

# بررسی و مدل‌سازی اثر آلودگی هوا بر سلامت، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

علی فلاحتی<sup>۱</sup>، کیومرث سهیلی<sup>۱</sup>، مینو نظیفی<sup>۲</sup>، سحر عباسپور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار و عضو هیئت علمی گروه اقتصاد دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

<sup>۲</sup> کارشناسی ارشد اقتصاد توسعه و برنامه ریزی، کرمانشاه، ایران

نویسنده رابط: علی فلاحتی، نشانی: کرمانشاه، بلوار شهید بهشتی، مقابل بیمارستان طالقانی، دانشکده علوم اجتماعی دانشگاه رازی، تلفن: ۰۸۳۱۸۳۸۸۰۹۲

پست الکترونیک: alifalahatii@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱؛ پذیرش: ۹۱/۱۱/۷

**مقدمه و اهداف:** امروزه، بحران ناشی از مصرف بی رویه مواد و انرژی و افزایش آلودگی‌های محیط زیست، از جمله چالش‌های که پیش روی بشر است. توجه به توسعه پایدار، به گونه‌ای که کمترین آسیب به محیط زیست و سلامت افراد جامعه را به همراه داشته باشد، راهکاری اجتناب‌ناپذیر برای پشت سر گذاشتن این بحران است.

رشد اقتصادی با افزایش تقاضای انرژی همراه است و زمینه ارتقای سلامت را فراهم می‌آورد، اما در صورت سیاست‌گذاری نامناسب، آلودگی‌های ناشی از رشد اقتصادی می‌تواند تأثیری منفی بر سلامت داشته باشد. در این مطالعه، اثر رشد اقتصادی، جمعیت شهری، تعداد خودرو، درجه باز بودن اقتصاد و آلودگی هوا بر سلامت افراد بررسی می‌شود.

**روش کار:** این مقاله با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی (ANN (Artificial Neural Networks)، به بررسی عوامل مؤثر بر سلامت، طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۷، پرداخته است. روش به‌کارگیری شبکه عصبی در مطالعه حاضر روش MLP (پرسپترون چند لایه) است.

**یافته‌ها:** یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد شهر نشینی، به‌عنوان عامل تشدیدکننده آلودگی هوا، بیشترین تأثیر را بر سلامت و امید به زندگی افراد داشته‌است.

**نتیجه‌گیری:** شبکه عصبی انتخاب‌شده برای این مطالعه، یک لایه پنهان با سه گره انتخاب شد و اهمیت شهرنشینی در مدل‌سازی را نشان می‌دهد. اثر مثبت گسترش شهرنشینی بر بهداشت و سلامت بیشتر از اثر منفی آن از طریق آلودگی هوا بوده است.

**واژگان کلیدی:** سلامت، آلودگی هوا، امید زندگی، دی اکسید کربن، شبکه عصبی

## مقدمه

### مبانی نظری

است. آلودگی هوا در کشورهای در حال توسعه ناشی از ازدیاد جمعیت، سازوکار نادرست وسایل نقلیه و استفاده گسترده از سوخت‌های فسیلی است. دلایل دیگر آلودگی هوا بی‌توجهی به این موضوع و راه‌های تعدیل آن است. گسترش شهرها، توسعه مهاجرت، گسترش نامتناسب صنایع و بی‌توجهی به مکان‌گزینی مناسب آن نیز از عوامل مهم افزایش آلودگی‌های محیطی محسوب می‌شود. از سوی دیگر، بهداشت مناسب موجب تندرستی مردم و افزایش توان بالقوه و بالفعل نیروی کار می‌شود و نیروی کار سهمی بسیار مهم در افزایش تولید و رشد اقتصادی خواهد داشت. رشد اقتصادی با افزایش درآمد، زمینه ارتقای سلامت را فراهم می‌آورد. امروزه، بیشتر جوامع به سلامت به‌عنوان یک نیاز اساسی زندگی می‌نگرند. در این مطالعه با استفاده از شبکه عصبی

