

## Determination of Environmental Factors Affecting Airborne Bioaerosols in Hospitals Using Nonlinear Models

Abasi F<sup>1</sup>✉, Samaei MR<sup>2\*</sup>✉

<sup>1</sup>PhD, Department of environmental health engineering, Shiraz university of medical science, Shiraz, Iran

<sup>2</sup>Associate professor, Department of environmental health engineering, Shiraz university of medical science, Shiraz, Iran

### Abstract

**Introduction:** Environmental and structural factors have a significant effect on the concentration of bioaerosols in the indoor air; however, this issue has not received enough attention in research. . Therefore, this study aimed to determine the distribution of bioaerosols and environmental factors affecting the concentration of bioaerosols by using an artificial neural network.

**Methods:** In this study, the concentration of bioaerosols was determined using the inactive method for one hour in the human respiratory tract. The teypticas soy agar and sabouroud dextrose agar were used to culture bacteria and fungi; then, they were incubated at 15, 25, and 37° C. The independent variable includes three categories of structural variables (number of ward beds, room dimensions, and window dimensions), hospital management and management variables (ward air change per hour), and analytical variables (incubation temperature and type of culture medium). The effect of these variables was modeled by an artificial neural network with *Levenberg–Marquardt* algorithm.

**Results:** This study showed that the distribution of bioaerosols in dialysis and surgery wards was higher than in other wards. Also, the artificial neural network can predict the effect of environmental and structural factors of the hospital on bioaerosols, especially fungi because the maximum and minimum concentrations of bacteria and fungi in the actual data were similar to the data predicted by the artificial neural network. In addition, the correlation coefficient for the fungi was 0.95, and the correlation rate between the actual data and the data predicted by the artificial neural network was higher than 0.92.

**Conclusion:** ANN could be a desirable and reliable method for detecting bioaerosol in hospitals based on the environmental and structural parameters.

**Keywords:** Airborne, Bacteria, Fungi, Neural network, Environmental factors

Sadra Med Sci J 2022; 10(1): 13-22.

Received: Dec. 28th, 2020

Accepted: Feb. 19th, 2022

\* Corresponding Author: **Samaei MR**. Associate professor, Department of environmental health engineering, Shiraz university of medical science, Shiraz, Iran, mrsamaei@gmail.com

مجله علوم پزشکی صدرا

دوره ۱۰، شماره ۱، زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۳ تا ۲۲

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۰۰/۱۱/۳۰

## تعیین عوامل محیطی مؤثر بر بیوآنزوسل‌های هوابرد در بیمارستان با استفاده از مدل‌های غیرخطی

فریبا عباسی<sup>۱</sup>، محمدرضا سمایی<sup>۲\*</sup><sup>۱</sup>دکترای تخصصی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران<sup>۲</sup>دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

### چکیده

**مقدمه:** با توجه به اثر چشمگیر عوامل محیطی و ساختاری بر غلظت بیوآنزوسل‌ها در هوای درونی بیمارستان و همچنین توجه کمتر به تعیین این ارتباط که معمولاً به صورت غیرخطی است، هدف از این مطالعه تعیین پراکندگی توزیع بیوآنزوسل‌ها و عوامل محیطی مؤثر بر غلظت آن‌ها در هوای درونی بیمارستان با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی بوده است.

**روش‌ها:** در این مطالعه غلظت بیوآنزوسل‌ها با استفاده از روش غیرفعال و به مدت یک ساعت در ناحیه‌ی تنفسی انسان تعیین گردید. محیط کشت استفاده‌شده برای باکتری و قارچ به ترتیب تیپیکون سوی آگار ساپورود دکستروز آگار بوده که در دماهای ۱۵، ۲۵ و ۳۷ درجه، انکوبه گردید. متغیر مستقل شامل سه دسته متغیرهای ساختاری (تعداد تخت‌های بخش، ابعاد اتاق و ابعاد پنجره‌ها)، متغیرهای راهبری و مدیریت در بیمارستان (تعویض هوای بخش در هر ساعت) و متغیرهای آنالیزی (دمای انکوباسیون و نوع محیط کشت) بوده که اثر این متغیرها به وسیله‌ی شبکه‌ی عصبی مصنوعی با الگوریتم levenberg-marquardt مدل‌سازی شد.

**یافته‌ها:** پیش‌بینی اثر عوامل نتایج این مطالعه نشان داد که پراکندگی بیوآنزوسل‌ها در بخش‌های دیالیز و جراحی مردان بیشتر بوده است. همچنین شبکه‌ی عصبی مصنوعی توانایی مناسبی در پیش‌بینی اثر عوامل محیطی و ساختاری بیمارستان بر روی بیوآنزوسل‌ها به خصوص قارچ‌ها داشته است؛ به طوری که حداکثر و حداقل غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها در داده‌های واقعی مشابه با داده‌های پیش‌بینی‌شده‌ی شبکه‌ی عصبی مصنوعی بوده است. افزون‌بر این، ضریب هم‌بستگی برای قارچ‌ها برابر با ۰.۹۵ بوده و میزان هم‌بستگی داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی‌شده توسط شبکه‌ی عصبی مصنوعی بالاتر از ۰.۹۲ بوده است.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به نتایج، شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند روش مناسب و قابل اعتمادی جهت پیش‌بینی وابستگی غلظت بیوآنزوسل‌ها به عوامل محیطی و ساختاری بیمارستان باشد.

