

ارزیابی خطرات بهداشتی مواجهه تنفسی بنزن با ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی در یک صنعت شیمیایی به روش شبکه عصبی و شبکه عصبی فازی (مطالعه موردی)

مجید محمدی^{1,2}, فرهام امین شرعی^{1,2*}

۱- گروه مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
۲- مرکز تحقیقات محیط زیست انسانی و توسعه پایدار، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: aminsharei.fa@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸

چکیده

بنزن مایع بی‌رنگ خوشبو و به عنوان پایه اولیه نفت خام، بنزین، پلی استایرن، لاستیک مصنوعی و نایلون قادر به ایجاد اختلال عملکرد ریه، آسم، عفونت ریوی، سرکوب سیستم اعصاب مرکزی، مسمومیت خونی، اثرات ژنتیکی، ناهنجاری های کروموزومی، آسیب DNA و سرطان خون می باشد. این تحقیق موردی در سال ۱۳۹۸ بر روی جمعیت آماری ۵۰ نفره از افراد شاغل یک صنعت شیمیایی انجام گرفت. جهت تعیین میزان مواجهه تنفسی کارکنان با بنزن از متد NIOSH1501 استفاده شد. نتایج میانگین متوسط وزنی زمانی مواجهه تنفسی با بنزن (OEL-TWA) گروه معرض مواجهه و گروه شاهد متفاوت و در پرسنل واحدهای بارگیری ۷ پی پی ام، تولید ۰/۵۲۳ پی پی ام، آزمایشگاه ۰/۱۷۸ پی پی ام، کنترل کیفیت ۰/۲۲۴ پی پی ام و گروه شاهد اداری صفر است (حد آستانه مجاز OEL-TWA: 0.5 PPM). متغیرهای تحقیق شامل ظرفیت های تنفسی (FEV, FVC, FEV/FVC, FEF)، پارامترهای خونی (WBC, RBC, PLT, MCV)، سن و سابقه کاری گروه در معرض مواجهه و شاهد، از پرونده پزشکی پرسنل استخراج گردید. ارتباط خطر بهداشتی مواجهه تنفسی بنزن بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت های تنفسی، همچنین تاثیر فاکتورهای سن و سابقه کاری بر روی این پارامترها به روش شبکه عصبی (MLP) و شبکه عصبی فازی (ANFIS) در نرم افزار Matlab 2019 با پردازنده ۵ هسته ای و رم ۸ گیگا بایت مدلسازی گردید. در معماری شبکه عصبی با صحت ۹۹/۷۷۰۲ درصد بخش آزمایش و تلورانس همگرایی خطای 10^{-3} و در معماری شبکه عصبی فازی با صحت ۹۹/۸۱۶۳ درصد بخش آزمایش و تلورانس همگرایی خطای 10^{-3} ، نتایج نشان داد ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی گروه معرض مواجهه و شاهد متفاوت و دارای ارتباط معنادار، همچنین سن و سابقه کاری بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت های تنفسی گروه معرض مواجهه و شاهد تاثیر ندارد.

کلمات کلیدی

"بنزن"، "مواجهه تنفسی"، "پارامترهای خونی"، "ظرفیت های تنفسی"، "شبکه عصبی"، "شبکه عصبی فازی".

۱- مقدمه

بنزن مایعی بی‌رنگ و خوشبو متعلق به خانواده هیدروکربن های آروماتیک با سرعت تبخیر بالا و دارای قابلیت اشتعال فوق العاده بالا به عنوان یکی از مواد اولیه پر کاربرد مهم در صنایع شیمیایی و همچنین یک جزء از نفت خام و بنزین و در صنایع مختلف از جمله تولید پلی استایرن، لاستیک مصنوعی، نایلون، به عنوان حلال در آزمایشگاه، تهیه شوینده ها و رنگ کاربرد دارد (ثنایی، ۱۳۷۳) و (نیلسن و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات قبلی نشان می دهد که ممکن است باعث مسمومیت و اثر روی سیستم خونساز گردد (ثنایی، ۱۳۷۳) و (عقیلی نژاد، ۱۳۸۶) و (لیون، ۱۹۹۴) و (ویندر و همکاران، ۲۰۰۴). این ماده از سوی بسیاری سازمان های معتبر از جمله OSHA^۱، NIOSH^۲، ACGIH^۳، تماس شغلی وزارت بهداشت و درمان، به عنوان یک ماده سرطان زای قطعی (سرطان خون) برای انسان معرفی شده است (ثنایی، ۱۳۷۳) و (حدود مجاز مواجهه شغلی، ۱۴۰۰) و (کاوند، ۱۹۹۴) و (Niosh,)

