فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره پنجم/ شماره چهارم/ زمستان ۹۲/ صفحات ۵۹-۵۲

مقایسه مدل‌های ارزیابی مواجهه، قضاوت خبره و آنالیز بیز در پیش‌بینی مواجهات تنفسی در صنعت کاشی

محمدجواد زارع سخویدی[۱]، حمیده میهن پور[۲*]، حسین فلاح زاده[۳]، مهرداد مستغاثی[٤]، غلامحسین حلوانی[۱]، فاطمه سموری[۲]

۱. عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
۳. عضو هیأت علمی گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
٤. عضو هیأت علمی گروه طب کار، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۳/۱۸ تاریخ پذیرش:۹۲/۰۵/۲۰

چکیده

مقدمه: قضاوت خبره و مدل‌های مواجهه به طور گسترده‌ای جهت برآورد مواجهه تنفسی در محیط‌های شغلی به کار می‌روند. با این حال هنوز نمی‌توان آنها را جایگزین روش‌های معمول نمونه‌برداری دانست. هدف این مطالعه کاربرد آنالیز بیز از طریق تلفیق نتایج دو مدل SSA (Structured Subjective Assessment Method) و MEASE (Material Estimated and Assessment of Substance Exposure) با داده‌های نمونه‌برداری و بررسی نقاط ضعف و قوت هر کدام از راهکارها می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعه به صورت تحلیلی– مقطعی بر روی وظیفه توزین و بسته‌بندی مواد اولیه در یک صنعت معدنی انجام گرفت. جهت تعیین غلظت آلاینده‌های هوا، نمونه‌برداری از هوا صورت پذیرفت و با روش وزن سنجی تعیین مقدار شد. سه کارشناس غلظت آلاینده را بر اساس مدل‌های SSA و MEASE ارزیابی نمودند. آنالیزهای آماری توصیفی و بیزی داده‌ها انجام پذیرفت.

یافته‌ها: هر سه روش میزان مواجهه را بیشتر از حد مجاز ارزیابی نمودند ومیانگین غلظت در آنها تفاوت معنی‌داری نداشت (p=۰/٤۳۵). هرچندروش SSA از پراکندگی بالاتری (RSD=٪۷٤) نسبت به روش نمونه‌برداری (RSD=٪۵۳) برخوردار بود و تفاوتی بین پراکندگی در دو روش نمونه‌برداری و MEASE وجود نداشت، استفاده از SSA به عنوان توزیع پیشین ارزیابی محتاطانه‌تری را نسبت به MEASE ارائه داد (گروه کنترل ٤: برابر ۰/۷٤ در برابر ۰/۵٤).

نتیجه‌گیری: استفاده از مدل SSA می‌تواند به عنوان جایگزینی در تعیین توزیع پیشین احتمال در آنالیز بیزی داده‌ها در بهداشت حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. مدل MEASE در مقایسه با SSA برای برآورد مواجهه استنشاقی از کارآیی کمتری برخوردار بوده و نیازمند مطالعات اعتبار سنجی بیشتری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی مواجهه، مواجهه تنفسی، آنالیز بیزی، مدل‌های مواجهه

[*] نویسنده مسئول: دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، تلفن: ٦٢٤٠٦٩٤ – ۰۳۵۱
پست الکترونیکی: h.mihanpour@gmail.com

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]

مقدمه

بهداشت حرفه‌ای علم و هنر پیش‌بینی، شناسایی، ارزیابی و کنترل خطرات مؤثر بر سلامتی در محیط‌های کاری است. این خطرات ممکن است منجر به ایجاد آسیب یا بیماری در کارگران و سایر اعضای جامعه شود. بنابراین به منظور حفظ سلامت کارگران و اطمینان از اینکه مواجهه آنها با عوامل زیان‌آور در حد مجاز است، لازم است تا در ابتدا میزان مواجهات شغلی آنها ارزیابی گردد. تنفس معمول‌ترین راه مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی در محیط‌های کاری می‌باشد و نمونه‌برداری از هوا استانداردی طلایی جهت ارزیابی مواجهات استنشاقی می‌باشد(۱). هر چند استفاده از این روش به منظور ارزیابی مواجهه استنشاقی گزینه‌ای پرهزینه بوده که غالباً فقط صنایع با توان مالی بالا قادر به انجام آن می‌باشند. علاوه بر این شرکت‌های کوچک و متوسط و کارگاه‌های خویش‌فرما معمولاً فاقد کارشناسان بهداشت حرفه‌ای یا نیروی آموزش دیده برای ارزیابی مواجهات شغلی هستند. با توجه به این مشکلات در غالب موارد به منظور رعایت جوانب اقتصادی، تعداد محدودی نمونه هوا از مشاغل مورد بررسی اخذ می‌گردد(۲).