آثار آلودگی هوا بر سلامت انسان از دیرباز مورد توجه بوده‌است. حتی پیش از انجام‌شدن مطالعات کلاسیک و مدرن در این زمینه، رخدادهایی مانند افزایش شدید سطح ذرات معلق در انگلستان که با افزایش شدید تعداد مرگ در یک فاصله کوتاه زمانی همراه بوده، توجه محققان و مردم را به این موضوع جلب کرده است. از اوایل دهه ۱۹۹۰، آلودگی هوای شهرها، به‌ویژه کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه، به‌عنوان مهم‌ترین نگرانی‌های زیست‌محیطی جهان شناخته شده‌است. با گذشت یک دهه، به‌رغم وجود شاخص‌های متعدد برای سنجش کیفیت محیط زیست، هنوز وضعیت نامناسب هوا در کشورهای در حال توسعه ادامه دارد و اجرای مؤثر سیاست‌های مبارزه با آلودگی هوا در این کشورها با مشکل مواجه

مصنوعی به بررسی اثر آلودگی هوا و رشد اقتصادی بر سلامت افراد پرداخته شده است. در ادامه، ساختار مباحث مقاله در پنج قسمت دنبال خواهد شد: ابتدا، ادبیات تحقیق مشتمل بر مبانی نظری و پیشینه مطالعات تجربی بیان می‌شود. سپس، مدل تحقیق و روش تخمین آن و نیز پایگاه داده‌های تحقیق معرفی خواهند شد. در ادامه، ضمن تحلیل توصیفی داده‌ها، تخمین مدل و نتایج آن ارائه می‌شود. آنگاه به تحلیل نتایج و یافته‌های تحقیق پرداخته می‌شود و در پایان، جمع‌بندی مباحث ارائه خواهد گردید.

### مطالعه‌های پیشین

در گذر تاریخ، رابطه انسان با محیط زیست همواره به صورت تابعی از رفتار او با پیرامون طبیعی خود بوده است. این رفتار طی قرون متمادی اشکال گوناگونی به خود گرفته است. تجربه توسعه اقتصادی در کشورهای مختلف نشان داده است که همگام با روند افزایش جمعیت، تجمع بیشتر مردم در یک درصد از سطح زمین، توقع استاندارد بالای زندگی با حداقل قیمت بدون توجه به محیط زیست و به خصوص توسعه صنایع، کیفیت و کمیت منابع زیست محیطی تنزل یافته است. آلودگی هوا یکی از ابعاد آلودگی‌های زیست‌محیطی را تشکیل می‌دهد که باعث افزایش بیماری‌های قلبی و تنفسی، کاهش میزان دید، سوزش چشم و خسارت به گیاهان، حیوانات و اشیا و در سطح جهانی، به گرمایش جهانی، افت ازن استراتوسفری، باران اسیدی و غیره منجر شده است. اگرچه کشورهای توسعه‌یافته، با استفاده از سرمایه‌گذاری‌ها و فناوری‌های نوین، در زمینه کنترل آلودگی‌های محلی (مانند آلودگی هوای شهرها) بسیار پیشرفت کرده‌اند، اما هنوز در این زمینه، با چالش‌هایی جدی مواجه‌اند. از دلایل مستقیم مرگ‌ومیر مرتبط با آلودگی هوا، بیماری‌هایی همچون آسم تحریک‌شده، برونشیت، بیماری‌های قلب و ریه و آلرژی‌های تنفسی را می‌توان نام برد. آثار آلودگی هوا بر سلامت نیز دامنه‌ای از تغییرات کوچک بیوشیمیایی و فیزیولوژی تا مشکلات تنفسی، خس و خس سینه و سرفه دارد. واکنش‌های هر شخص به آلودگی‌ها به نوعی که آن شخص در معرض آن قرار گرفته است و میزان قرارگیری در معرض آلودگی، وضعیت سلامت و شرایط ژنتیکی او بستگی دارد. آلودگی هوا به وجود هر ماده‌ای در هوا گفته می‌شود که می‌تواند برای انسان یا محیط او مضر باشد. آلاینده‌ها که بیش از ۱۸۰ نوعند، ممکن است طبیعی یا ساخته دست بشر باشند. آلودگی هوا در درازمدت می‌تواند برای انسان کشنده باشد. طی یک هفته آلودگی هوای لندن در دسامبر ۱۹۵۲، حدود ۴۷۰۰ نفر از بین