بنزن مایعی بی‌رنگ و خوشبو متعلق به خانواده هیدروکربن های آروماتیک با سرعت تبخیر بالا و دارای قابلیت اشتعال فوق العاده بالا به عنوان یکی از مواد اولیه پر کاربرد مهم در صنایع شیمیایی و همچنین یک جزء از نفت خام و بنزین و در صنایع مختلف از جمله تولید پلی استایرن، لاستیک مصنوعی، نایلون، به عنوان حلال در آزمایشگاه، تهیه شوینده ها و رنگ کاربرد دارد (ثنایی، ۱۳۷۳) و (نیلسن و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات قبلی نشان می دهد که ممکن است باعث مسمومیت و اثر روی سیستم خونساز گردد (ثنایی، ۱۳۷۳) و (عقیلی نژاد، ۱۳۸۶) و (لیون، ۱۹۹۴) و (ویندر و همکاران، ۲۰۰۴). این ماده از سوی بسیاری سازمان های معتبر از جمله OSHA^۱، NIOSH^۲، ACGIH^۳، تماس شغلی وزارت بهداشت و درمان، به عنوان یک ماده سرطان زای قطعی (سرطان خون) برای انسان معرفی شده است (ثنایی، ۱۳۷۳) و (حدود مجاز مواجهه شغلی، ۱۴۰۰) و (کاوند، ۱۹۹۴) و (Niosh,)

3-American Conference of Government Industrial Hygienist

1- Occupational Safety and Health Administration
2-National Institute for Occupational Safety and Health

4- Compleet Blood Count

FEV^۱، کسری از ظرفیت حیاتی که می‌توان آن را در ثانیه اول در طی بازدم از ریه خارج کرد FEV/FVC^{۱۱}، میزان متوسط جریان هوای بازدمی قوی FEF2575^{۱۲} می‌باشد. بنابراین در این تحقیق تأثیرات بنزن بر روی این چهار متغیر اصلی بررسی گردید (عقبلی نژاد، ۱۳۸۶). همچنین تأثیر دو متغیر سن و سابقه کار بر روی ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی نیز بررسی گردید.

• روش تحقیق

داده های مربوط به پارامترهای خونی، ظرفیت‌های تنفسی، سن و سابقه کاری گروه در معرض مواجهه و شاهد از بدو استخدام تا زمان اشتغال شاغل، از سوابق معاینات کلینیکی و پاراکلینیکی پرونده معاینات پرسنل استخراج گردید. نهایتاً ارتباط خطر مواجهه تنفسی با بنزن بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت‌های تنفسی و همچنین بررسی تأثیر فاکتورهای فردی سن و سابقه بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت‌های تنفسی در گروه معرض مواجهه و شاهد با استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر آمار توصیفی و آمار استنباطی به روش شبکه عصبی MLP^{۱۳} و روش روش شبکه عصبی فازی ANFIS^{۱۴} در نرم افزار Matlab 2019 با قدرت پردازنده ۵ هسته ای و میزان رم ۸ گیگا بایت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

• الف. شبکه عصبی MLP

جهت ارزیابی خطرات بهداشتی با استفاده از شبکه عصبی MLP، ابتدا تعداد لایه‌ها، تعداد نرون‌ها و تابع مطلوب جهت مدل‌سازی تعیین و سپس رفتار متقابل متغیرهای تحقیق بررسی گردید. لازم به ذکر است که تقسیم بندی داده‌ها با توجه به ۷۰ درصد داده‌های آموزش، ۱۵ درصد آزمایش و ۱۵ درصد ارزیابی مورد بررسی قرار گرفته است.

• ب. معماری بهینه شبکه عصبی فازی ANFIS

پس از مشخص شدن بهترین تابع آموزشی شبکه عصبی آن را در شبکه عصبی فازی قرار دادیم تا نتایج آن ارائه گردد. روش ممدانی که در این تحقیق و در نرم افزار متلب انتخاب شده است، مستلزم آن می‌باشد که تابع خروجی مجموعه فازی باشد. لذا از مدل‌سازی فازی که در آن از قواعد اگر-آنگاه به منظور استنتاج بر مبنای منطق فازی است استفاده شد. قواعد فازی یک ارتباط منطقی بین متغیرهای ورودی و خروجی های فازی را نشان می‌دهند. بکارگیری قواعد ارزیابی فازی کمک می‌کند تا با استفاده از تجربیات و اطلاعات موجود بهترین سناریو برای پیش بینی مخاطرات ساخته شود تا نقاط بحرانی به این طریق شناسایی شده و تدابیر لازم اتخاذ گردد.