**واژگان کلیدی:** هوابرد، باکتری، قارچ، شبکه‌ی عصبی، عوامل محیطی

\* نویسنده مسئول: محمدرضا سمایی، دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران، mrsamaei@gmail.com

## مقدمه

مصنوعی به آسانی تعمیم پذیر بوده و با تقریب‌های مناسب برای انواع توابع، به کار می‌رود؛ به طوری که پس از یادگیری، قادر به استنتاج و استخراج بخش مشاهده شده‌ی جمعیت است. بدین ترتیب با استفاده از این پیش‌بینی‌ها، می‌توان عوامل ساختاری و بهره‌برداری مؤثر بر آلودگی بیوآئروسول‌ها در بیمارستان‌ها مشخص و در راستای بهبود عملکرد و ارتقای هوای درونی تصمیم گرفت. با توجه به این مسائل، هدف از این مطالعه بررسی ارتباط بین چندین عامل ساختاری، نمونه‌برداری و آنالیز با غلظت بیوآئروسول‌های هوا در بیمارستان با استفاده از روابط غیرخطی ریاضی شبکه‌ی عصبی مصنوعی به منظور بهینه‌سازی این عوامل است.

## روش‌ها

## ۱- محل قرارگیری بیمارستان

این مطالعه در یکی از بیمارستان‌های جنوبی استان فارس با هدف پیش‌بینی غلظت بیوآئروسول‌های هوا در درونی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی انجام شده است. مختصات جغرافیایی منطقه‌ی بررسی شده شامل ۲۸-۳۵-۳۰ شمالی است که در ۴۰-۴۰-۳۰ شرقی و ۲۸-۳۵-۳۰ شمالی است که در فاصله‌ی ۱۷۰ کیلومتری جنوب شیراز قرار گرفته است. جزئیات ویژگی‌های این بیمارستان در جدول ۱ بیان گردیده است.

## ۲- متغیرهای بررسی شده

متغیر وابسته در این مطالعه غلظت باکتری‌ها و قارچ‌های هوا در شناخته شده در هوای بخش‌های بیمارستان است. متغیر مستقل شامل سه دسته متغیرهای ساختاری مانند تعداد تخت‌های هر بخش، ابعاد اتاق و ابعاد پنجره‌ها، متغیرهای راهبری و مدیریت در بیمارستان مانند تعداد تعویض هوای بخش در هر ساعت که با استفاده از میزان هوای خروجی و ورودی به بخش (فرمول ۲) و در نهایت متغیرهای آنالیزی است که شامل دمای انکوباسیون و نوع

حضور بیوآئروسول‌ها در هوای درونی بیمارستان به عنوان یکی از عوامل خطر ساز در سلامتی افراد است که ناشی از عوامل متعدد از جمله عوامل ساختاری ساختمان، تهویه، دما و رطوبت درونی ساختمان، حضور و تعداد بیمار، پرسنل و ملاقات کنندگان، ساخت و ساز و وجود حوادث خاص در اطراف ساختمان است (۱، ۲). در بسیاری از مطالعات، ارتباط بین این عوامل و بیوآئروسول‌های هوا در درونی در بیمارستان، مشخص و هم‌بستگی بین آن‌ها بیان شده است (۳). به طوری که با افزایش تعداد بیمار و رفت و آمد افراد، وجود ساخت و ساز و حوادث خاص و از طرف دیگر عملکرد نامطلوب تهویه، ضعف در ساختار مناسب بیمارستان و نوع کاربری اطراف آن در افزایش غلظت بیوآئروسول‌ها به خصوص قارچ‌ها مؤثر بوده است (۴-۸). همچنین در بسیاری از موارد عوامل بهره‌برداری و متغیرهای پایش در محیط درونی بیمارستان نیز عامل مؤثری در تعیین آلودگی بیوآئروسول‌ها معرفی شده که شامل دما و رطوبت ساختمان و همچنین دما و مدیای رشد بیوآئروسول‌ها در آزمایشگاه است (۹-۱۳)؛ با این حال در بسیاری از نمونه‌ها با وجود ارتباط گسترده بین این عوامل، ضریب هم‌بستگی به اندازه‌ای کم است که از نظر آماری نمی‌توان به آن استناد کرد. همچنین برخلاف اهمیت روزافزون پیش‌بینی متغیرهای مؤثر بر سلامتی انسان، به ندرت مدل‌های ساختاری مناسب برای پیش‌بینی عوامل مؤثر بر سلامتی ارتقا یافته است (۱۲). بدین ترتیب بایستی روش‌هایی به کار گرفته شود که با روابط غیرخطی ریاضی بتوانند روابط مستحکم‌تری بین متغیرهای مستقل و وابسته را بیان کنند.

