

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^۱، فرهام امین شرعی^{۲*}

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 دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۳

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 بود (حد آستانه مجاز OEL-TWA: 0.5 PPM). متغیرهای تحقیق شامل ظرفیت های تنفسی (FEV, FVC, FEV/FVC, FEF₂₅₋₇₅)، 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 و رم ۸ گیگا بایت مدل سازی 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

۲۰۱۸). اثرات بیماری ناشی از تماس مداوم با بنزن بسیار جدی تر از تماس با سایر هیدروکربورهای مشابه است. اثرات بر روی مغز استخوان می تواند باعث تغییرات محسوسه در آن شود که در بعضی موارد باعث آنمی آپلاستیک (کم خونی ناشی از عدم رشد سلول های مغز استخوان) گردد (ACGIH, 1980). بنزن بسته به میزان دوز و مدت زمان مواجهه باعث آنمی آپلاستیک می گردد و ممکن است پیش زمینه لو سمی با شد. برای پایش مواجهه با بنزن شمارش کامل گلبول ها CBC^۳ پیشنهاد می گردد (عقیلی نژاد، ۱۳۷۳). بنزن در محیط زندگی احتمال ابتلای بیشتری به سرطان خون حاد میلوئیدی نسبت به سرطان خون حاد لنفوسیتی در کودکان دارد (نیلسن و همکاران، ۲۰۱۸). سمیت حاد اولیه بنزن بر روی سیستم عصبی مرکزی بوده اما مواجهه طولانی مدت می تواند منجر به سمیت مغز استخوان و افزایش 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

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 داد 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 (کاوندز، ۱۹۹۴) و (Niosh, 2020). قرار گرفتن در معرض بنزن باعث خطر صعودی ابتلا به سرطان کولورکتال به ویژه در میان زنان می شود (تالیبو و همکاران،

3 American Conference of Government Industrial Hygienist
4 Complete Blood Count

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

• روش تحقیق

داده های مربوط به پارامترهای خونی، ظرفیت های 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 ظرفیت های تنفسی و همچنین بررسی تاثیر فاکتورهای فردی سن و سابقه بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت های تنفسی در گروه معرض مواجهه و شاهد با استفاده از تکنیک های مبتنی بر آمار توصیفی و آمار استنباطی به روش شبکه عصبی MLP^2 و روش روش شبکه عصبی فازی $ANFIS^3$ 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 لایه ها، تعداد نرون ها و تابع مطلوب جهت مدل سازی تعیین و سپس رفتار متقابل متغیرهای تحقیق بررسی گردید. 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.

• 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 می باشد که تابع خروجی مجموعه فازی باشد. لذا از مدل سازی 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 می دهند. بکارگیری قواعد ارزیابی فازی کمک می کند 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)

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

جدول ۱: مقایسه معماری های مختلف شبکه عصبی MLP

ضریب همبستگی	Performance	معماری	
		تعداد لایه	تعداد نرون
۰/۹۶۷۴	۰/۰۰۱۸	۱۰	۱۰
۰/۹۸۶۰	۰/۰۰۱۵	۲۰	۱۰
۰/۹۷۴۶	۰/۰۰۲۱	۱۰	۲۰

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 تاثیر آن بر روی پارامترهای خونی و ظرفیت های 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، بینایی و تولیدی استفاده می نمایند دارای کاربرد می باشد. 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 نمونه ها، 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.