۳- نتایج

• الف. نتایج شبکه عصبی (MLP)

ریسک سرطان خون شود (Klassen, 2013). مطالعات گسترده نشان داده است که قرار گرفتن در معرض بنزن قادر به ایجاد اختلال در عملکرد ریه، آسم، عفونت ریوی، سرکوب سیستم اعصاب مرکزی، مسمومیت خونی، اثرات ژنتیکی، ناهنجاری های کروموزومی، آسیب DNA و سرطان زایی است (کایالتی و همکاران، ۲۰۱۵) و (انلو و همکاران، ۲۰۱۳) و (کالین، ۲۰۱۴) و (اینفانتی و همکاران، ۱۹۸۳) و (آکوسی و همکاران، ۱۹۷۲). با توجه سرطان زایی قطعی بنزن (سرطان خون) و کاربرد فراوان آن در صنایع و کثرت کارکنان در معرض ضروری بود تحقیقی جهت بررسی خطرات بهداشتی مواجهه تنفسی با بنزن و تأثیر آن بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت‌های تنفسی انجام گیرد.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

این تحقیق از لحاظ نوع پژوهش کمی و بصورت موردی است. برای کلیه صنایع که از بنزن بعنوان ماده اولیه، بینابینی و تولیدی استفاده می‌نمایند کاربردی می‌باشد. از لحاظ شیوه جمع آوری داده ها از نوع کتابخانه ای است. این تحقیق بر روی جامعه آماری ۵۰ نفری از یک صنعت شیمیایی شامل پرسنل واحدهای بارگیری، کنترل کیفیت، فرآیند تولید و آزمایشگاه به عنوان گروه های در معرض مواجهه و پرسنل واحد اداری به عنوان گروه شاهد بدون معرض مواجهه با بنزن، در سال ۱۳۹۸ انجام گرفت. به دلیل شاغل بودن مردان در این واحدها، در انتخاب نمونه‌ها، فقط گروه مردان در تحقیق وارد شدند. یک سال سابقه کار و اشتغال در واحدهای مذکور به عنوان حداقل زمان قابل قبول جهت ورود به مطالعه انتخاب گردید. شیفت کاری پرسنل هشت ساعته و نوع سیستم تهویه در واحدها بصورت طبیعی و با استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب بود.

• متغیرهای تحقیق

پارامترهای خونی همان سلول های موجود در بافت خون شامل گلبولهای قرمز RBC^۱، گلبول‌های سفید WBC^۲، سلولهای پلاکت ساز PLT^۳ و حجم متوسط گلبولهای قرمز MCV^۴، شناور در پلاسما متغیرهای اصلی هستند که تأثیرات بنزن بر روی آنها بررسی می‌شود. آزمایش خون یا CBC^۵ مخفف شمارش کامل سلول های خون که از اصلی ترین آزمایشات جهت تشخیص بسیاری از بیماری‌ها (سرطان، کم خونی یا آنمی) می‌باشد. در صنایع جهت بررسی عملکرد ریه و بیماری های ریوی الگوهای انسدادی^۶، تهدیدی^۷ و همچنین الگوی ترکیبی^۸ اسپیرومتری مهمترین، در دسترس ترین و کم هزینه ترین آزمون عملکرد ریه است. حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی توسط دستگاه اسپیرومتری اندازه گیری می‌شود. دستگاه‌های رایج اسپیرومتری بیش از ۲۰ متغیر مختلف را نشان می‌دهند که با ارزش ترین آنها ظرفیت حیاتی اجباری و پرفشار FVC^۹، حجم زمان های بازدمی اجباری

⁹ Forced Vital Capacity

¹⁰ Forced Expiratory Volume

¹¹ Forced Vital Capacity / Forced Expiratory Volume

¹² Forced Vital Capacity / Forced Expiratory

Volume

13 - Multiy Layer Perceptron

14- Adaptive Network Fussy Inference

¹ Red blood cell

² White blood cell

³ Platelets

⁴ Mean corpuscular volume

⁵ Compelet Blood Count

⁶ Obstructive Pattern

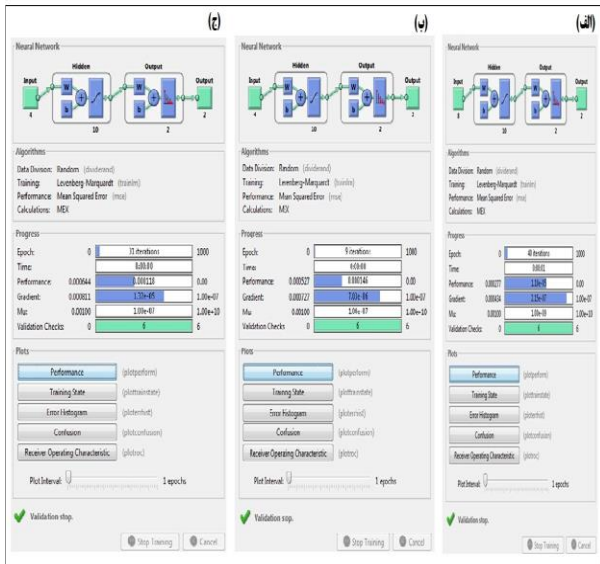
⁷ Restrictive Pattern

⁸ Mixed Pattern

قبل از ارزیابی خطرات بهداشتی با استفاده از شبکه عصبی MLP، ابتدا نیاز است که تعداد لایه ها و تعداد نرون های مطلوب جهت مدلسازی تعیین گردد (جدول ۱).