مطالعات نشان داده است که نمونه‌برداری‌های محدود در هنگام کار نمی‌تواند پراکندگی ذاتی موجود در شرایط مواجهه را به خوبی بیان کند و برای هر شرایط خاص حداقل ٦ نمونه نیاز خواهد بود(۳). بر این اساس همواره داده‌های به دست آمده از این شیوه مستعد درصدی خطا ناشی از عدم توجه به پراکندگی و همچنین خطاهای مربوط به نمونه‌برداری و تجزیه خواهد بود(٤). علاوه بر مشکلات ذکر شده، چون نمونه‌ها برای شرایط مشخص و در بازه زمانی خاصی گرفته می‌شوند، روش‌های مبتنی بر نمونه‌برداری از لحاظ آماری نمی‌توانند به خوبی پراکندگی و تفاوت میزان تماس در شرایط مختلف کاری را نشان دهند(٤). بر این اساس همواره درصد بالایی از عدم قطعیت در نتایج به دست آمده در این شیوه‌ها وجود داشته است.

در طی دهه‌های گذشته روش‌های کمی و نیمه کمی متعددی به عنوان مکمل (و نه جایگزین) جهت آسان سازی و کم هزینه کردن ارزیابی مواجهات استنشاقی و همچنین حذف خطاهای فوق در نمونه‌برداری هوا ارائه شده‌اند(۵،٦). هر چند بسته به پیچیدگی این روش‌ها نتایج به دست آمده از آنها از اعتبار متفاوتی از کم تا زیاد برخوردار می‌باشند. بسته به هدف ارزیابی مواجهه و سطح اطمینان مورد نظر، روش‌های متفاوتی برای تخمین مواجهات شغلی بکار برده می‌شود. بر این اساس مدل‌های موجود هر چند قادرند بر حسب پیچیدگی خود مواجهه را با درصد خطای متفاوتی برآورد نمایند اما نمی‌توان از نتایج آنها به تنهایی به عنوان یک معیار تصمیم‌گیری استفاده نمود.

از طرفی نمونه‌های هوا نیز به دلایلی که در فوق بیان شد، نمی‌توانند پراکندگی داده‌های مواجهه را به خوبی ارزیابی نمایند و کمبود تکرار در اندازه گیری‌ها تخمین میانگین را با خطا همراه می‌نماید(۷،۸). تلفیق داده‌های به دست آمده از این شیوه می‌تواند به ارزیابی دقیق‌تری منجر گردد. تئوری آنالیز بیزی داده‌ها چهارچوب مناسبی را برای این گونه ارزیابی‌ها فراهم می‌آورد(۹).

تصمیم‌گیری بر اساس قانون بیز با استفاده از داده‌های منابع مختلف و به روز کردن احتمالات پیشین می‌تواند در فرآیند ارزیابی مواجهه منجر به تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تری گردد(۱۰). در این شیوه می‌توان با بازبینی احتمال قضاوت‌های کارشناسی بر اساس داده‌های مشاهده شده، ارزیابی‌های بهتری از شرایط ارائه نمود. مدل آنالیز داده‌های مواجهه بر اساس تئوری بیز در بهداشت حرفه‌ای برای اولین بار توسط Hewett و بر اساس الگوی دسته‌بندی سطح تماس مطابق با دسته‌بندی AIHA (American Industrial Hygiene Association) ارائه گردید(۱۱). در این شیوه میزان مواجهه با استفاده از روش قضاوت خبره و یا اندازه‌گیری

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]

واقعی بر اساس الگوی AIHA دسته‌بندی شده و در یک قالب احتمالاتی به صورت زیر بیان می‌گردد :

$$P(\theta \mid Y)=\frac{P(Y \mid \theta)P(\theta)}{\int P(Y \mid \theta)P(\theta)d\theta} \quad \text{معادله (۱)}$$

که در این معادله P(Y|Θ) بیانگر احتمال پیشین،P(Θ) بیانگر توزیع احتمال و P(Θ|Y) بیانگر احتمال پسین می‌باشد. این شیوه تاکنون در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است(۱۲،۱۳).