شبکه‌ی عصبی مصنوعی یکی از ابزار قدرتمند در مدل‌سازی است که با تکیه بر روابط و مدل‌های غیرخطی ریاضی به منظور پیش‌بینی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته به کار گرفته می‌شود. این مدل برخلاف روش‌های سنتی مبتنی بر داده‌هاست. افزون بر این، شبکه‌ی عصبی

back propagation، شبکه آموزش داده شد. در مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی، داده‌ها در سه گروه تقسیم می‌شوند:

۱. training که به منظور آموزش شبکه است و هفتاد درصد داده‌ها را شامل می‌شود؛

۲. verification که عملکرد شبکه را در طول دوره‌ی آموزش ارزیابی می‌کند و در این مطالعه پانزده درصد داده‌ها را شامل می‌شود؛

۳. testing به منظور ارزیابی دقت و قابلیت پیش‌بینی شبکه‌ی درونی که در طول آموزش و اعتبارسنجی بیان نشده است و در این مطالعه پانزده درصد داده‌ها را شامل شده است.

#### ۵- آنالیزهای آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی، میانگین غلظت در هر بخش تعیین و میزان پراکندگی آن با استفاده از نمودار باکس پلات مشخص شد. اختلاف بین غلظت قارچ‌ها در هر بخش توسط t-test انجام و هم‌بستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته نیز توسط هم‌بستگی پیرسون تعیین گردید. آنالیزها در متلب ۲۰۱۸ انجام و نمودارها در اکسل ۲۰۱۶ ترسیم شد.

#### یافته‌ها و بحث

در این مطالعه پراکندگی غلظت قارچ‌ها و باکتری‌های هوابرد در هوای درونی بیمارستان، تعیین و اثر عوامل محیطی بر غلظت بیوآئروسول‌های هوابرد در بخش‌های مختلف یکی از بیمارستان‌های فارس در جنوب ایران مدل‌سازی شده است. در شکل ۱ پراکندگی غلظت قارچ‌ها و باکتری‌های هوابرد در هوای درونی بیمارستان نشان داده شده است.

مطابق شکل ۱، توزیع بیوآئروسول‌های هوای درونی بیمارستان در بخش‌های مختلف، متفاوت و بیشترین پراکندگی مربوط به بخش‌های دیالیز و جراحی مردان

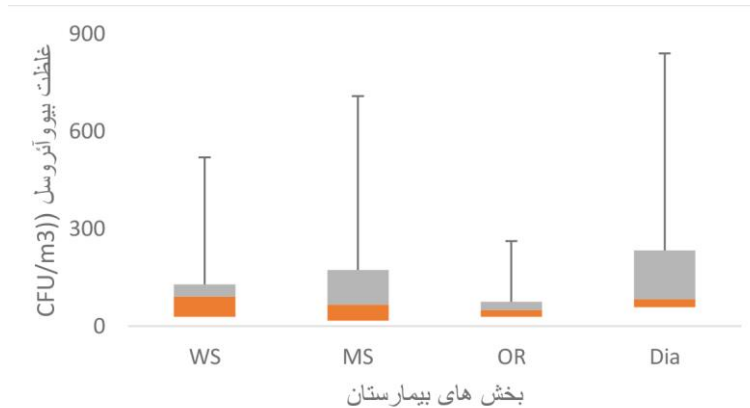
محیط کشت استفاده‌شده در زمان نمونه‌برداری است. به دلیل اختلاف مشخص در pH این مدیاها و باتوجه‌به اثر pH بر روی رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها، pH به عنوان شاخص برای بررسی ارتباط بین محیط کشت و غلظت بیوآئروسول‌ها در نظر گرفته شد.

#### ۳- نمونه‌برداری و آنالیز میکروبی

در این مطالعه، نمونه‌برداری از باکتری‌ها و قارچ‌ها با استفاده از روش غیرفعال توسط محیط کشت SDA و TSA غنی‌شده با کلرامفنیکل به عنوان متغیر شرایط آنالیز و نمونه‌برداری انجام شده است (۹). نمونه‌برداری در ارتفاع یک‌متری از سطح زمین (ناحیه‌ی تنفسی انسان) و مطابق مطالعه‌ی پایلوت به مدت یک ساعت صورت گرفت. در این روش اسپوره‌های قارچی و باکتریایی بر روی پلیت‌های روباز ته‌نشین شده، سپس در شرایط استریل پلیت‌ها ایزوله و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دماهای مختلف انکوباسیون (۱۵، ۲۵ و ۳۷ درجه) به عنوان دیگر متغیر آنالیزی انکوبه گردید. پس از گذراندن این دوره و رشد بیوآئروسول‌ها، تعداد کلنی‌ها شمارش و با استفاده از فرمول ۱ به صورت  $CFU/m^3$  تبدیل شد.

