲ | میانگین  |

جدول ۴ - زیانهای ناشی از کاهش کیفیت سطوح در خط تولید یک

| مورد   | بهای کاشی درجه یک هر متر مربع | بهای کاشی درجه دو هر متر مربع | مقدار تولید سالیانه (متر مربع) | تعداد در هر متر مربع | تعداد تولید سالیانه (میلیون) | تعداد کاشی های معیوب سالیانه | مقدار زیان سالیانه (تومان) |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| سفید   | ۲۲۲۰                          | ۲۰۲۰                          | ۱۰۰۰۰۰                         | ۴۴                   | ۴۴                           | ۴۹۷۶۴۰۰                      | ۲۲۶۲۰۰۰۰                   |
| آذین   | ۲۸۷۰                          | ۲۶۷۰                          | ۹۸۶۰۰۰                         | ۳۳                   | ۳۳                           | ۲۹۱۸۶۵۹                      | ۱۷۶۸۸۸۴۲                   |
| غزال   | ۳۳۵۰                          | ۳۲۵۰                          | ۹۴۸۰۰۰                         | ۲۰                   | ۲۰                           | ۲۰۸۲۷۵۶                      | ۲۰۸۲۷۵۶۰                   |
| جمع کل |                               |                               |                                |                      |                              |                              | ۶۱۱۳۶۴۰۲                   |

محاسبه شد. از این دستگاهها برای جمع آوری گرد و غبار نشسته بر روی سطوح موجود در سالن ها استفاده می شود. پس از مشخص شدن کلیه سودها و هزینه ها در دو سالن مورد تحقیق، با استفاده از معادله سود - هزینه، سودآوری اجرای پروژه کنترل آلودگی هوا مورد بررسی قرار گرفت.

### یافته ها

#### الف) تراکم گردوغبار کل

در جدول شماره ۲، نتایج نهایی تراکم گردوغبار در دو سالن پرس مورد مطالعه ارائه شده است. همانگونه که نتایج نشان می دهد تراکم گردوغبار کل در هر دو سالن بیش از حد مجاز می باشد بطوریکه در سالن شماره یک حدود ۶ برابر و در سالن شماره دو ۳ برابر حد مجاز می باشد.

علیرغم بالا بودن تراکم گردوغبار در هر سالن، بر اساس یافته های بدست آمده سالن شماره یک به مراتب آلوده تر از سالن شماره دو می باشد. (۵۹/۲۶۲ میلی گرم بر متر مکعب در مقابل ۳۲/۱۵۸ میلی گرم بر متر

مکعب) نتایج نمونه برداری از کاشی در راستای برآورد زیانهای ناشی از آلودگی در جداول شماره ۳ و ۴ و لحاظ شده است.

براساس نتایج ذکر شده در جداول، درصد کاشیهای معیوب در سالن شماره یک به مراتب بیش از سالن شماره دو می باشد (۱۰/۴۳ درصد در مقابل ۶/۲۸ درصد) و به همین میزان زیانهای حاصله نیز در سالن یک بیش از سالن دو (۶۱۱۳۶۴۰۲ تومان در مقابل ۳۴۵۷۱۰۰۰ تومان) می باشد.

با استفاده از صفحه اطلاعاتی استاندارد مربوط به برآورد هزینه سالیانه کالکتورها، به صورت گام به گام کلیه قطعات، خدمات، متعلقات و وسایل فرعی سیستم صافی کیسه ای هزینه یابی شد. در هنگام محاسبه، تکیه بر قیمت های روز بازار ایران بوده است و در موارد خاصی که تمایل به خریدهای خارجی وجود دارد به منحنیهای استاندارد قیمت این وسایل مراجعه شده است و مقادیر به قیمت روز بازارهای جهانی محاسبه شده است. جهت تبدیل مقادیر دلار به ریال