در این مطالعه کاربرد آنالیز بیز برای داده‌های ارزیابی مواجهه مورد استفاده گرفت. داده‌های توزیع پیشین براساس قضاوت خبره کارشناسان با استفاده از مدل‌های SSA (Structured Subjective Assessment Method) و MEASE (Material Estimated and Assessment of Substance Exposure) نیز تعیین گردید.

در نهایت کارآیی مدل‌های مذکور در ارزیابی مواجهه تنفسی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

فرآیند توزین و مخلوط کردن مواد پودری در صنایع معدنی، مثل کارخانجات کاشی و سرامیک که با مواد اولیه معدنی سروکار دارند، یکی از فرآیند های اصلی است و بر همین علت، این وظیفه کاری برای مطالعه انتخاب گردید.

در این وظیفه کاری، کارگر پس از بازکردن کیسه مواد اولیه (به صورت پودر) و انتقال به یک ظرف بزرگتر، با استفاده از یک پیمانه مواد پودری را به درون کیسه‌ای روی باسکول انتقال داده و در وزن‌های خاصی توزین می‌کند (شکل ۱).

شکل ۱– وضعیت کارگر و محل قرار گیری او در محیط کار در هنگام انجام فرآیند توزین و بسته‌بندی مواد

نمونه‌برداری فردی برای تعیین میزان مواجهه استنشاقی با استفاده از پمپ نمونه‌برداری فردی (مدل PCMTX8 شرکت SKC) و فیلتر PVC در هولدر سه تکه پلی‌استری روبسته صورت پذیرفت. تمام پمپ‌ها نیز در دبی ۲ لیتر بر دقیقه کالیبره گردیدند. نمونه‌برداری در ناحیه تنفسی کارگر انجام گردید. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری به آزمایشگاه منتقل گردید و با روش وزن‌سنجی (ترازوی AND مدل GR-200 با دقت ۰/۰۰۰۱ میلی‌گرم)، غلظت غبار کلی در هوای منطقه کاری بر حسب mg/m^3 تعیین مقدار گردید.غلظت هوابرد آلاینده بر اساس مدل‌های SSA و MEASE نیز ارزیابی شد. SSA یک مدل نیمه کمی ارزیابی مواجهه استنشاقی بوده که در آن بر اساس کدگذاری اطلاعاتی از قبیل نوع وظیفه کاری، شرایط محیط و نحوه انجام کار، میزان مواجهه برآورد می‌گردد(۱٤). در این مدل، شش پارامتر غبارزایی ($\varepsilon i_{,NF}$)، جابجایی (h_{NF})، تهویه محیط ($\eta lv_{,NF}$)، آلودگی‌های محیطی (ε_p)، استفاده از وسایل حفاظت فردی (η_{ppe}) و مدت مواجهه ($ta_{,NF}$) مورد

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]

بررسی قرار گرفته و با توجه به شرایط موجود، کدهای تعریف شده انتخاب می‌گردد(۱۵). در نهایت با استفاده از رابطه زیر مقدار کمی تماس در ناحیه نزدیک C_{NF} (Near-Field Concentration) بر حسب mg/m^3 برآورد شد.

معادله (۲)

$$C_{NF} = (\varepsilon i_{NF} \cdot h_{NF} \cdot (1-\eta lv_{NF}) \cdot ta_{NF}+\varepsilon_p) \cdot (1-\eta_{ppe})$$

مدل برآورد و ارزیابی مواجهه با مـواد (MEASE) از سال ۱۹۹۰ مورد استفاده قرار گرفته است. در این مدل بر اساس یک سری از معیارهای منطقی و داده‌های به دسـت آمده از مطالعات دیگر در یک سیستم کامپیوتری مواجهـه استنشاقی و پوستی ارزیابی می‌گردد(۱۶).