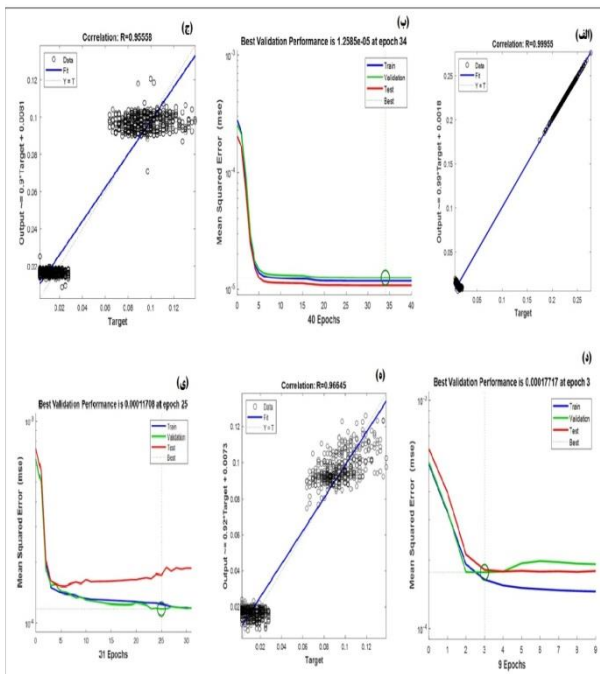
• متغیرهای تحقیق

پارامترهای خونی همان سلول های موجود در بافت خون شامل گلبولهای قرمز RBC^1 ، گلبول های سفید WBC^2 ، سلولهای پلاکت ساز PLT^3 و حجم متوسط گلبولهای قرمز MCV^4 ، شناور در پلاسما متغیرهای اصلی هستند که تاثیرات بنزن بر روی آنها بررسی می شود. آزمایش خون یا CBC^5 مخفف شمارش کامل سلول های خون که از اصلی ترین آزمایشات جهت تشخیص بسیاری از بیماری ها (سرطان، کم خونی یا آنمی) می باشد. 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 ظرفیت های ریوی توسط دستگاه اسپیرومتری اندازه گیری می شود. دستگاه های رایج اسپیرومتری بیش از ۲۰ متغیر مختلف را نشان می دهند که با ارزش ترین آنها ظرفیت حیاتی اجباری و پرفشار FVC^9 ، حجم زمان های بازدی اجباری FEV^10 ، کسری از ظرفیت حیاتی که می توان آن را در ثانیه اول در طی بازدی از ریه خارج کرد FEV/FVC^11 ، میزان متوسط جریان هوای بازدی قوی $FEF2575^11$ می باشد (عقبلی نژاد، ۱۳۸۶). بنابراین در این تحقیق تاثیرات بنزن بر روی پارامترهای اصلی خون و ظرفیت های تنفسی بررسی گردید. همچنین تاثیر دو متغیر سن و سابقه کار بر روی ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی نیز بررسی گردید.

8 Mixed Pattern
9 Forced Vital Capacity
10 Forced Expiratory Volume
11 Forced Vital Capacity / Forced Expiratory Volume
12 Forced Vital Capacity / Forced Expiratory Volume
13 Multi Layer Perceptron
14 Adaptive Network Fussy Inference

1 Red blood cell
2 White blood cell
3 Platelets
4 Mean corpuscular volume
5 Complete Blood Count
6 Obstructive Pattern
7 Restrictive Pattern

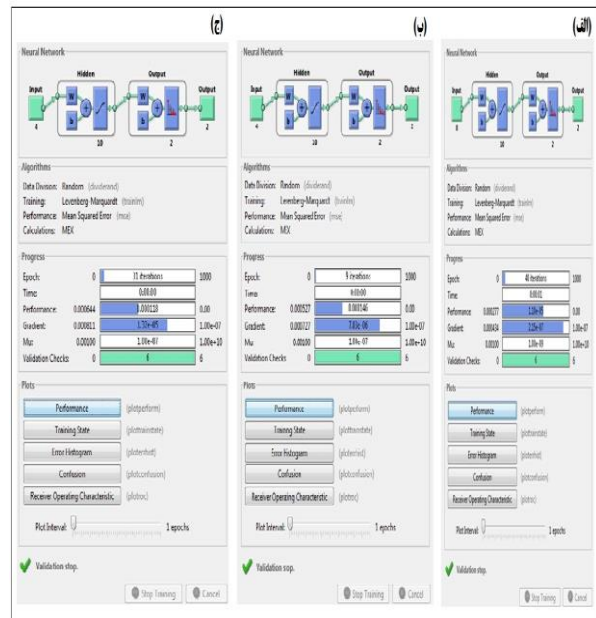
در معرض و گروه شاهد از هم فاصله دارند که این موضوع تفاوت آن‌ها را نشان می‌دهد. همچنین با توجه به شکل ۲ (ب) ملاحظه می‌شود که ارزیابی عملکرد مدل پس از ۳۴ تکرار (epoch) برابر با $1/25858 \times 10^{-5}$ ، میزان خطای **MSE** بدست آمده در این مدل برابر با $1/1762 \times 10^{-5}$ و **RMSE** برابر با $0/0034$ می‌باشد. با توجه به شکل ۲ (ج)، میزان اختلاف و تأثیرگذاری سن و سابقه و ظرفیت‌های تنفسی زیاد بوده که این نشان از عدم تأثیرگذاری آنها بر هم است. چرا که این دو دسته پارامتر دارای فاصله زیادی نسبت به یکدیگر می‌باشند، درحالی که رگرسیون اختلافی این دو دسته برابر با $0/95558$ می‌باشد. از این رو میتوان ادعا نمود که سن و سابقه بر ظرفیت‌های تنفسی زیاد تأثیر 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 $0/0017718$ بوده و میزان خطای **MSE** بدست آمده در این مدل برابر با $1/6908 \times 10^{-4}$ و **RMSE** برابر با $0/0130$ می‌باشد. در شکل ۲ (ه) به بررسی و ارزیابی تأثیرگذاری رابطه سن و سابقه، با پارامترهای خونی پرداخته شده که اختلاف مقادیر این دو دسته گویای عدم تأثیرگذاری سن و سابقه بر پارامترهای خونی می‌باشد. میزان رگرسیون اختلاف دو دسته که برابر با $0/96645$ می‌باشد، 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 $1/3021 \times 10^{-4}$ و **RMSE** برابر با $0/0114$ می‌باشد که می‌تواند 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.