#### ۴- مدل‌سازی با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی

در این مطالعه به دلیل غیرخطی بودن و غیرنرمال بودن متغیرهای آنالیزشده، ارتباط بین متغیرها توسط مدل ANN تعیین شد. متغیرهای ورودی شامل دمای انکوباسیون، نوع محیط کشت، تعداد تخت‌ها، ابعاد هر بخش، میزان تعویض هوا در هر ساعت و ابعاد پنجره‌های موجود در هر بخش و خروجی این مدل غلظت قارچ‌های هوابرد در هر بخش بوده است. در این مطالعه از پرسپترون چند لایه استفاده شده که در آن از تابع چند متغیره به صورت ریاضی در متلب ۲۰۱۸ انجام شده است. بر اساس فرمول‌های سه و چهار شبکه طراحی و تعداد لایه و نرون، تعیین و سپس با استفاده از الگوریتم



شکل ۱. پراکندگی غلظت قارچ‌ها و باکتری‌ها در بخش‌های مختلف بیمارستان

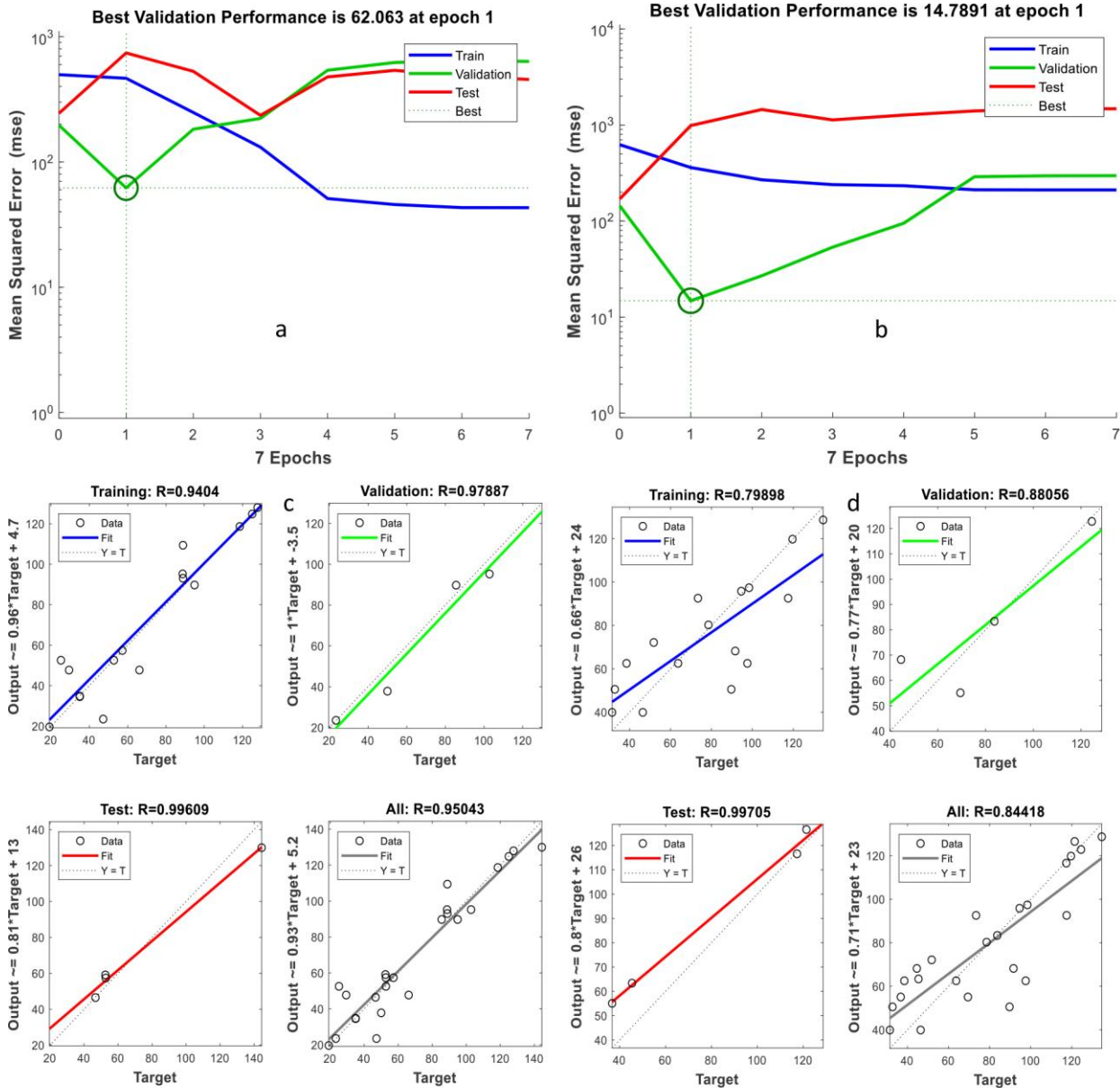
epoch=1 بوده است که در epoch=7 به دلیل افزایش خطای validation الگوریتم مدل‌سازی متوقف می‌شود؛ زیرا پس از این نقطه، تناسب داده‌ها کاهش یافته و میزان خطای مجموعه‌ی اعتباربخشی رو به افزایش داشته است. هنگامی که validation error برای هفتمین تکرار افزایش می‌یابد، آموزش براساس الگوریتم متوقف‌سازی متوقف می‌شود؛ بدین ترتیب از بیش برآزش شدن شبکه جلوگیری می‌کند. همچنین ضریب رگرسیون برای پیش‌بینی قارچ‌ها  $R_{test}=0.99$  و  $R_{all}=0.95$  بوده، درحالی‌که برای باکتری‌ها برابر با  $R_{all}=0.84$  و  $R_{test}=0.99$  بوده است. در مطالعات پیشین نیز شبکه‌ی عصبی مصنوعی به‌خوبی غلظت قارچ‌ها را در سیستم‌های هواساز مدل‌سازی کرده است (۱۵). با توجه به نتایج، هرچندکه ضریب هم‌بستگی پایین‌تری در پیش‌بینی غلظت باکتری‌های هوابرد در ارتباط با عوامل محیطی مشاهده شده است، اما شبکه‌ی عصبی مصنوعی با هم‌بستگی بالاتر از ۰.۹۵ توانایی خوبی در پیش‌بینی عوامل محیطی مؤثر بر غلظت قارچ‌های هوابرد در هوای درونی بیمارستان داشته است.