جدول ۱: مقایسه معماری های مختلف شبکه عصبی MLP

ضریب همبستگی	Performance	معماری	
		تعداد نرون	تعداد لایه
-			
۰/۹۶۷۴	۰/۰۰۱۸	۱۰	۱۰
۰/۹۸۶۰	۰/۰۰۱۵	۲۰	۱۰
۰/۹۷۴۶	۰/۰۰۲۱	۱۰	۲۰
۰/۹۴۸۹	۰/۰۰۳۷	۱۵	۱۵
۰/۹۶۱۲	۰/۰۰۳۳	۵	۵
۰/۸۸۲۰	۰/۰۰۰۷	۸	۸
۰/۹۷۸۶	۰/۰۰۱۳	۵	۱۰
۰/۹۰۸۰	۰/۰۰۰۷	۱۰	۵
۰/۸۳۸۸	۰/۰۰۸۳	۸	۱۲
۰/۹۵۸۰	۰/۰۰۳۰	۱۵	۱۰
۰/۹۶۸۶	۰/۰۰۱۹	۲۵	۹

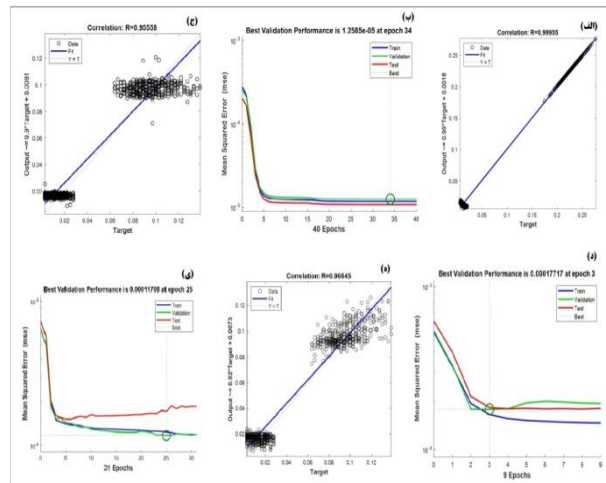


شکل ۱: (الف) ساختار شبکه MLP در تعیین رفتار ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی، (ب) معماری شبکه عصبی MLP برای تعیین رابطه سن و سابقه با ظرفیت های تنفسی، (ج) معماری شبکه عصبی MLP برای تعیین رابطه سن و سابقه با پارامترهای خونی

در شکل ۲ (الف) نمودار رگرسیون این مدل مشاهده می گردد. بر این اساس پارامترهای ورودی ارتباط نزدیک به یکدیگر داشته و در دو گروه در معرض و گروه شاهد از هم فاصله دارند که این موضوع تفاوت آن ها را نشان می دهد. همچنین با توجه به شکل ۲ (ب) ملاحظه می شود که ارزیابی عملکرد مدل پس از ۳۴ تکرار (epoch) برابر با 1.0×10^{-5} میزان خطای **MSE** بدست آمده در این مدل برابر با 1.0×10^{-5} و **RMSE** برابر با 0.0034 می باشد. با توجه به شکل ۲ (ج)، میزان اختلاف و تاثیرگذاری سن و سابقه و ظرفیت های تنفسی زیاد بوده که این نشان از عدم تاثیرگذاری آنها بر هم است. چرا که این دو دسته پارامتر دارای فاصله زیادی نسبت به یکدیگر می باشند، درحالی که رگرسیون اختلافی این دو دسته برابر با 0.95558 می باشد. از این رو میتوان ادعا نمود که سن و سابقه بر ظرفیت های تنفسی زیاد تاثیر ندارد. در شکل ۲ (د) نیز عملکرد مدل پیشنهادی نشان داده شده است. بر طبق این شکل مشخص است که ارزیابی عملکرد این مدل برابر با 0.0017717 بوده و میزان خطای **MSE** بدست آمده در این مدل برابر با 1.0×10^{-4} و **RMSE** برابر با 0.0130 می باشد. در شکل ۲ (ه) به بررسی و ارزیابی تاثیرگذاری رابطه سن و سابقه، با پارامترهای خونی پرداخته شده که اختلاف مقادیر این دو دسته گویای عدم تاثیرگذاری سن و سابقه بر پارامترهای خونی می باشد. میزان رگرسیون اختلاف دو دسته که برابر با 0.96645 می باشد، نیز تصدیق کننده این فرضیه است. در شکل ۲ (ی) نیز مقدار ارزیابی عملکرد مدل **MLP** در راستای رد یا تایید فرضیه دوم برابر با 0.0011708 پس از ۲۵ تکرار بدست آمده است. همچنین میزان خطای **MSE** بدست آمده در این مدل برابر با 1.0×10^{-4} و **RMSE** برابر با 0.0114 می باشد که می تواند عدم ارتباط معنادار و تأثیرپذیری بین فاکتورهای سن و سابقه با پارامترهای خونی در گروه در معرض مواجهه و شاهد را با دقت بالایی تایید نماید.