رفتند که بیشتر این افراد مبتلایان به بیماری‌های قلبی و ریه و افراد مسن بودند. به‌طور کلی، آلودگی هوا باعث تحریک مجاری هوایی و تشدید آسم می‌شود و هرچه میزان آزن هوا بیشتر باشد، تعداد بیشتری از افراد به آسم مبتلا می‌شوند. تماس درازمدت با آلودگی هوا باعث بروز انواع بیماری‌ها می‌شود. استانداردهای کیفیت هوا از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده در دو گروه استانداردهای اولیه و استانداردهای ثانویه تبیین و تقسیم شده‌اند. طبق تعریف، استانداردهای اولیه آن دسته از استانداردهایی‌اند که رعایت آن‌ها برای حفظ سلامت عمومی جامعه الزامی است. رعایت این گونه استانداردها برای حفظ سلامتی افراد حساس، به‌ویژه سالمندان، بیماران تنفسی و کودکان امری بسیار ضروری است. استانداردهای ثانویه کیفیت هوا، نسبت به استانداردهای اولیه ابعادی وسیع‌تر دارند، به طوری که در این استانداردها حفاظت منابع و آسایش عمومی نیز در نظر گرفته شده است. اما به دلیل مشکلات در اجرای استانداردهای اولیه استانداردهای ثانویه هنوز جایگاه قانونی و اجرایی پیدا نکرده‌اند. اکنون، برای تشخیص نوع آلاینده‌ها شاخص استانداردهای کیفیت هوا تعیین شده‌اند که شامل مونواکسید کربن، سرب، دی‌اکسید نیتروژن، ازن، دی‌اکسید گوگرد و ذرات معلق است. در مناطق صنعتی که دود و سوخت کارخانه‌ها و ماشین‌ها زیاد است، به‌ویژه وقتی که منطقه حالت آب‌گیری و دره‌ای داشته و محیطی نیمه مسدود را ایجاد کرده باشد، سموم و دود و انواع مواد برخاسته از زمین تا آنجا که ممکن است، بالا کشیده می‌شوند و روپوشی ابری بر فراز منطقه ایجاد می‌کنند. در این حالت، هوای قسمت بالای منطقه گرم‌تر از هوای مجاور زمین می‌شود، قلمرو منطقه دم می‌کند و هوایش مسموم می‌ماند. نمونه این وضعیت، پیش‌آمد دره مور در فرانسه است که در سال ۱۹۳۰ به این وضع مبتلا شده است.

آلودگی هوا به ترتیب از انواع وسایل موتوری، نیروگاه‌ها و اقسام صنایع سبک و سنگی، کارخانه‌های پتروشیمی، فعالیت‌های کشاورزی و غیره، ناشی می‌شود. سولفور دی‌اکسید، اکسیدهای ازتی، مونواکسید کربن، دی‌اکسید کربن، ازن، هیدرات‌های کربن و ذرات معلق، از بزرگ‌ترین آلاینده‌هایند (۱). آلودگی هوا می‌تواند آثار مستقیم و غیر مستقیم در محیط داشته باشند. برای مثال، اکسیدهای گوگردی و ازتی با درصد زیاد به درختان و خزها صدمه می‌زنند و بر سلامت انسان تأثیر منفی دارند. همچنین، موجب خوردگی و تخریب تدریجی مصالح ساختمانی می‌گردد. از عوامل مؤثر بر آلودگی هوا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

جمعیت شهر نشین: در ادبیات اقتصاد محیط زیست، جمعیت

نیز یکی دیگر از عوامل آلوده‌کننده محیط زیست به شمار می‌رود. زیرا با افزایش جمعیت، تقاضا برای زمین‌های کشاورزی، منابع انرژی، منابع آبی و ... افزایش می‌یابد و این امر، از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع، کاهش حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی و آلودگی محیط زیست را در پی دارد. محققان بسیاری این امر را با استفاده از آمار و داده‌های سری زمانی و مقطعی تعدادی از کشورهای توسعه یافته و همچنین، در سطح جهانی بررسی کرده‌اند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که عامل انسانی و رشد جمعیت، از عوامل مهم افزایش آلودگی زیست محیطی به شمار می‌رود (۲).