در جدول ۱ نیز ماتریکس طراحی برای همه‌ی متغیرهای مستقل مؤثر بر غلظت باکتری‌ها و قارچ‌های هوابرد در هوای بیمارستان نشان داده شده است.

بوده؛ درحالی‌که در بخش اتاق عمل میزان پراکندگی بسیار کمتر بوده است؛ زیرا در بخش اتاق عمل وضعیت محیطی مانند تهویه‌ی مطبوع به‌طور دقیق کنترل شده (۶) و پراکندگی توزیع غلظت بیوآئروسل‌ها را محدود می‌نماید.

برای پیش‌بینی و مدل‌سازی از روش شبکه‌ی عصبی مصنوعی که روشی غیرخطی با دقت بالا است (۱۴)، استفاده شده است. برای تعیین بهترین ساختار شبکه، الگوریتم *levenberg-marquandt* برای وزن دهی و خطا به‌کار برده شد. در این مطالعه بر اساس تعداد متغیرهای ورودی و خروجی، تعداد نرون در لایه‌ی پنهان برابر با پنج تا چهارده بوده که برای پیش‌بینی اثر عوامل محیطی بر غلظت باکتری‌ها و قارچ‌های هوابرد در هوای درونی بیمارستان با استفاده از ANN به کار برده شد. در شکل ۲ نیز ساختار بهترین مدل و ارتباط بین ورودی و خروجی توسط لایه‌ی پنهانی نشان داده شده است. نتایج مدل‌سازی نشان داد که بهترین ساختار برای پیش‌بینی غلظت قارچ‌ها و باکتری‌های هوابرد به ترتیب ۶:۵:۱ و ۶:۹:۱ بوده است (شکل ۲). همچنین میزان خطا و ضریب هم‌بستگی رگرسیونی برای هر ساختار در شکل ۲ نشان داده شده است.

مطابق شکل ۲، میزان خطا برای قارچ و باکتری‌های هوابرد در ساختارهای بهینه‌ی آن به ترتیب برابر با ۶۲ و ۱۴/۷ در



شکل ۲. عملکرد بهترین ساختار شبکه‌ی عصبی در پیش‌بینی غلظت بیواتروسول‌ها: (a) میزان خطا در پیش‌بینی قارچ‌های هوابرد؛ (b) میزان خطا در پیش‌بینی باکتری‌های هوابرد؛ (c) هم‌بستگی رگرسیونی در قارچ‌های هوابرد؛ (d) هم‌بستگی رگرسیونی در باکتری‌های هوابرد

محیط کشت =  $\frac{7}{4}$  و حداکثر آن در دمای انکوباسیون = ۱۵، تعداد تخت‌ها برابر با ۱۲، فضای فیزیکی = ۲۵۱۴۰، میزان چرخش هوا در ساعت =  $\frac{12}{2}$ ، مساحت پنجره‌ها = ۲۰ و در محیط کشت اسیدی بوده است؛ درحالی‌که برای باکتری‌ها حداقل غلظت در دمای انکوباسیون = ۱۵، تعداد تخت‌های بیمارارن = ۳۶، فضای فیزیکی = ۲۲۰۰۳، میزان