جدول ۵ - زیانهای ناشی از کاهش کیفیت سطوح در خط تولید دو

| مورد   | بهای کاشی درجه یک هر متر مربع | بهای کاشی درجه دو هر متر مربع | مقدار تولید سالیانه (متر مربع) | تعداد در هر متر مربع | تعداد تولید سالیانه (میلیون) | تعداد کاشی های معیوب سالیانه | مقدار زیان سالیانه (تومان) |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| سفید   | ۲۲۲۰                          | ۲۰۲۰                          | ۱۰۰۰۰۰                         | ۴۴                   | ۴۴                           | ۲۹۷۶۴۰۰                      | ۱۳۵۲۰۰۰۰                   |
| ترنج   | ۳۳۷۰                          | ۳۲۷۰                          | ۷۴۵۰۰۰                         | ۴۴                   | ۳۲/۷۸                        | ۲۰۶۵۱۴۰                      | ۹۳۸۷۰۰۰                    |
| غزال   | ۳۳۵۰                          | ۳۲۵۰                          | ۹۷۲۰۰۰                         | ۳۳                   | ۳۲/۰۷۶                       | ۱۹۲۴۵۶۰                      | ۱۱۶۶۴۰۰۰                   |
| جمع کل |                               |                               |                                |                      |                              |                              | ۳۴۵۷۱۰۰۰                   |

جدول ۶- قیمت برخی از متعلقات سیستم جمع آوری کننده گردوغبار

| مورد             | قیمت پایه (ریال) | مورد    | قیمت پایه (ریال) | مورد     | قیمت پایه (ریال) |
|------------------|------------------|---------|------------------|----------|------------------|
| بدنه اصلی دستگاه | ۱۸۸۷۲۹۸۲۰        | کانالها | ۳۳۰۶۰۰۰۰         | فن       | ۱۶۶۶۶۵۰۰         |
| پارچه ها         | ۹۸۲۰۸۰۰          | دودکش   | ۵۳۰۱۰۰۰          | موتور فن | ۲۴۹۹۹۷۵          |

جدول ۷- برآورد زیانهای وارده حاصل از وقفه در تولید

| خط تولید | تعداد دستگاه | متوسط وقفه سالیانه (دقیقه) | متر مربع معادل | زیان ناشی از وقفه (میلیون تومان) |
|----------|--------------|----------------------------|----------------|----------------------------------|
| یک       | ۸            | ۱۹۷۰۵۰                     | ۲۴۸۰۵۲         | ۶۸۷/۹۹                           |
| دو       | ۸            | ۱۱۴۸۰۰                     | ۱۱۳۰۵۷         | ۲۸۲/۱                            |

دستگاههای مکنده گرد و غبار جهت پاکسازی سطوح دیوارها و کف بودند. بهای خرید این دستگاهها ۱۲۱۹۵۰۰۰ ریال می باشد. مقدار برق مصرفی این دستگاهها ۸۴۰۰۰ kwh در سال می باشد که بنا بر تعرفه وزارت نیرو، بهای برق مصرفی این دستگاهها معادل ۴۰۲۸۶۴۰ ریال محاسبه شد. با در نظر گرفتن بهای قطعات تعویضی، کار اپراتور، کار تعمیر و نگهداری، در مجموع هزینه های عملیاتی مستقیم به میزان ۶۸۹۸۵۹۰ ریال برآورد شد. با اعمال هزینه های سر جمع، مالیات، هزینه های اداری و بازیافت سرمایه، هزینه های عملیاتی غیر مستقیم برابر ۳۹۸۲۴۲۱ ریال بدست می آید. در نهایت هزینه خالص سالیانه به شرح ذیل محاسبه می شود:

$$N.A.C = 6898590 + 3982421 = 10881011 \text{ ریال}$$

در مجموع هزینه و مزایای کنترل آلودگی هوا در دو سالن مورد مطالعه به شرح ذیل خلاصه می گردد (جدول ۸) بر طبق نتایج جدول ۸، اگر سودها و هزینه ها را از هم کسر نماییم به نتایج زیر می رسیم:

$$N.P.V = 1720902453 > 0 \text{ در سالن یک}$$

$$N.P.V = 643348433 > 0 \text{ در سالن دو}$$

از نرخ برابری روز دلار و ریال (۸۱۳۰ ریال) استفاده شده است. (جدول ۶)