تعداد خودروهای موجود: آلودگی‌های ناشی از خودرو بیشترین نقش را در آلودگی هوای شهر و به دنبال آن، بیشترین تأثیر بر سلامت مردم را دارند. دی‌اکسید کربن، اکسیدهای گوگرد و نیتروژن، به همراه ده‌ها ماده سمی دیگر ترکیباتی سمی‌اند که در اثر سوخت خودرو در سطح شهر پخش می‌شوند. منابع آلودگی هوا متفاوتند و امکان دارد طبیعی یا مصنوعی باشند که از آن جمله، می‌توان به وجود خودروها در کلان‌شهرها اشاره کرد. از رده خارج کردن خودروهای فرسوده، به‌کارگیری خودروهای جدید، بهینه‌سازی مصرف سوخت، معاینه فنی خودروها و افزایش و توسعه خدمات حمل‌ونقل عمومی، از جمله راهکارهای کاهش آلودگی هوا و کمک به سلامت انسان‌ها است.

میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن: آلودگی هوا عامل تشدید بیماری‌های قلبی، تنفسی، نازایی، سقط جنین و سرطان است و در صورت بالاتر بودن غلظت آلاینده‌های هوا از یک حد معین، می‌تواند به مرگ آنی افراد منجر شود. گذشته از غبار و ذرات ریز، در هوای آلوده مقدار زیادی مواد سمی دیگر، مانند دی‌اکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن هم وجود دارند که باعث ایجاد مسمومیت در بدن انسان می‌شوند.

درباره آلودگی‌های زیست‌محیطی و اثر آن بر سلامت مطالعه‌های متعدد انجام شده‌است. حسین پور و همکاران در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های سری زمانی با مدنظر قرار دادن پنج متغیر آلاینده هوا (دی‌اکسید نیتروژن، مونواکسید نیتروژن، ازن، دی‌اکسید سولفور و ذرات معلق کوچک‌تر از  $m_{10}$  در قطر آئرودینامیکی (PM10)، به‌عنوان متغیرهای مستقل و پذیرش روزانه ۲۵ بیمارستان دانشگاهی تهران به‌دلیل آنژین، به‌عنوان متغیر وابسته و در نظر گرفتن متوسط دما و رطوبت روزانه، فصل، روند زمانی و روز هفته، به‌عنوان اختلال‌های بالقوه و با استفاده از