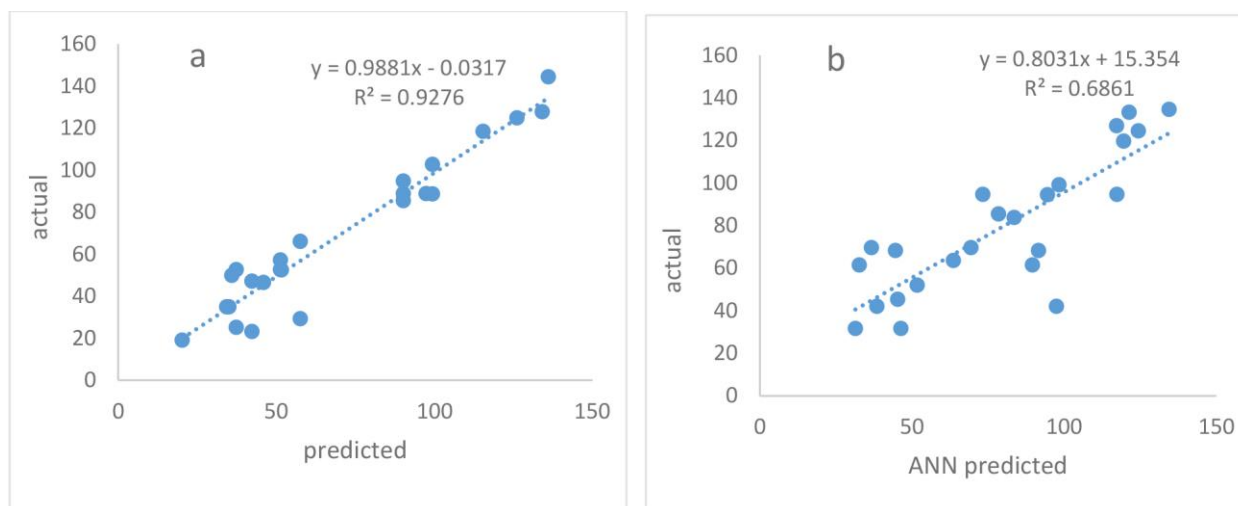
مطابق جدول ۱، حداقل و حداکثر غلظت قارچ‌ها به‌ترتیب در ران‌های آزمایش چهارده و نوزده و این مقدار برای باکتری‌ها در ران‌های ۱ و ۲۴ بوده است. حداقل غلظت قارچ‌ها به‌ترتیب در دمای انکوباسیون = ۱۵، تعداد تخت‌های بیمارارن = ۴، فضای فیزیکی = ۱۰۰۶۳، میزان چرخش هوا در ساعت =  $\frac{14}{25}$ ، بدون وجود پنجره و pH