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، (ی) عملکرد مدل MLP در راستای تعیین رابطه سن و سابقه با پارامترهای خونی

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

بر اساس جدول فوق مشخص می‌شود که تغییر تعداد لایه‌ها از ۱۰ به بالا و پایین در شرایطی که تعداد نورون‌ها افزایش یابد سبب بهبود عملکرد و افزایش همبستگی میان داده‌ها می‌شود. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت بهترین معماری برای شبکه عصبی **MLP** در راستای ارزیابی خطرات بهداشتی برابر با ۱۰ لایه و ۲۰ نرون می‌باشد. رفتار متقابل ظرفیت‌های تنفسی و پارامترهای خونی در گروه در معرض و گروه شاهد در شکل ۱ (الف) ارائه شده است. لذا، این مدل بر اساس داده‌های ورودی (۸ پارامتر ظرفیت‌های تنفسی و پارامترهای خونی) و با توجه به تابع آموزش **trainlm** با ۱۰ لایه و ۲۰ نرون مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. 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. ساختار مدل پیشنهادی در پژوهش حاضر در شکل ۱ (ب) ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، پارامترهای ورودی مدل برای ۴ معیار ظرفیت‌های تنفسی بوده و دو پارامتر خروجی بیانگر سن و سابقه می‌باشند. معماری مدل **MLP** همچون فرضیه قبل، در این مدل نیز ۴ پارامتر ورودی بیانگر پارامترهای خونی و دو پارامتر خروجی بیانگر سن و سابقه می‌باشد که برای این فرضیه در شکل ۱ (ج) ارائه شده است.



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

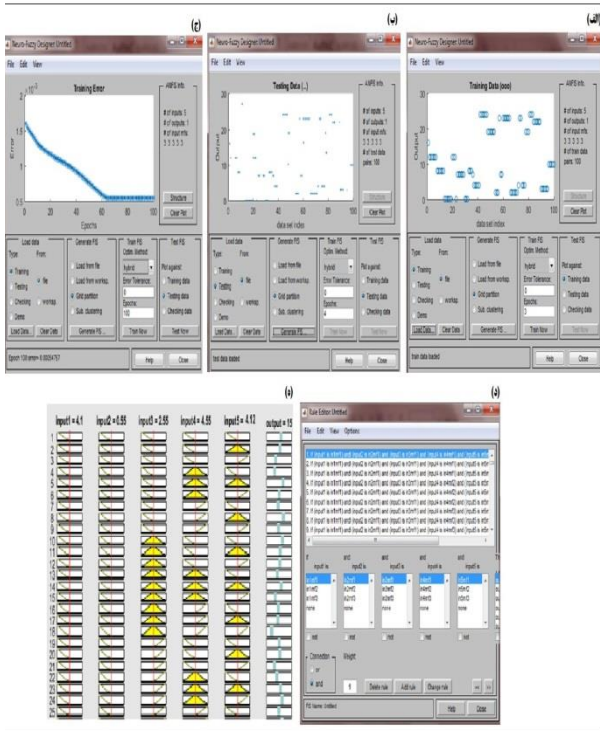
در شکل ۲ (الف) نمودار رگرسیون این مدل مشاهده می‌گردد. بر این اساس پارامترهای ورودی ارتباط نزدیک به یکدیگر داشته و در دو گروه

داده ها ارائه شده است. این قواعد جهت ارزیابی تمامی ۸ پارامتر در نظر گرفته شده برای ظرفیت های تنفسی و پارامترهای خونی و نیز تاثیر پارامترهای سن و سابقه بر آنها با توجه به نظر افراد خبره می باشد. توجه به نحوه نگارش قوانین فازی مثلثی ارائه شده در شکل ۳ (د)، شماتیک مثلثی بودن تک تک ۲۵۲ قانون نوشته شده در شکل ۳ (ه) مشاهده می گردد.