الگوهای رگرسیونی پواسون ارتباط میان آلاینده‌ها و پذیرش بیمارستان ناشی از بیماری آنژین را بررسی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که پذیرش روزانه ناشی از آنژین رابطه‌ای مثبت و معنی‌دار با سطح مونواکسید کربن بعد از کنترل اثرات اختلال دارد. در پایان، آن‌ها استنباط کردند که با افزایش سطح آلاینده مونواکسید کربن، تعداد پذیرش ناشی از آنژین قلبی افزایش می‌یابد و چون بیماری ایسکمی قلبی، یکی از مهم‌ترین دلایل مرگ در ایران است، کنترل آلودگی هوا تعداد این بیماری قابل پیشگیری و مرگ ناشی از آن را کاهش خواهد داد (۳). اوانان و همکاران در مطالعه‌ای به تحلیل منافع سلامتی و هزینه‌های اجتماعی- اقتصادی گزینه‌های کاهش دی‌اکسید کربن مرتبط با مصرف زغال سنگ، در شانکسی چین و نیز، برآورد کاهش انتشار  $SO_2$  و ذرات معلق مرتبط با آن پرداختند. منافع هر گزینه با بررسی چگونگی تأثیر آن بر کیفیت هوا و در نتیجه، کاهش خسارت‌های سلامت تعیین شد. ارزش‌گذاری اقتصادی کاهش آثار سلامت، با تعیین قیمت‌های واحد آثار سلامت که بخشی از آن مبتنی بر هزینه‌های خسارت و بخشی بر اساس رهیافت تمایل به پرداخت است، صورت گرفت. نتایج نشان داد که این اقدام، منافع مشترک بسیاری دارد و از جنبه اقتصادی- اجتماعی بسیار سودآور خواهد بود (۴). کوپ و تول در مطالعه‌ای به برآورد آثار آلودگی هوا بر سلامت و میزان مرگ و میر ناشی از هوای آلوده پرداختند. آن‌ها در این مطالعه، به اهمیت استفاده از داده‌های سری زمانی در تورنتو کانادا در دوره زمانی ۱۹۹۷-۱۹۹۲ حتمی نبودن الگو برای برآورد دقیق آثار آلودگی هوا بر سلامت، اشاره کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که زمانی که حتمی نبودن الگو وارد تحلیل می‌شود، انحراف معیار آثار آلودگی هوا- مرگ‌ومیر بسیار زیاد می‌شود. افزون بر این، بر اساس برآوردهای نقطه‌ای این پژوهش، اثر آلاینده‌های مختلف هوا بر مرگ‌ومیر، مثبت و در عین حال کوچک است. اما زمانی که عدم حتمیت برای تحلیل محاسبه می‌شود، مقادیر مرتبط با برآوردهای نقطه‌ای بسیار بزرگ می‌شود. بنابراین، این فرضیه که آلودگی هوا اثری بر مرگ‌ومیر ندارد، نامحتمل نخواهد بود. اما، لزوماً یافته‌های این پژوهش با اثر آلودگی هوا بر سلامت مغایرت ندارند (۵). برقی و اسکویی در مطالعه خود به بررسی آثار آزادسازی تجاری بر انتشار گازهای گلخانه‌ای (دی‌اکسید کربن) در منحنی زیست محیطی کوزنتس، طی سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۲ برای کشورهای با درآمد سرانه بالا، متوسط بالا، متوسط پایین و پایین پرداخته‌است. نتایج مطالعه

آلاینده‌های انسان‌ساز شامل دی‌اکسید کربن (CO<sub>2</sub>)، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن‌زا که بیشتر حاصل سوخت ناقص و بی‌کیفیت حامل‌های انرژی یا سوزاندن زباله‌ها و نیزارها و نیشکرند. به‌رغم این که کربن دی‌اکسید، دی‌اکسید کربن یا گاز کربنیک CO<sub>2</sub> حاضر در اتمسفر در نقش یک سپر حرارتی برای زمین کار می‌کند و با اثر گلخانه‌ای طبیعی خود، از سرما در زمین جلوگیری می‌کند، تراکم‌های بالای دی‌اکسید کربن در جو زمین، که با سوختن سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، به‌عنوان آلاینده جوی شناخته می‌شود. به‌طور کلی، محصولات ناشی از احتراق سوخت‌های هیدروکربنی، شامل ترکیبات NO, PM, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, N<sub>2</sub> و ... هستند که در میان آن‌ها، ترکیبات NO, CO, CO<sub>2</sub>, PM, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>، به‌عنوان آلاینده محیط زیست شناخته می‌شوند. این آلاینده‌ها عامل اصلی آلودگی شهرهای صنعتی و بزرگند. به‌رغم این که تأکید بر کاهش مصرف گاز دی‌اکسید کربن برای کنترل گرمایش زمین و کمک به محیط زیست است، حیات بر کره زمین بدون وجود CO<sub>2</sub> نیز غیر ممکن است. اما در واقع، مواد سمی صنایع مخلوط شده با CO<sub>2</sub> مسئول آلودگی است و این اختلاط در نهایت بر سلامت انسان مؤثر خواهد بود. این گاز نشان‌دهنده آلودگی زیست‌محیطی است که می‌تواند به گرمایش زمین و پی‌آمدهای آن منجر شود که به‌عنوان یک آلاینده هوا بر سلامت انسان‌ها مؤثر است.