جدول ۱. ماتریس طراحی اثر متغیرهای مستقل بر غلظت بیوآئروسولها

بخش ها		دمای انکوباسیون	تعداد تخت ها	فضای فیزیکی	میزان چرخش هوا در ساعت	مساحت پنجره	pH محیط کشت	غلظت واقعی قارچ	غلظت قارچ پیش بینی شده توسط ANN	غلظت واقعی باکتری ها	غلظت باکتری پیش بینی شده توسط ANN
جراحی زنان	۱	۱۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۵/۶	۶۶/۱۴۶	۵۷/۵۷۵	۳۱/۴۶	۳۱/۵۴۸
جراحی زنان	۲	۱۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۷/۴	۲۲/۳۲	۴۲/۲۸	۳۶/۷۴	۶۹/۵۶
جراحی زنان	۳	۲۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۵/۶	۱۰۲/۸۳	۹۹/۳۸۷	۸۹/۷	۶۱/۴۶
جراحی زنان	۴	۲۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۷/۴	۲۵/۱۷۴	۳۷/۳۷	۹۷/۵۷	۴۱/۹۵
جراحی زنان	۵	۳۷	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۵/۶	۹۴/۹۱	۹۰/۱۷۸	۹۱/۶۴	۶۸/۲
جراحی زنان	۶	۳۷	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۷/۴	۵۲/۷۲	۵۱/۳۱	۱۱۷/۴۸	۹۴/۶۱
جراحی مردان	۷	۱۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۵/۶	۲۹/۳۹۸	۵۷/۵۷	۴۶/۴۳	۳۱/۵۵
جراحی مردان	۸	۱۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۷/۴	۴۷/۲۲	۴۲/۲۸	۶۹/۴۵	۶۹/۵۶
جراحی مردان	۹	۲۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۵/۶	۸۸/۷۲	۹۹/۳۸۷	۳۲/۷۶	۶۱/۴۶
جراحی مردان	۱۰	۲۵	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۷/۴	۵۲/۷۷	۳۷/۳۷	۳۸/۵	۴۱/۹۵
جراحی مردان	۱۱	۳۷	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۵/۶	۸۵/۵۳	۹۰/۱۷۸	۴۴/۵۹	۶۸/۲
جراحی مردان	۱۲	۳۷	۳۶	۲۲۰۰۳/۵۵	۷/۹	۵۳	۷/۴	۵۷/۲۳۴	۵۱/۳۱	۷۳/۴	۹۴/۶۱
اتاق عمل	۱۳	۱۵	۴	۱۰۰۶۳/۳۵	۱۴/۲۵	۰	۵/۶	۳۵	۳۴/۹۷۹	۴۵/۴	۴۵/۳۷
اتاق عمل	۱۴	۱۵	۴	۱۰۰۶۳/۳۵	۱۴/۲۵	۰	۷/۴	۱۹/۱۷	۲۰/۲۲	۶۳/۷	۶۳/۶۱
اتاق عمل	۱۵	۲۵	۴	۱۰۰۶۳/۳۵	۱۴/۲۵	۰	۵/۶	۵۲/۵	۵۱/۶۲	۵۱/۸	۵۱/۸۸
اتاق عمل	۱۶	۲۵	۴	۱۰۰۶۳/۳۵	۱۴/۲۵	۰	۷/۴	۳۵	۳۴/۲۹۹	۷۸/۵۴	۸۵/۴۲
اتاق عمل	۱۷	۳۷	۴	۱۰۰۶۳/۳۵	۱۴/۲۵	۰	۵/۶	۴۶/۶۷	۴۵/۹۵۷	۸۳/۷	۸۳/۸۳
اتاق عمل	۱۸	۳۷	۴	۱۰۰۶۳/۳۵	۱۴/۲۵	۰	۷/۴	۵۰	۳۵/۸۹۶	۹۴/۵۸	۹۴/۴۳
دیالیز	۱۹	۱۵	۱۲	۲۵۱۴۰	۱۲/۲	۲۰	۵/۶	۱۴۴/۴۴	۱۳۶/۰۲۵	۹۸/۴	۹۹/۱۱
دیالیز	۲۰	۱۵	۱۳	۲۵۱۴۰	۱۲/۲	۲۰	۷/۴	۸۸/۸۹	۹۷/۳۵۷	۱۱۹/۶	۱۱۹/۵۶۷
دیالیز	۲۱	۲۵	۱۲	۲۵۱۴۰	۱۲/۲	۲۰	۵/۶	۱۲۷/۷۸	۱۳۴/۱۲	۱۱۷/۳	۱۲۶/۹۳
دیالیز	۲۲	۲۵	۱۲	۲۵۱۴۰	۱۲/۲	۲۰	۷/۴	۱۲۵	۱۲۶/۱۹۳	۱۲۴/۵	۱۲۴/۴۸۳
دیالیز	۲۳	۳۷	۱۲	۲۵۱۴۰	۱۲/۲	۲۰	۵/۶	۱۱۸/۵۲	۱۱۵/۴۶	۱۲۱/۴	۱۳۳/۱۷۶
دیالیز	۲۴	۳۷	۱۲	۲۵۱۴۰	۱۲/۲	۲۰	۷/۴	۸۸/۸۹	۹۰/۱۹۸	۱۳۴/۶	۱۳۴/۵۳

باتوجه به این نتایج و از آنجایی که حداکثر غلظت در داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از شبکه مشابه بوده، می‌توان نتیجه گرفت که شبکه‌ی عصبی مصنوعی توانایی مناسبی در پیش‌بینی عوامل محیطی مؤثر بر غلظت قارچ‌ها و باکتری‌ها داشته است. افزون بر این، میزان

چرخش هوا در ساعت = ۷/۹، مساحت پنجره = ۵۳ و pH محیط کشت = ۵/۶ و حداکثر آن در دمای انکوباسیون = ۳۷، تعداد تخت‌ها برابر با ۱۲، فضای فیزیکی = ۲۵۱۴۰، میزان چرخش هوا در ساعت = ۱۲/۲، مساحت پنجره‌ها = ۲۰ و در محیط کشت خنثی بوده است.



شکل ۳. هم‌بستگی بین داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی‌شده با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی

با داده‌های پیش‌بینی‌شده توسط شبکه عصبی مصنوعی بوده است. علاوه بر این، ضریب هم‌بستگی برای قارچ‌ها برابر با ۰.۹۵ و میزان هم‌بستگی داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی‌شده توسط شبکه‌ی عصبی مصنوعی بالاتر از ۰.۹۲ بوده است.

#### تضاد منافع

هیچ گونه تعارض منافع از سوی نویسندگان بیان نشده است.