بر اساس جدول فوق مشخص می شود که تغییر تعداد لایه ها از ۱۰ به بالا و پایین در شرایطی که تعداد نرون ها افزایش یابند سبب بهبود عملکرد و افزایش همبستگی میان داده ها می شود. از این رو، می توان نتیجه گرفت بهترین معماری برای شبکه عصبی **MLP** در راستای ارزیابی خطرات بهداشتی برابر با ۱۰ لایه و ۲۰ نرون می باشد. رفتار متقابل ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی در گروه در معرض و گروه شاهد در شکل ۱ (الف) ارائه شده است. لذا، این مدل بر اساس داده های ورودی (۸ پارامتر ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی) و با توجه به تابع آموزش **trainlm** با ۱۰ لایه و ۲۰ نرون مورد ارزیابی قرار می گیرد. لازم به ذکر است که تقسیم بندی داده ها با توجه به ۷۰ درصد داده های آموزش، ۱۵ درصد آزمایش و ۱۵ درصد ارزیابی مورد بررسی قرار گرفته است. ساختار مدل پیشنهادی در پژوهش حاضر در شکل ۱ (ب) ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می شود، پارامترهای ورودی مدل برای ۴ معیار ظرفیت های تنفسی بوده و دو پارامتر خروجی بیانگر سن و سابقه می باشند. معماری مدل **MLP** همچون فرضیه قبل، در این مدل نیز ۴ پارامتر ورودی بیانگر پارامترهای خونی و دو پارامتر خروجی بیانگر سن و سابقه می باشد که برای این فرضیه در شکل ۱ (ج) ارائه شده است.

نقاط بحرانی به این طریق شناسایی شده و تدابیر لازم اتخاذ گردد. در شکل ۳ (الف) نمای کلی شبکه ANFIS (عصبی فازی) در تولباکس Matlab ارائه شده است. بر اساس این شکل، ابتدا در بخش Load data، داده‌های تقسیم بندی شده در مرحله آموزش که در پیش پردازش مشخص شده است، بصورت فایل تکست وارد می شود. سپس در بخش Generation FIS نحوه بخشبندی قوانین فازی تعیین می گردد. سپس با استفاده از نوع قانون و انتخاب ۱۰۰ برای تعداد تکرار، آموزش داده ها صورت می گیرد. لازم به ذکر است که در نوار ابزار Edit، قوانین مشخص شده برای مدل که بصورت فازی مثلی بر مبنای قوانین فازی ممدانی (If...Then...) می باشد در مدل لحاظ می گردد. همانطور که در شکل ۳ (ب) نیز نشان داده شده است، مدل عصبی فازی در حال آموزش و آزمایش داده‌ها می باشد که این موضوع در نهایت با توجه به میزان تلورانس خطای در نظر گرفته شده برابر با صفر، تاثیر داده‌ها بر یکدیگر را تعیین می نماید. بطور کلی، میزان تلورانس خطا برابر با "صفر" تعیین شده که همگرایی مدل تا مقدار 10^{-6} ادامه پیدا کرده که از تعداد تکرار حدود ۶۳ به بعد، این مقدار خطا به همگرایی رسیده است (شکل ۳ ج). در شکل ۳ (د)، نمایی از قواعد فازی در نظر گرفته شده بصورت مثلی برای آموزش و آزمایش داده‌ها ارائه شده است. این قواعد جهت ارزیابی تمامی ۸ پارامتر در نظر گرفته شده برای ظرفیت‌های تنفسی و پارامترهای خونی و نیز تاثیر پارامترهای سن و سابقه بر آنها با توجه به نظر افراد خبره می باشد. با توجه به نحوه نگارش قوانین فازی مثلی ارائه شده در شکل ۳ (د)، شماتیک مثلی بودن تک تک ۲۵۲ قانون نوشته شده در شکل ۳ (ه) مشاهده می گردد.



شکل ۲: (الف) نمودار رگرسیون شبکه عصبی MLP، (ب) تعیین عملکرد مدل، (ج) رگرسیون رابطه سن و سابقه با ظرفیت‌های تنفسی، (د) عملکرد مدل MLP در راستای تعیین رابطه سن و سابقه با ظرفیت‌های تنفسی، (ه) رگرسیون رابطه سن و سابقه با پارامترهای خونی، (و) عملکرد مدل MLP در راستای تعیین رابطه سن و سابقه با پارامترهای خونی