اگرچه مدل MEASE از سال ۱۹۹۰ در حال توسعه و ارتقاء بوده است و نسخه دوم این مدل تحت ویندوز مایکروسافت در حال استفاده است اما هنوز به صورت گسترده مورد استفاده قرار نگرفته است. نسخه جدید این مدل به منظور ارزیابی مواد شیمیایی جدید در انگلستان استفاده می‌شود و در سراسر جهان نیز به بیش از ۲۰۰ کاربر توزیع شده است(۱۷).

برای انجام مطالعه از سه دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای به عنوان خبره، جهت تعیین مقدار مواجهه تنفسی استفاده گردید. در ابتدا هر کدام از دانشجویان در زمینه مدل‌های SSA و MEASE آموزش دیدند و اطلاعاتی در مورد ماهیت روش‌های نیمه کمی، پارامترهای تاثیرگذار بر تماس و چگونگی ارزیابی توسط این مدل‌ها کسب نمودند. در نهایت از دانشجویان خواسته شد تا با حضور در محل انجام کار و مشاهده فرایند کاری و با استفاده از آموخته‌های خود از مدل‌های فوق، غلظت آلاینده موجود در هوا را با استفاده از هر دو مدل ارزیابی نمایند.

آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام پذیرفت. دسته‌بندی مقادیر مواجهه بر اساس معیارهای AIHA صورت گرفت. داده‌های به دست آمده از سه روش مذکور در سیستم آنالیز بیز مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز بیزی داده‌ها با استفاده از شیوه ارائه شده توسط Vidali و Ramachandaran صورت گرفت(٦).

یافته‌ها

نتایج تست Fillibensنشان داد که داده‌های به دست آمده از هر سه روش از توزیع لگنرمال پیروی می‌کنند (r=۰/۹۷۲). براین اساس از مقادیر میانگین، انحراف معیار هندسی وآزمون‌های ناپارامتریک برای مقایسه استفاده شد. نتایج آزمون کروسکال والیس برای مقایسه تفاوت در میانگین مقادیر پیش‌بینی شده در سه گروه نشان داد که تفاوت معنی‌داری میان مقادیر میانگین مشاهده شده توسط این سه روش وجود ندارد (p=۰/۴۳۵).

نتایج نمونه‌برداری و همچنین کاربرد دو مدل پیشگویی‌کننده دیگر نشان داد که میزان مواجهه بدست آمده برای وظیفه مورد بررسی در تمام روش‌ها بیشتر از حد مجاز می‌باشد. شکل ۲ نتایج بدست آمده از سه روش مورد بررسی را نشان می‌دهد. روش MEASE میزان مواجهه را برابر با مقدار مجاز مواجهه کربنات کلسیم (۱۵ میلی‌گرم بر مترمکعب) نشان داد(۱۸). داده‌های بدست آمده از شیوه MEASE در مقایسه با دو روش دیگر از پراکندگی پایین‌تری برخوردار بوده‌اند. علاوه بر این روش SSA محافظه کارانه‌ترین برآورد را برای میزان مواجهه با مقدار درصد بالاتر از حد مجاز در مقایسه با دو روش دیگر نشان داد هر چند روشMEASE نیز خوشبینانه‌ترین برآورد را داشته است (جدول ۱). با این حال ضریب تغییرات مقادیر ارائه شده در روش SSA بالاتر از روش MEASE و نمونه‌برداری بود.

از رتبه‌بندی تماس AIHA برای تعیین گروه مواجهه استفاده گردید. نتایج رتبه‌بندی تماس بر اساس چهارچوب پیشنهادی AIHA و با در نظر گرفتن مقدار مواجهه برابر با ۱۵ میلی‌گرم نشان داد که نتایج به دست آمده از تمام شیوه‌ها در گروه ٤ (کنترل بسیار بد) قرار می‌گیرند.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]

جدول۱- نتایج به دست آمده از آزمون‌های آماری برای هر سه روش(mg/m^3)

روش	نمونه برداری	MEASE	SSA
میانگین	۱۸/٤	۱۵	۲۳/۳
انحراف معیار	۹/۷۹	۸/٦٦	۱۲/۱
میانگین هندسی	۱٦/۷	۱۲/٦	۲۰/٤
انحراف معیار هندسی	۱/٦٤	۲/۲۳	۱/۹۸
ضریب تغییرات	۵۳	۵۲	۷٤
***X95**	۳۷/۷	٤۷	٦۲/۸
****LCL $_{x95}$**	۲٤/۱	۲۱	۳۱/٦
*****UCL $_{x95}$**	۲۱۳	****	****
درصد بالاتر از حد مجاز	۵۸/٦	٤۱/٤	٦۷/۵