متغیر تعداد دانش‌آموز: تعداد دانش‌آموزان نماینده‌ای برای متغیر آموزش در نظر گرفته می‌شود. با این که تعداد دانش‌آموزان خود تابعی از جمعیت کل کشور است، ولی تعداد دانش‌آموز می‌تواند نشان‌دهنده سطح سواد باشد. متغیری که برای آموزش داده‌های آن ثبت شده و در دسترس باشد، معمولاً تعداد دانش‌آموزان است. طبق مطالعه‌های پیشین، برای متغیر آموزش می‌توان تعداد دانشجو را نیز در نظر گرفت، اما به‌طور عمده آموزش‌های زیست‌محیطی در محیط‌های آموزشی و در مقاطع پایین‌تر داده می‌شود و آموزش‌های سازمان‌یافته در مورد کاهش آلودگی هوا در مدارس عاملی تأثیرگذار بر کاهش آلودگی هوا خواهد بود. از سویی، مهم‌ترین قربانیان آلودگی هوا کودکان و دانش‌آموزانند که این امر نیز لزوم آموزش برای این گروه‌ها را مطرح می‌کند.

جمعیت شهری، تعداد خودروهای موجود، جواز کارخانه‌ها صنعتی و مقدار دی‌اکسید کربن، همگی متغیرهایی مرتبط با آلودگی هوا هستند. در واقع، این مدل شامل چهار دسته متغیرهای مؤثر بر سلامت است: مجموعه متغیرهای آلودگی هوا، متغیر باز

نشان داد افزایش آلودگی تجاری و درآمد سرانه در کشورهایی با درآمد سرانه بالا و متوسط بالا، به کاهش انتشار گاز دی‌اکسید کربن و در کشورهای با درآمد سرانه متوسط پایین و پایین به افزایش انتشار گاز دی‌اکسید کربن منجر می‌شود (۶). بابا خانی در مطالعه خود با استفاده از داده‌های سری زمانی سالانه، طی سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۸۰ به بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی در کشورهای خاورمیانه پرداخته‌اند. در این مطالعه، از دو مدل لگاریتمی و ساده برای بررسی منحنی کوزنتس زیست‌محیطی استفاده شده‌است و انتشار گاز دی‌اکسید کربن، به‌عنوان متغیر جانشین آلودگی محیط زیست به کار رفته‌است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که مدل ساده، تأیید فرضیه منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای نمونه تحت بررسی را در پی دارد (۷).

## روش کار

### معرفی و تصریح الگو

در این بخش الگویی مناسب برای تعیین عوامل مؤثر بر سلامت ارائه می‌شود که بر اساس برآورد این الگو، میزان اثربخشی هر یک از این عوامل تعیین مدل تحقیق عبارت است از:

$$(1) \text{Life expect} = F(\text{Urban, Growth, Open, Stud, Factory, Co}_2)$$

Urban: جمعیت شهرنشین، Car: تعداد خودروهای موجود، Growth: رشد اقتصادی (رشد GDP، Open: باز بدون اقتصادی (صادرات + واردات تقسیم بر GDP، Factory: جواز تأسیس صادرشده برای واحدهای جدید صنعتی و توسعه واحدها، Stud: تعداد دانش‌آموزان، که به‌عنوان متغیر آموزش شناخته می‌شود، CO<sub>2</sub>: آلودگی هوا (میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن) که همه این متغیرها به‌عنوان متغیرهای مستقل یا اثرگذار بر سلامتند که به‌صورت لایه ورودی در مدل‌سازی شبکه عصبی مطرح می‌شود، Life expect: متغیر سلامت که متغیر پاسخ یا وابسته است که به‌صورت لایه خروجی در مدل‌سازی است. تابع این مدل یک تابع غیر خطی است و توابع غیر خطی در این روش تانزانت هیپربولیک برای لایه میانی انتخاب شده‌است. داده‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۷ است که از داده‌های مرکز آمار ایران و بانک مرکزی گرفته شده‌اند. در معادله (۱) رابطه‌ای بین سلامت (شاخص امید زندگی) و متغیرهای توضیحی بیان شده‌است که امید زندگی به‌عنوان شاخصی از سلامت انگاشته می‌شود.