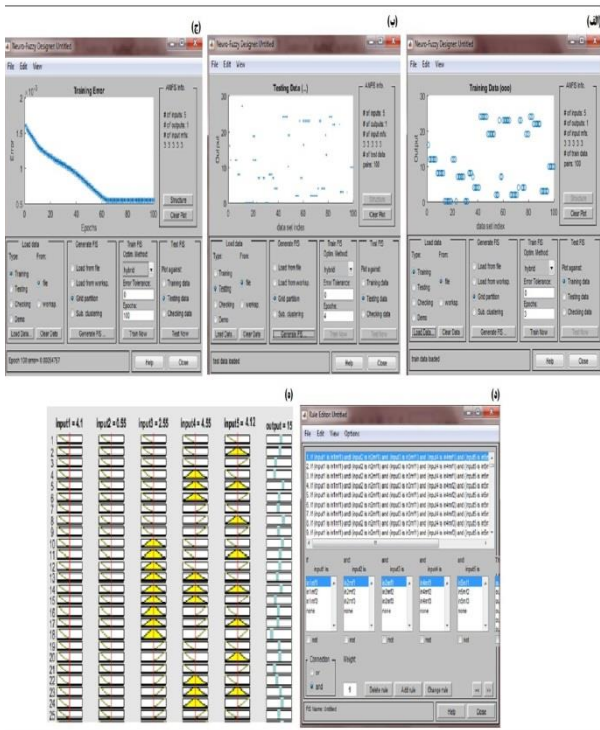
همچنین نتایج تشخیص روند ویژگی‌ها با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی (با تابع آموزش trainlm)، در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از ارزیابی استخراج ویژگی منتج به پیش بینی با روش شبکه عصبی مصنوعی MLP

پارامتر	مقدار در مرحله آموزش	مقدار در مرحله آزمایش
TP	۱۰۲۹۲	۴۳۴۲
TN	۲۷۵۰۸	۱۱۸۴۷
FP	۰	۱۰
FN	۰	۱
Precision (%)	۱۰۰	۹۹/۹۳۲۱
Recall (%)	۱۰۰	۹۹/۹۷۷
Accuracy (%)	۱۰۰	۹۹/۷۷۰۲

ب. نتایج شبکه عصبی فازی (ANFIS)

پس از مشخص شدن بهترین تابع آموزش شبکه عصبی، آن را در شبکه عصبی فازی قرار دادیم تا نتایج آن ارائه گردد. تنظیمات مربوط به روش عصبی فازی (ANFIS) با استفاده از تولباکس Neuro-fuzzy designer در بخش APPS در نرم افزار متلب می باشد. در شکل ۴، مراحل مدلسازی با استفاده از تولباکس عصبی-فازی ارائه شده است. اصول استنتاج فازی در بسیاری از منابع موجود است، ولی از پر کاربردترین استنتاج فازی میتوان به مدل ممدانی و مدل خطی Sugeno اشاره کرد. روش ممدانی که در این تحقیق و در نرم افزار متلب انتخاب شده است، مستلزم آن می باشد که تابع خروجی مجموعه فازی باشد. لذا از مدلسازی فازی که در آن از قواعد اگر-آنگاه به منظور استنتاج بر مبنای منطق فازی استفاده شده است. قواعد فازی یک ارتباط منطقی بین متغیرهای ورودی و خروجیهای فازی را نشان می دهند. بکارگیری قواعد ارزیابی فازی کمک می کند تا با استفاده از تجربیات و اطلاعات موجود بهترین سناریو برای پیشبینی مخاطرات ساخته شود تا



شکل ۳: (الف) ورود داده‌های آموزش و تست به سیستم انطباقی عصبی-فازی، (ب) آموزش سیستم انطباقی عصبی فازی، (ج) همگرایی و محاسبه خطای آموزش شبکه، (د) برقراری ۲۵۲ قاعده برای مدل فازی، (ه) قوانین فازی برای مدل پیشنهادی

همان گونه که در شکل ۳ (ج) نشان داده شد، میزان خطای بدست آمده پس از ۱۰۰ تکرار به مقدار 0.54×10^{-3} رسیده است. در ادامه و در جدول ۳، نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی با بهره‌گیری از شبکه عصبی فازی ارائه گردیده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از ارزیابی استخراج ویژگی منتج به پیش‌بینی با روش عصبی- فازی (ANFIS)

پارامتر	مقدار در مرحله آموزش	مقدار در مرحله آزمایش
TP	۱۱۰۶۳	۴۳۶۹
TN	۲۷۹۳۵	۱۱۹۳۶
FP	۰	۸
FN	۰	۰
Precision (%)	۱۰۰	۹۹/۹۵۲۶
Recall (%)	۱۰۰	۹۹/۹۸۶۳
Accuracy (%)	۱۰۰	۹۹/۸۱۶۳