*: صدک ۹۵

**: سطح پایین قابل اطمینان صدک ۹۵

***: سطح بالای قابل اطمینان صدک ۹۵

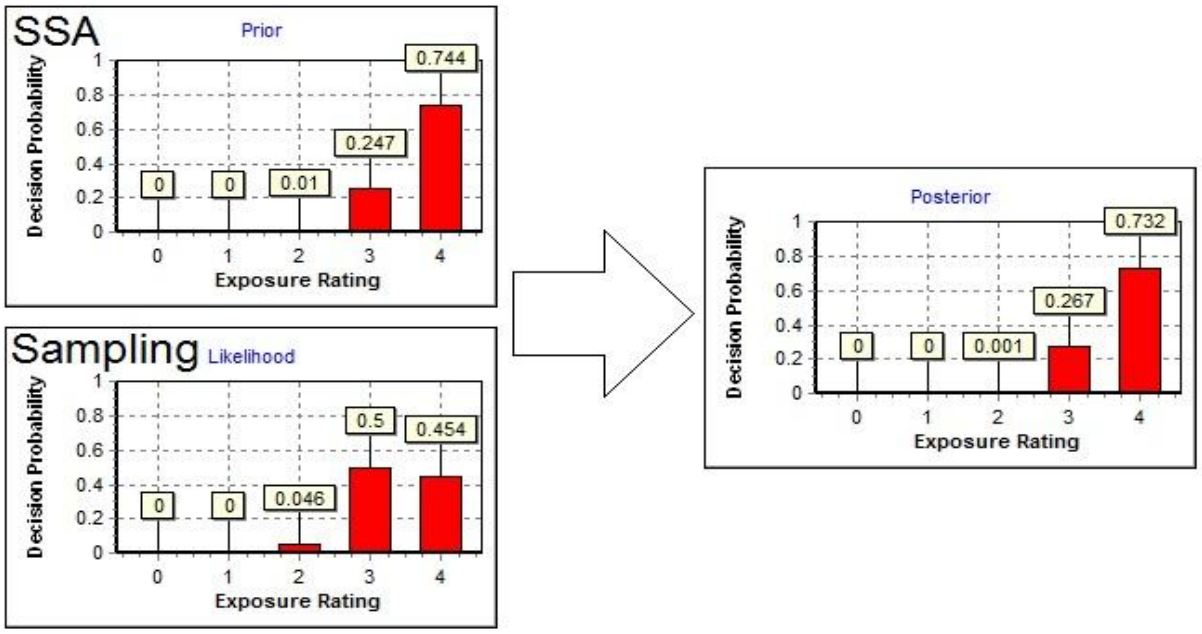
****: مقادیر پیش‌بینی شده بالاتر از حد قابل قبول از لحاظ تئوری می‌باشد.

برای بررسی کارایی آنالیز بیز بر روی خروجی نتایج ارزیابی مواجهه، مقدار ۵۰ قسمت در میلیون از نظر نویسندگان به عنوان حد تصمیم‌گیری در نظر گرفته شد. بر این اساس، کاربرد این تکنیک در چهار حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفت. در حالت "الف" و "ب" از داده‌های به دست آمده از هر یک از مدل‌ها به عنوان توزیع پیشین استفاده گردید و با استفاده از توزیع داده‌های نمونه‌برداری به عنوان توزیع احتمال، به روز گردید. در حالت "ج" و "د" از داده‌های هر دو مدل به عنوان توزیع‌های پیشین و احتمال استفاده شد و توزیع پسین به دست آمده با توزیع به دست آمده با روش نمونه‌برداری مقایسه گردید. در حالت "الف" از نتایج مدل SSA به عنوان توزیع پیشین استفاده گردید و با نتایج نمونه‌برداری به روز گردید. در حالت "ب" نیز از نتایج مدل MESAE به عنوان توزیع پیشین استفاده گردید. در حالت‌های "ج" و "د" نیز به ترتیب نتایج مدل SSA و MEASE به عنوان توزیع‌های پیشین در نظر گرفته شدند. هر کدام از این توزیع‌ها با توزیع مدل دیگر به روز گردیدند. شکل ۲ نتایج توزیع‌های پیشین و احتمال را برای پیش‌بینی توزیع پسین برای حالات "الف" و "ب" نشان داده است. جدول ۲ نیز نتایج را برای کل حالات مورد بررسی نشان داده است.