باعنائیت به جدول ۶ با جمع قیمت بدنه اصلی و پارچه ها، هزینه خرید تجهیزات اصلی (۱۹۸۵۵۰۶۲۰ ریال) بدست می آید. سپس برای دستیابی به مجموع قیمت تجهیزات فرعی، مبالغ مربوط به تنظیمات، برق مورد نیاز سیستم، مالیات، بیمه، کرایه حمل، هزینه تعمیر و نگهداری، نصب و سرپرستی (۲۱۲۴۴۴۸۳ ریال) به هزینه کانالها، دودکش، فن و موتور فن مندرج در جدول ۶ (۵۷۵۲۷۴۷۵ ریال) اضافه گردید و در نهایت هزینه خالص سالیانه ۱ معادل ۲۷۷۳۲۲۵۷۸ ریال محاسبه شد.

نتایج برآورد زیانهای حاصل از وقفه در تولید در جدول ۷ گرد آمده است.

خاطر نشان می سازد که میزان سود خالص محصولات کارخانه ۲۰٪ قیمت فروش می باشد. بر این مبنا ۲۰٪ زیان ناشی از وقفه در تولید به عنوان میزان سود از دست رفته به شرح ذیل محاسبه می شود:

$$\text{خط تولید یک: (میلیون تومان)} \quad 687/99 \times 20\% = 137/598$$

$$\text{خط تولید دو: (میلیون تومان)} \quad 282/1 \times 20\% = 56/42$$

هر دو سالن پیرس مورد مطالعه مجهز به

جدول ۸- هزینه ها و مزایای اجرای طرح کنترل آلودگی هوا

| خط مورد مطالعه    | مزایا   | هزینه (ریال)                        |
|-------------------|---|-------------------------------------|
| خط تولید شماره یک | افزایش کیفیت<br>کاهش وقفه در تولید<br>بی نیازی از پاکسازی | ۶۱۱۳۶۴۰۲۰<br>۱۲۷۵۹۸۰۰۰۰<br>۱۰۸۸۱۰۱۱ |
| خط تولید شماره دو | افزایش کیفیت<br>کاهش وقفه در تولید<br>بی نیازی از پاکسازی | ۳۴۵۷۱۰۰۰۰<br>۵۶۴۲۰۰۰۰۰<br>۱۰۸۸۱۰۱۱  |

خال گردیده باشند، جزء کاشیهای درجه دو محسوب می‌شوند.

در مجموع در خط تولید یک به صورت تقریبی ۶۱۱ میلیون ریال و در خط تولید دو ۲۴۵ میلیون ریال سود از بین می‌رود. بررسیهای انجام گرفته بر روی میزان اثر گردوغبار در کیفیت کاشیها، حاکی از آن است که طبق انتظار، گردوغبار رسوب کرده بر روی کاشیهای تازه لعاب خورده در خط تولید یک به مراتب بیش از خط تولید دو می‌باشد. (میانگین درصد کاشیهای معیوب در خط تولید یک ۶۳ درصد بیشتر از میانگین کاشیهای معیوب خط تولید دو می‌باشد). با توجه به بالا بودن تراکم گردوغبار در سالن شماره یک نسبت به سالن شماره دو (۵۹/۲۶۲ میلی گرم بر متر مکعب در مقابل ۳۲/۱۵۸ میلی گرم بر متر مکعب)، پیش بینی این اختلاف در کاهش کیفیت کاشیها مورد انتظار بوده است و می‌توان به نقش آلودگی هوادر کاهش کیفیت کاشیها و در نهایت زیان مالی ناشی از آن پی برد.

علت وجود درصدهای مختلف کاهش کیفیت بین طرحهای کاشی در هر سالن نیز مربوط به فاصله این خطوط از سالن پرس میباشد. به بیان دیگر هر چه فاصله خطوط از سالن پرس بیشتر باشد، گردوغبار کمتری بر روی لعاب کاشی رسوب می‌نماید.