همچنین نتایج تشخیص روند ویژگی ها 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	۱۰۰۰۰	۳۳۴۲
TN	۲۷۵۰۸	۱۱۸۴۷
FP	۰	۱۰
FN	۰	۱
Precision (%)	۱۰۰	۹۹/۹۳۲۱
Recall (%)	۱۰۰	۹۹/۹۷۷
Accuracy (%)	۱۰۰	۹۹/۷۷۰۲



شکل ۳: (الف) ورود داده های 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 $10^{-3} \times 0.54$ رسیده است. در ادامه و در جدول ۳، نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی با بهره گیری از شبکه عصبی فازی ارائه گردیده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از ارزیابی استخراج ویژگی منتج به پیش بینی 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

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 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، داده های 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 مثلثی 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 داده ها می باشد که این موضوع در نهایت با توجه به میزان تلورانس خطای در نظر گرفته شده برابر با صفر، تاثیر داده ها بر یکدیگر را تعیین می نماید. بطور کلی، میزان تلورانس خطا برابر با "صفر" تعیین شده که همگرایی مدل تا مقدار $10^{-3} \times 0.54$ 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)، نمای از قواعد فازی در نظر گرفته شده بصورت مثلثی برای آموزش و آزمایش

۴- نتیجه گیری

در چند دهه گذشته ابزارهای محاسباتی و نرم افزاری 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، ظرفیت-های 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 حرفه ای و ایمنی آمریکا NIOSH متد ۱۵۰۱ اقدام گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزار Matlab 2019 با قدرت پردازنده ۵ هسته ای 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 بررسی 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 10^{-3} ، 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 10^{-3} ، 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.

منابع

- ثنایی، 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.Soylemez, E. Bacaksiz, A. Tutkun, E. Sayal, A. Soylemezoglu, 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 Mohammadi¹ · Farham Aminsharei^{1,2*}

1 - Department of Health, safety and Environmental Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

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

*Email Address : aminsharei.fa@gmail.com

Abstract

Benzene is a aromatic colorless liquid is produced as a primary component of crude oil and gasoline as well as as a by-product of the coke and coal industry, which is used in various industries including chemical, pharmaceutical, polystyrene, synthetic rubber, nylon, detergents, Paints, polishes and solvents are used in laboratories. Complications of chronic exposure to benzene, decreased body hematopoiesis, impaired immune system as well as leukemia, anemia, respiratory disorders, delayed ossification of the human fetus, infertility, production of lymph node tumors and injury to the liver. Prolonged or repeated exposure causes damage to the lungs, kidneys, liver, spleen, blood, brain and endocrine glands. Prolonged exposure to benzene has destructive effects on the tissues that make up blood cells, especially bone marrow cells. Benzene vapors in high concentrations have a irritating effect on the mucous membranes of the eyes, nose and respiratory tract, and if they enter the lungs, they can cause severe swelling of the lungs and may cause death. Inhaling benzene vapors in the air is the main way to expouser with benzene. Benzene has been described as a useful and dangerous chemical by many reputable organizations, including NIOSH, OSHA, and ACGIH as a definitive carcinogen for humans. Therefore, due to the definite carcinogenicity of this substance in humans and widespread use in industries and destructive effects on various organs of the body, especially the hematopoietic and respiratory systems, as an innovative and practical research on the health hazard of respiratory exposure to benzene on respiratory capacity and parameters Blood in a chemical industry was evaluated by neural network method and fuzzy neural network method. This case study was conducted in 1398 on a statistical population of 50 people working in a chemical industry in four exposed groups (including personnel of loading, production, laboratory and quality control units) and a blank group (personnel of administrative unit) Took. Due to the fact that men are employed in these units, only the group of men was selected and one year of work experience in the mentioned units was selected as the minimum acceptable time to enter the research. The 12-hour staff shift and the type of ventilation system in the studied units are natural and using appropriate personal protective equipment by the staff. Pulmonary volumes and capacities are measured by a spirometer that can be analyzed to assess respiratory function. The most important main lung capacities that cause lung diseases (obstructive pattern, restrictive pattern and mixed pattern) include forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume (FEV), forced vital capacity / forced expiratory volume (FEV / FVC), the average amount of strong expiratory airflow (FEF₂₅₇₅) as four variables related to respiratory capacity (FEV, FVC, FEV / FVC, FEF) was considered. One type of blood cancer is myeloid or bone marrow cancer. This type of leukemia affects bone marrow cells. Complete blood count (blood test) is one of the main tests to diagnose many diseases (cancer, anemia or leukemia). Blood parameters including red blood cells (RBC), white blood cells (WBC), platelet (PLT) and mean corpuscular volume (MCV) as four variables related to blood parameters in this study in was considered. Data related to research variables including respiratory capacity (FEV, FVC, FEV / FVC, FEF), blood parameters (WBC, RBC, PLT, MCV), as well as age and work experience of the exposed group and blank group the results of medical examination records Personnel were extracted. The niosh 1501 method was used to evaluate and determine the respiratory exposure of employees to benzene. Ambient air sample was taken from the respiratory area of each group by individual sampling pump and using absorbent activated carbon. GC device and mass detector