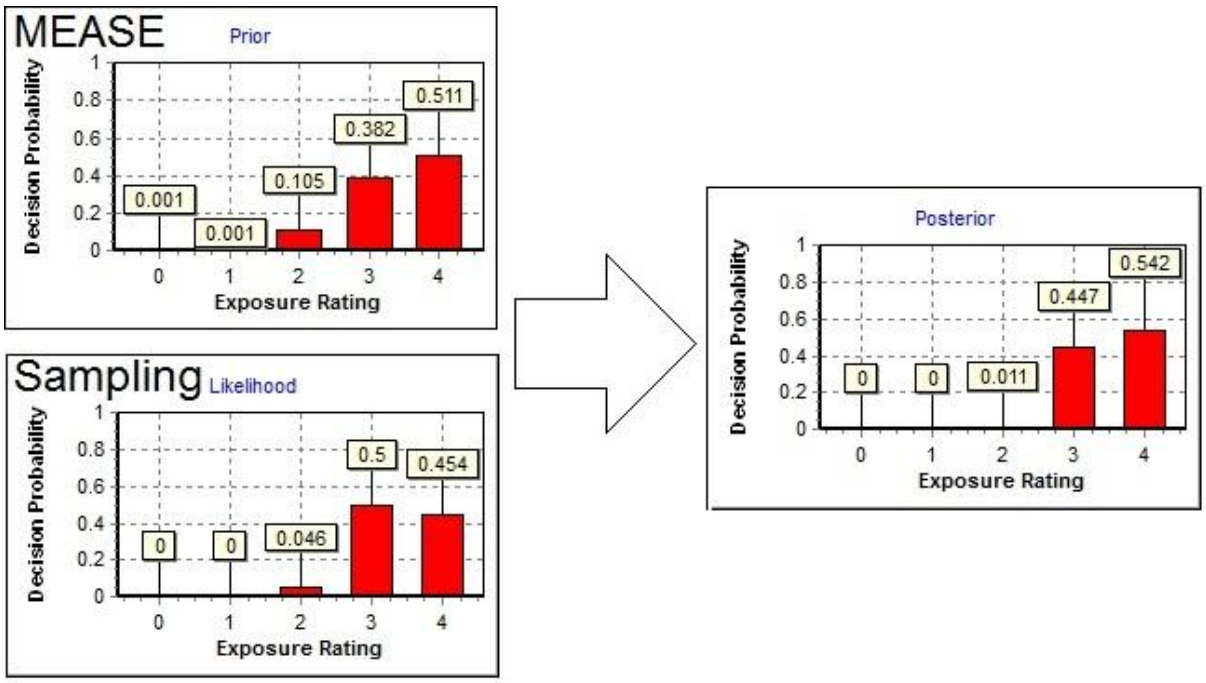
جدول ۲- نتایج بدست آمده از کاربرد آنالیز بیز در تعیین گروه‌های مواجهه بر اساس ترکیب حالات مختلف اطلاعات موجود

حالت	توزیع پیشین	توزیع احتمال	توزیع پسین (گروه کنترلی)				
			٤	۳	۲	۱	۰
الف	SSA	نمونه برداری	۰/۷۳۲	۰/۲٦۷	۰/۰۰۱	۰	۰
ب	MEASE	نمونه برداری	۰/۵٤۲	۰/۰٤٤۷	۰/۰۱۱	۰	۰
ج	SSA	MEASE	۰/۸۰۱	۰/۱۹٦	۰/۰۰۲	۰	۰
د	MEASE	SSA	۰/۷۹۹	۰/۱۹۸	۰/۰۰۲	۰	۰

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]



(الف)



(ب)

شکل۲- الف: پارامترهای توزیع پیشین، احتمال و پسین بر اساس داده‌های مدل SSA و اندازه‌گیری‌های به دست آمده از نمونه‌برداری
ب: پارامترهای توزیع پیشین، احتمال و پسین بر اساس داده‌های مدل MEASE و اندازه‌گیری‌های به دست آمده از نمونه‌برداری