نکته مهمی که باید به آن اشاره کرد لزوم ارتباط بین سالن پرس و خطوط لعاب ریزی به علت رفت و آمد دایمی واگنهای حمل کاشی می‌باشد که گردوغبار از طریق همین مسیر ارتباطی به فضای سالن لعاب راه می‌یابد. البته نشست گردوغبار فقط در زمان لعاب ریزی روی نمی‌دهد بلکه بخشی از آن در فاصله زمانی تولید بیسکوئیتها تا قرارگیری آنها در داخل کاستها و بارگیری به سمت کوره‌ها رخ می‌دهد.

با توجه به بهای فروش کاشیهای درجه یک و دو مشخص گردید که اختلاف بین بهای فروش محصولات درجه یک و دو ۲۰۰۰ ریال می‌باشد. بر این اساس اگر گردوغبار موجود در سالن به نوعی کنترل شود می‌توان سالیانه در حدود یک میلیارد ریال به میزان فروش شرکت افزود.

با توجه به آنکه دستگاههای پرس بدون وقفه به مدت ۳۵۰ روز در سالن کار می‌کنند، چنین برآورد می‌شود که رقمی معادل ۱۹۴۰ میلیون ریال در خلال یک سال

مقادیر فوق میزان سود - هزینه را در عرض یک سال نشان می‌دهند. با استفاده از سود و هزینه‌های سالیانه و معادله (۱) و لحاظ کردن نرخ بهره ۱۸٪ و عمر مفید وسایل و تجهیزات، در نهایت مقدار N.P.V در خلال ۲۰ سال به شرح ذیل محاسبه می‌گردد.

$$\text{ریال } N.P.V(20) = 7724275327 \text{ در سالن یک}$$

$$\text{ریال } = 386213766 \text{ میانگین}$$

$$\text{ریال } N.P.V(20) = 3310915140 \text{ در سالن دو}$$

$$\text{ریال } = 165545757 \text{ میانگین}$$

### بحث

ارزیابی وضعیت آلودگی هوا در سالنهای مورد مطالعه نشان می‌دهد مقدار میانگین تراکم گردوغبار در سالن پرس شماره یک ۸۴/۳ درصد بیش از مقدار میانگین تراکم گردوغبار در سالن پرس شماره دو بوده است.

وجود فاصله زیاد بین دستگاههای پرس در سالن شماره دو، فرسوده بودن دستگاهها و عدم وجود مخزن جمع آوری پودر اضافی در پشت دستگاهها در سالن شماره یک، رسوب سریع بسیاری از ذرات درشت از جمله دلایلی هستند که می‌توان در توجیه کمتر بودن میانگین تغییرات نتایج نمونه‌های محیطی در سالن پرس دو ارائه نمود.

بر طبق نتایج بدست آمده در خط تولید یک، به طور متوسط ۱۰/۴۲ درصد کل کاشیها دچار کاهش کیفیت شده و به کاشی درجه دو تبدیل میشوند. این میزان برای خط تولید دو ۶/۳۷ درصد می‌باشد.

کاشی سفید، بالاترین میزان خسارت را در خط تولید یک به خود اختصاص داده است (۱۱/۳۲ درصد). پس از آن کاشی غزال در همین خط با ۱۰/۹۸ درصد در رده بعدی قرار دارد. کمترین میزان خسارت ناشی از آلودگی هوا به کاشی غزال در خط تولید دو با ۶ درصد مربوط می‌باشد. دلیل بالاتر بودن مقدار زیان در خط تولید کاشی سفید، تولید بیشتر این نوع کاشی بدلیل تقاضای بازاری می‌باشد. لازم به ذکر است کلیه کاشیهای که بر اثر گردوغبار دارای

### منابع

۱- شهیدی، محمد تقی، «انتقال تکنولوژی و صنعتی کردن کشورهای در حال توسعه»، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، (اسفند ۱۳۷۱).