were used to analyze the samples. Results of respiratory exposure to benzene (OEL-TWA) in the exposed group and the blank group were different and in the personnel of loading units 7 ppm, production 0.523 ppm, laboratory 0.178 ppm, quality control 0.224 ppm and administrative control group were zero (occupational exposure limit-time weighted average : 0.5 ppm). The results showed that the respiratory exposure to benzene was not the same in the exposed and blank groups and in the personnel of loading and production unit more than the allowable limit and in the personnel of laboratory units quality control is less than the allowable limit and in the personnel of the blank group is zero. After determining the respiratory exposure to benzene, the effects of benzene on respiratory capacity and blood parameters as well as the effect of individual factors of age and work experience on these parameters by neural network perceptron (MLP) and adaptive network fuzzy inference (ANFIS) in matlab 2019 software with a 5-core processor and 8 gb of ram were modeled. To do this, after extracting the data from the personnel medical file, first the data (variables) enter the pre-processing stage and after normalizing and selecting the feature, and dividing the training and experimental data in the fuzzy algorithm, the extracted features are classified. Finally, after evaluating the performance based on the rate of correct and incorrect diagnosis, the relationship between respiratory capacity and blood parameters, age and work experience were modeled. One of the most important steps in data processing and analysis to lead to the best or weakest result is the preprocessing of the data of that research (noise and discarded data removal, data sorting, data labeling, data normalization in the interval 0 up to +1 and finally the data is divided into 70% of data for training, 30% of data for testing of neural network perceptron and adaptive network fuzzy inference). In fact, pre-processing determines the results and its importance is so great that it can lead to the best result or the worst result. In the neural network perceptron, the best training function with the highest correlation coefficient and efficiency, Levenberg-Marquardt function was selected in matlab library as trainlm with correlation coefficient of 0.9356. Then the best model for network architecture equal to 10 layers and 20 neurons with a performance of 0.0015 and a correlation coefficient of 0.9860 was selected. In neural network perceptron with 100% accuracy, precision and recall in training and 99.7702% accuracy, 99.9321% precision and 99.997% recall in experimental section and error convergence tolerance $0/5*10^{-3}$, results it showed that respiratory capacity and blood parameters were not the same in the exposed and blank groups and also the age and work experience factors did not affect the blood parameters and respiratory capacity in the exposed and blank groups. After determining the best neural network training function (Levenberg-Marquardt function in matlab library called trainlm with a correlation coefficient of 0.9356), we placed it in the adaptive network fuzzy inference (ANFIS) to present the results. The settings related to the adaptive network fuzzy inference model using the neuro-fuzzy designer toolbox in the apps section in matlab software. Mamdani method was used for the principles of fuzzy modeling inference. In adaptive network fuzzy inference model after 100 repetitions and error convergence tolerance of $0.54*10^{-3}$ with 100% accuracy, precision and recall in training and accuracy 99.8163%, 99.9526% precision and 99.9863% recall In the experimental section, the results showed that respiratory capacity and blood parameters were not the same in the exposed and blank groups and also the age and work experience factor did not affect the blood parameters and respiratory capacity in the exposed and control groups. The use of integrated ANN, GA and PSO algorithms is recommended to compare the results with the obtained results and the accuracy of the system performance.

Keywords

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