بحث

روش‌های MEASE و SSA از دسته روش‌های مرتبه اول در مدل‌سازی مواجهات استنشاقی می‌باشند. این دسته از روش‌ها در عین سادگی و عدم نیاز به پارامترهای پیچیده در برآوردهای خود از درجه بالایی از عدم قطعیت و پراکندگی برخوردار هستند. یافته‌های این پژوهش نیز نشان داد که روش SSA از پراکندگی بالاتری

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]

نسبت به روش نمونه‌برداری برخوردار است. هرچند تفاوت چندانی بین پراکندگی در دو روش نمونه‌برداری و MEASE وجود نداشت. روش SSA علاوه بر ارزیابی محافظه کارانه مواجهه در مقایسه با روش MEASE، به دلیل ساده بودن و عدم نیاز به هیچگونه اندازه‌گیری می‌تواند بسیار مورد توجه قرار گیرد. مطالعه Lee و همکارانش نیز به این مزیت‌های روش SSA اشاره کرده است(۱۵). هر چند می‌توان این روش را در مقایسه با روشی مانند COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) نسبتاً پیچیده‌تر و با در نظر گرفتن جزئیات بیشتر در نظر گرفت، اما این روش در مقایسه با روش MEASE که دامنه وسیعی از پارامترهای عملیاتی را در نظر می‌گیرد ساده‌تر به نظر می‌رسد(۱۵). Cherri و همکارانش در بررسی کارایی این روش بر روی ۶۳ عنوان شغلی، مشاهده نمودند که داده‌های به دست آمده از این مدل دارای سوگیری مثبت می‌باشد(۱۴). هر چند در مطالعه‌ای دیگر توسط Hawkins و Evans بیان شده است که در مواردی که از متخصصین بهداشت حرفه‌ای برای ارزیابی تماس استفاده می‌شود، همواره برآوردها بالاتر از حد واقعی خواهد بود(۱۹).

به نظر می‌رسد هر چند مدل MEASE برای ترکیبات غیرآلی و معدنی ارائه گردیده است اما بیشتر با هدف کاربرد در صنایع فلزی مناسب است و گزینه مناسبی برای تخمین در سایر صنایع معدنی نیست. البته تاکنون مطالعه دیگری در زمینه بررسی روایی خارجی این مدل صورت نگرفته است. بررسی فرم نتایج قضاوت خبره نشان داد که انتخاب نوع پراکندگی غبار در مدل MEASE و همچنین شرایط حمل و نقل در مدل SSA عامل ایجاد پراکندگی در نتایج گزارش شده توسط کارشناسان بوده است. مطالعات دیگری نیز وجود اینگونه مشکلات در استنباط‌های فردی را در ارزیابی پیشگویانه مدل‌ها ارائه داده‌اند. در مواردی مانند انتخاب میزان غبارزایی، تفاوت نظرات کارشناسان می‌تواند تا ۳ برابر متفاوت باشد. به نظر می‌رسد با آموزش بیشتر کارشناسان و ارائه مثال‌ها و اطلاعات بیشتر می‌توان سوگیری‌های مثبت در این روش را کاهش داد.

بررسی داده‌های مدل‌ها جهت استفاده در تئوری بیز نشان داد که در تمام موارد از حالت اخباری برخوردار بوده و حالت‌های مختلف استفاده از توزیع‌های احتمال و پیشین می‌تواند نتایج متفاوتی ایجاد نماید. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش به نظر می‌رسد استفاده از مدل SSA به عنوان توزیع پیشین و نتایج مدل MEASE به عنوان توزیع احتمال منجر به محافظه‌کارانه‌ترین برآورد خواهد گردید. مطالعه انجام شده توسط Lee و همکارانش نیز به این نتیجه رسیده است که استفاده از مدل‌هایی از قبیل COSHH و SSA می‌تواند گزینه مناسبی به عنوان توزیع پیشین در آنالیز بیز داده‌های مواجهه باشد(۱۵).

نتایج این مطالعه نشان داد که آنالیز بیز می‌تواند به عنوان یک ابزار موثر در تصمیم‌گیری‌ها در زمینه مواجهه‌های استنشاقی مورد استفاده قرار گیرد. هرچند توصیه می‌گردد مطالعات بعدی به تأثیر آموزش و شاخص‌های شناختی افراد بر روی میزان صحت و همچنین پراکندگی نتایج مدل‌ها معطوف گردد.