#### منابع

1. Li Y, Fu H, Wang W, Liu J, Meng Q, Wang W. Characteristics of bacterial and fungal aerosols during the autumn haze days in Xi'an, China. *Atmospheric Environment*. 2015; 122: 439-47.
2. Soleimani Z, Goudarzi G, Sorooshian A, Marzouni MB, Maleki H. Impact of Middle Eastern dust storms on indoor and outdoor composition of bioaerosol. *Atmospheric environment*. 2016; 138: 135-43.
3. Tsao Y-C, Hwang Y-H. Impact of a

هم‌بستگی بین داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از پیش‌بینی ANN برای قارچ‌ها و باکتری‌ها به ترتیب برابر با ۰/۹۲ و ۰/۶۸ بوده (شکل ۳) که نشان‌دهنده‌ی هم‌بستگی بالای بین خروجی شبکه و میزان غلظت بیوائروسول‌های هوای درونی بیمارستان و عوامل ساختاری مؤثر بر آن به‌ویژه برای قارچ‌ها بوده است. بدین ترتیب قابلیت شبکه‌ی عصبی در پیش‌بینی غلظت قارچ‌های بیمارستان بیشتر است. مطالعه‌ی لیو و همکاران در سال ۲۰۱۸ نیز نشان داده که شبکه‌ی عصبی مصنوعی قابلیت مناسبی برای مدل‌سازی اثر کیفیت هوای درونی بر قارچ‌های موجود در هوای داشته است (۱۶).

#### نتیجه‌گیری

در این مطالعه پراکندگی توزیع بیوائروسول‌ها و عوامل محیطی مؤثر بر غلظت آن‌ها در هوای درونی بیمارستان با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی مدل‌سازی شد. نتایج این مطالعه نشان داده که پراکندگی بیوائروسول‌ها در بخش‌های دیالیز و جراحی مردان بیشتر بوده است. همچنین شبکه‌ی عصبی مصنوعی توانایی مناسبی در پیش‌بینی اثر عوامل محیطی و ساختاری بیمارستان بر بیوائروسول‌ها به‌خصوص قارچ‌ها داشته است؛ زیرا حداکثر و حداقل غلظت باکتری‌ها و قارچ‌ها در داده‌های واقعی مشابه



9. Abbasi. F, Samaei. MR, Manoochehri. Z, Jalili. M, Yazdani. E. The effect of incubation temperature and growth media on index microbial fungi of indoor air in a hospital building in Shiraz, Iran. *journal of building engineering*. 2020; 31: 101294.
10. Abbasi F, Samaei MR. The effect of temperature on airborne filamentous fungi in the indoor and outdoor space of a hospital. *En-viron Sci Pollut*. 2019.
11. Romano F, Gustén J, Joppolo CM, Ljungqvist B, Reinmüller B. Some aspects on the sampling efficiency of microbial impaction air samplers. *Particuology*. 2015; 20: 110-3.
12. Liu Z, Li H, Cao G. Quick estimation model for the concentration of indoor airborne culturable bacteria: an application of machine learning. *International journal of environmental research and public health*. 2017; 14(8): 857.
13. Spilak MP, Madsen AM, Knudsen SM, Kolarik B, Hansen EW, Frederiksen M, et al. Impact of dwelling characteristics on concentrations of bacteria, fungi, endotoxin and total inflammatory potential in settled dust. *Building and Environment*. 2015; 93: 64-71.
14. Wang J-Z, Wang J-J, Zhang Z-G, Guo S-P. Forecasting stock indices with back propagation neural network. *Expert Systems with Applications*. 2011; 38(11): 14346-55.
15. Jani D, Mishra M, Sahoo PK. Application of artificial neural network for predicting performance of solid desiccant cooling systems—A review. *water-damaged indoor environment on kindergarten student absences due to upper respiratory infection. Building and environment*. 2013; 64: 1-6.
4. Abbasi F, Jalili M, Samaei MR, Mokhtari AM, Azizi E. Effect of land use on cultivable bioaerosols in the indoor air of hospital in southeast Iran and its determination of the affected radius around of hospital. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021; 28(10): 12707-13.
5. Bolookat F, Hassanvand MS, Faridi S, Hadei M, Rahmatinia M, Alimohammadi M. Assessment of bioaerosol particle characteristics at different hospital wards and operating theaters: A case study in Tehran. *MethodsX*. 2018; 5: 1588-96.
6. Liu Z, Zhu Z, Zhu Y, Xu W, Li H. Investigation of dust loading and culturable microorganisms of HVAC systems in 24 office buildings in Beijing. *Energy and Buildings*. 2015; 103: 166-74.
7. Wang X, Liu W, Huang C, Cai J, Shen L, Zou Z, et al. Associations of dwelling characteristics, home dampness, and lifestyle behaviors with indoor airborne culturable fungi: on-site inspection in 454 Shanghai residences. *Building and Environment*. 2016; 102: 159-66.
8. Asif A, Zeeshan M, Hashmi I, Zahid U, Bhatti MF. Microbial quality assessment of indoor air in a large hospital building during winter and spring seasons. *Building and environment*. 2018; 135: 68-73.

and the concentration of airborne culturable fungi: a combined experimental and neural network modeling study. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018; 25(4): 3510-7.

*Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 80: 352-66.

16. Liu Z, Cheng K, Li H, Cao G, Wu D, Shi Y. Exploring the potential relationship between indoor air quality

Cite this article as:

Abasi F, Samaei MR. Determination of Environmental Factors Affecting Airborne Bioaerosols in Hospitals Using Nonlinear Models. *Sadra Med Sci J* 2022; 10(1): 13-22.