۴- نتیجه‌گیری

در چند دهه گذشته ابزارهای محاسباتی و نرم‌افزاری نظیر منطق فازی اثرات قابل توجهی را در رشد و توسعه علوم مختلف داشته‌اند. لیکن این روشها کاربردهای محدودی در شاخه سلامت و بهداشت تا کنون داشته‌اند. منطق فازی تغییر عمده‌ای در رویکردها و نگرش مربوط به روش‌ها و خروجی‌ها در ارزیابی سلامت ارائه می‌دهد. نظر به اینکه تجزیه و تحلیل خطرات بهداشتی با توجه به توانایی منطق فازی در ترکیب اهداف چندگانه مانند اهداف بهداشتی و ارتقاء سطح ایمنی به خوبی قابل انجام است، پس از استخراج پارامترهای پژوهش (پارامترهای خونی، ظرفیت‌های تنفسی و سن و سابقه) از سوابق کلینیکی و پاراکلینیکی پرونده معاینات پرسنل نسبت به نمونه برداری و سنجش میزان مواجهه تنفسی با بنزن گروه معرض و شاهد بر اساس روش انستیتوی ملی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی آمریکا (NIOSH)

متد ۱۵۰۱ اقدام گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزار Matlab 2019 با قدرت پردازنده ۵ هسته‌ای و میزان رم ۸ گیگا بایت به روش شبکه عصبی (MLP) و شبکه عصبی فازی (ANFIS) به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. بدلیل زیاد بودن داده، در روش شبکه عصبی ابتدا با تعیین تابع آموزش و معماری بهینه شبکه عصبی و در مدل شبکه عصبی فازی با بهره‌گیری از قوانین فازی به برر سی تأثیر پذیری پارامترها پرداخته شد. شواهد نشان داد که به دلیل زیاد بودن داده‌ها، نتایج شبکه عصبی و شبکه عصبی- فازی نزدیک بهم می‌باشد. لذا می‌توان تایید نمود که:

که میزان مواجهه تنفسی با بنزن در گروه معرض مواجهه و گروه شاهد (میانگین متوسط وزنی زمانی OEL-TWA) ۲ متفاوت و در واحدهای مخازن و بارگیری ۷ پی پی ام، تولید ۰/۵۲۳ پی پی ام، آزمایشگاه ۰/۱۷۸ پی پی ام، کنترل کیفیت ۰/۲۲۴ پی پی ام و گروه شاهد اداری صفر بود. در پرسنل واحد مخازن و بارگیری و واحد تولید مواجهه بالاتر از میزان استاندارد و در سایر گروه‌ها میزان مواجهه کمتر از حد مجاز (حد مجاز میانگین متوسط وزنی زمانی مواجهه شغلی ۰.۵ پی پی ام) است.

در معماری شبکه عصبی مصنوعی MLP با صحت، دقت و حساسیت ۱۰۰ درصد در بخش آموزش و صحت ۹۹/۷۷۰۲ درصد، دقت ۹۹/۹۳۲۱ درصد و حساسیت ۹۹/۹۹۷ درصد در بخش آزمایش و میزان تلورانس همگرایی خطا برابر 0.5×10^{-3} ، نتایج نشان داد که ظرفیت‌های تنفسی و پارامترهای خونی در گروه معرض مواجهه و شاهد یکسان نبوده و همچنین فاکتور سن و سابقه بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت‌های تنفسی در گروه معرض مواجهه و شاهد تأثیر گذار نمی‌باشد.

در معماری شبکه عصبی- فازی ANFIS با صحت، دقت و حساسیت ۱۰۰ درصد در بخش آموزش و صحت ۹۹/۸۱۶۳ درصد، دقت ۹۹/۹۵۲۶ درصد و حساسیت ۹۹/۹۸۶۳ درصد در بخش آزمایش و با تلورانس همگرایی خطای 0.54×10^{-3} ، نتایج نشان داد که ظرفیت‌های تنفسی و پارامترهای خونی در گروه معرض مواجهه و شاهد یکسان نبوده و همچنین فاکتور سن و سابقه بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت‌های تنفسی در گروه معرض مواجهه و شاهد تأثیر گذار نمی‌باشد.