تاکنون مطالعه خاصی در زمینه اعتبار سنجی MEASE صورت نگرفته است. بنابراین به نظر می‌رسد لازم است تا مطالعات اعتبارسنجی مناسب در مشاغل مختلف بر اساس این مدل صورت پذیرد. در این مطالعه نتایج نشان داد که استفاده از مدل SSA می‌تواند به طور موثری به عنوان جایگزینی در تعیین توزیع پیشین احتمال در آنالیز بیزی داده‌ها در بهداشت حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد، در این راستا مطالعات آینده می‌تواند به بررسی کارایی سایر مدل‌های موجود و مقایسه کارآیی آنها با این مدل‌ها بپردازد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]

منابع

1. Keil C, R. Murphy, An application of exposure modeling in exposure assessments for a university chemistry teaching laboratory. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2006. 3(2): 99-106.
2. Elliott, Leshan J. Validation of two qualitative occupational exposure assessment models for particulates and vapors. 2008; 69(12)
3. IT Environmental Programs, Inc.Guidelines For Statistical Analysis Of Occupational Exposure Data. Available from: www.epa.gov/opptintr/exposure/pubs/stat_guide_occ.pdf .Access date: July, 26, 2013.
4. Loomis D, Kromhout H. Exposure variability: concepts and applications in occupational epidemiology. American journal of industrial medicine. 2004; 45(1): 113-22.
5. Ten Berge, Wil F. Mathematical models for estimating occupational exposure to chemicals. Ed. Charles B. Klein. AIHA, 2000.
6. Vadali, M, Ramachandran G, Mulhausen J. Exposure modeling in occupational hygiene decision making. Journal of occupational and environmental hygiene, 2009; 6(6): 353-62.
7. Nicas M, Jayjock M. Uncertainty in exposure estimates made by modeling versus monitoring. AIHA Journal, 2002; 63(3): 275-83.
8. Nicas M, Simmons B.P, Spear R.C. Environmental versus analytical variability in exposure measurements. The American Industrial Hygiene Association Journal, 1991; 52(12): 553-57.
9. Zhang Y, Banerjee S, Yang R, Lungu C, Ramachandran G. Bayesian modeling of exposure and airflow using two-zone models. Annals of Occupational Hygiene. 2009; 53(4): 409-24..
10. Friesen MC, Coble JB, Lu W, Shu X-O, Ji B-T, Xue S, et al. Combining a job-exposure matrix with exposure measurements to assess occupational exposure to benzene in a population cohort in Shanghai, China. Annals of Occupational Hygiene. 2012; 56(1): 80-91.
11. Hewett P, Logan P, Mulhausen J, Ramachandran G, Banerjee S. Rating exposure control using Bayesian decision analysis. Journal of occupational and environmental hygiene. 2006;3(10):568-81.
12. Ramachandran G, Vincent J.H, Bayesian A. approach to retrospective exposure assessment. Applied occupational and environmental hygiene, 1999; 14(8): 547-57.
13. Ramachandran, G., Retrospective exposure assessment using Bayesian methods. Annals of Occupational Hygiene, 2001; 45(8): 651-67.
14. Cherrie J.W, Schneider T. Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations. The Annals of Occupational Hygiene, 1999; 43(4): 235-45.
15. Lee EG, Kim SW, Feigley CE, Harper M. Exposure models for the prior distribution in bayesian decision analysis for occupational hygiene decision making. J Occup Environ Hyg. 2013; 10(2): 97-108. Epub 2012/12/21.
16. Tickner J, Friar J, Creely KS, Cherrie JW, Pryde DE, Kingston J. The development of the EASE model. Annals of Occupational Hygiene. 2005; 49(2): 103-10.
17. Creely K, Tickner J, Soutar A, Hughson G, Pryde D, Warren N, et al. Evaluation and further development of EASE model 2.0. Annals of Occupational Hygiene. 2005; 49(2): 135-45.
18. Center of Disease Control (CDC): occupational safety and health guidelinefor calcium carbonate.Available from: www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0090.Access date: July, 26, 2013.
19. Hawkins, N.C, Evans J.S. Subjective estimation of toluene exposures: a calibration study of industrial hygienists. Applied Industrial Hygiene, 1989. 4(3): 61-8.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-07-02]