2. **A.V.Kneese, H. Wolozin**, Economics of Air Pollution, New York, (1986).

3. **Lester. B. Love, Eugene P, Siskin**, Air Pollution and Human Health, Science, 169/3947(1970).

4. **Maureen L.Cropper**, Measuring the Demand for Environment Quality, North Holland Pub., (1991).

5. **A.C.Stern, H.C.Wohlers**, Fundamentals Air Pollution, New York, Academic Press, (1973).

6. **Rao. M. N, Nrao. H. V**: Economic Effects of Air Pollution, Academic Press, New York, (1989).

7. **Duncan, Acheson J.**, Quality Control and Industrial Management, 5th ed., Homewood, (1986).

8. **P.M.Aziz**, Influence of Atmospheric Contaminants On Corrosion, J. Air Pollution Control Assoc., 24:665-670, (1974).

9. **L.B.Lave**, Air Pollution Damage, John Hopkins Press, Ohio, (1972).

10. Lawrence Oppenheimer, Industrial Pollution, Sax, Chapter 20.

۱۱- تقوی، مهدی- میرمطهری، سید احمد، «تحلیل هزینه - فایده اجتماعی در کشورهای در حال توسعه»، سازمان صنایع ملی ایران، چاپ اول، (۱۳۶۹).

۱۲- خلیلی عراقی، منصور، «مبانی تجزیه و تحلیل هزینه - فایده عملی»، انتشارات دانشگاه تهران، (۱۳۷۲).

۱۳- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، «روشهای نمونه گیری و جداول بازرسی از طریق نمونه های خاص»، شماره ۴۰۰۶، (۱۳۷۶).

14. **Robert Y. Purcell**, Handbook of Control Technologies for Hazardous Air Pollutant, Hemisphere Pub. (1988).

بدلیل توقف دستگاه برای پاکسازی از دست می رود . ( از آنجائیکه مشخص نیست کاشیها چه درجه ای خواهند داشت مقدار متوسط در نظر گرفته شده است ) زیانهای وقفه در خط تولید دو به دلیل وجود تراکم گرد و غبار کمتر در هوا، ۷۱/۶ درصد کمتر از خط تولید یک بوده و به تبع مقدار زیان حاصله در سالن تولید دو ۱۴۳ درصد کمتر از مبالغ زیان خط تولید یک می باشد این در حالی است که میانگین تراکم گرد و غبار در سالن پرس یک ۸۴/۳ درصد بیش از مقدار میانگین تراکم گرد و غبار در سالن پرس دو می باشد .

در نهایت با استفاده از اطلاعات موجود مشخص شد که با وجود صرف هزینه مقطعی جهت نصب و راه اندازی سیستمهای کنترل آلودگی هوا، اجرای چنین طرحهایی به لحاظ اقتصادی سودآور می باشد. در این پروژه، نتایج نهایی معادلات سود- هزینه با عنایت به عمر مفید سیستم جمع آوری کننده ( بیست سال )، مثبت ارزیابی شده است .

از آنجا که تحلیل فوق فقط بر اساس تاثیر آلودگی هوا بر کاهش کیفیت کاشی انجام شده و منافع اقتصادی ناشی از حذف و یا کاهش نشانه های بهداشتی و بیماری در آن لحاظ نشده است، سودآوری فراتر از مقادیر ارائه شده، بدیهی خواهد بود.

### نتیجه گیری

یافته ها نشان می دهد که برخلاف باور همگان، خصوصاً کارفرمایان، پروژه های بهداشتی حتی اگر جنبه های انسانی قضیه در نظر گرفته نشود، سود آورند . بنابراین حتی اگر از دیدگاه کارفرمایان و صاحبان صنایع به قضیه نگاه شود، منطقی است تا به سمتی حرکت شود که موقعیت بهداشتی و سطح سلامت جامعه نسبت به مکان اولیه در سطح بالاتری قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران که هزینه های مالی اجرای این پروژه را متقبل گردیده اند، صمیمانه سپاسگزاری می شود.