منابع

- ثنائی، غ م. ۱۳۷۳. سم شناسی صنعتی، ناشر دانشگاه تهران.
- عقیلی نژاد، م، فرشاد، ع ا، مصطفایی، م، غفاری، م. ۱۳۸۶، طب کار و بیماریهای شغلی، انتشارات ارجمند.
- وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، مرکز سلامت و محیط کار. ۱۴۰۰، حدود مجاز مواجهه شغلی، ناشر مرکز سلامت محیط و کار.
- NIOSH Manual of Analytical Methods, 2020. 4th ed.vol.2.
- Cavender, F. (1994). Aromatic hydrocarbons. In: Patty industrial hygiene and toxicology. Edited by G.D.Clayton, et al. 4th edition. Vol II, part B. Toxicology. John wiley and sons.
- Talibov, M. (2018). Sormunen, J. Hansen, J. Kjarheim, K. Martinsen, J.I. Sparen, P. Tryggvadottir, I. Elisabete, Weiderpass, E & Pukkala, 2018. Benzene exposure at workplace and Risk of Colorectal Cancer in four Nordic Countries Cancer Epidemiology. Cancer Epidemiology, 55: 156-161.
- ACGIH, Documentation of the Threshold Limit Values. 1980. Fourth edition.
- Nielsen, O. R; Hvidtfeldt, U.A; Roswall, N; Hertel, O, Poulsen, A.H, and Sørensen, M.2018. Ambient benzene at the residence and risk for subtypes of childhood leukemia, lymphoma and CNS tumor, International Journal of Cancer. Int. J. Cancer: 143.
- Klaassen, C. D. (Ed.). (2013). Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons (Vol. 1236, p. 189). New York: McGraw-Hill.
- Aksoy M, Ozeri S, Sabuncu H, et al. Exposure to benzene in Turkey between 1983 and 1985: A hematological study on 231 workers. Br J Ind Med 44:785-787.1987
- Lyon, F. (1994). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some industrial chemicals, 60, 389-433.
- Winder, C., & Stacey, N. H. (Eds.). (2004). Occupational toxicology. CRC press.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), (2011). Benzene : Systemic Agent. Retrieved from Canadian Institute for Health Information website: https://www.cdc.gov/niosh/ershdb/emergencyresponsecard_29750032.html.
- Kayaalti, Z. Yavuz, I.Soylomez, E. Bacaksiz, A. Tutkun, E. Sayal, A. Soyomezoglu, T. 2015. Evaluation of DNA Damage Using 3 Comet Assay Parameters in Workers Occupationally Exposed to Lead. Archives of environmental & occupational health, 70, 120-125.
- Unlu, S. Ozdemer, S. Sumer, S. Saglar, E. Tastan, S. Kir, M. 2013. Investigation of DNA damage by the alkaline comet assay in 131I-treated thyroid cancer patients. Analytical and quantitative cytopathology and histopathology, 35, 36-40.
- Collins, A. R. 2014. Measuring oxidative damage to DNA and its repair with the comet assay. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 1840, 794-800.
- Collins, A. R. 2009. Investigating oxidative DNA damage and its repair using the comet assay. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 681, 24-32.
- Infante, P. F. White, M. C. 1983. Benzene: epidemiologic observations of leukemia by cell type and adverse health effects associated with low-level exposure. Environmental health perspectives, 52, 75.
- Aksoy, M. Dincol, K. Eredm, Ş. Akgun, T. Dincol, G. 1972. Details of blood changes in 32 patients with pancytopenia associated with long-term exposure to benzene. British journal of industrial medicine, 29, 56-64.

Assessing the health hazard of respiratory exposure to benzene on respiratory capacity and blood parameters in a chemical industry with a fuzzy assessment Assessing the health hazard of respiratory exposure to benzene on respiratory capacity and blood parameters in a chemical industry by neural network and fuzzy neural network (Case study)

Majid Mohammadi^{1,2} ، Farham Aminsharei^{*1,2}

*1- Department of Health, safety and environment engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

2- Human Environment and Sustainable Development Research Center, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

Abstract

Benzene is a aromatic colorless liquid as a base for crude oil, gasoline, polystyrene, synthetic rubber and nylon capable of causing lung dysfunction, asthma, lung infection, central nervous system suppression, blood poisoning, genetic effects, chromosomal abnormalities, DNA damage And leukemia. This case study was conducted in 1398 on a statistical population of 50 people working in a chemical industry. The Niosh1501 method was used to evaluate and determine the respiratory exposure of employees to benzene. The results mean weighted average time of respiratory exposure to benzene (OEL-TWA) was different in the exposed group and the control group and in the personnel of loading units 7 ppm, production 0.523 ppm, laboratory 0.178 ppm, quality control 0.224 ppm and the administrative control group is zero (OEL-TWA allowable threshold: 0.5 PPM). Research variables include respiratory capacity (FEV, FVC, FEV / FVC, FEF), blood parameters (WBC, RBC, PLT, MCV), as well as age and work experience of the exposed and control group were extracted from the medical records of the personnel. Relationship between health hazard of respiratory exposure to benzene on blood parameters and respiratory capacity, as well as the effect of age and work experience factors on these parameters by neural network (MLP) and fuzzy neural network (ANFIS) in software Matlab 2019 was modeled with 5 core processor power and 8 gb of ram. In neural network architecture with 99.7702% accuracy in the experimental section and the degree of convergence tolerance equal to 0.5×10^{-3} , and in fuzzy neural network architecture with 99.8163% accuracy in the experimental section and with Convergence tolerance of 0.54×10^{-3} , results showed that the respiratory capacities and blood parameters of the exposed and control groups were different and had a significant relationship, as well as age and work experience did not affect the blood parameters and respiratory capacities of the exposed and control groups.

Keywords

"Benzene", "Exposure Respiratory", "Blood Factory", "Respiratory Capacity", "Neural network", "Fuzzy neural network".