گاز CO<sub>2</sub>: آلاینده‌های محیط زیست را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: ۱- با منشأ انسانی (انسان‌ساز) ۲- با منشأ طبیعی.

در شبکه عصبی داده‌ها با نسبتی مشخص به نمونه یادگیری و نمونه آزمون تقسیم می‌شوند که برازش مدل را آزمون می‌کند. در این مطالعه با نسبت ۳ و ۷، حدود ۷۳/۴٪ داده‌ها به نمونه یادگیری و ۲۶/۶٪ داده‌ها به نمونه آزمون، اختصاص یافته‌است. به بیان دیگر، از ۳۸ داده، ۲۸ داده به نمونه یادگیری و ۱۰ داده به نمونه آزمون تعلق گرفته‌است.

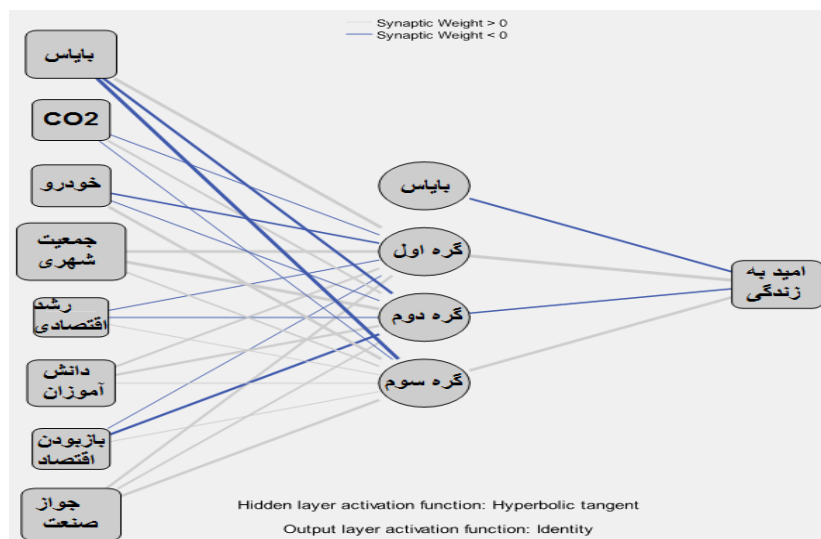
جدول شماره ۱- تفکیک داده‌ها به دو نمونه یادگیری، آزمون

درصد هر نمونه	تعداد هر نمونه	
۷۳/۴٪	۲۸	نمونه یادگیری
۲۶/۶٪	۱۰	نمونه آزمون

در نمودار زیر خطوط پررنگ نشانه وزن‌هایی هستند که توسط تابع فعال‌سازی، فعال شده‌اند و وزن سیناپسی مثبتی داشته‌اند و خطوط کمرنگ نیز نشانه‌های وزن‌های منفی‌اند که توسط تابع فعال‌سازی، فعال نشده‌اند. منظور از وزن‌های فعال شده، متغیرهایی است که در یادگیری مؤثر واقع شده‌اند و در فرآیند آموزش، به شکل فعال، فعال مشارکت داشته‌اند.

بودن اقتصادی و متغیر رشد اقتصادی و آموزش (در بسیاری از کشورهای جهان اقداماتی برای کاهش آثار آلودگی هوا بر محیط زیست انجام شده است. قانون‌گذاران قوانینی را برای کنترل کاهش آلاینده‌ها تصویب می‌کنند و آموزگاران در مدارس آثار آلودگی هوا را برای نسل جوان تشریح می‌کنند). حال سری متغیرهای آلودگی هوا خود شامل متغیرهای جمعیت شهری، تعداد خودروهای موجود، جواز کارخانه‌های صنعتی و مقدار دی‌اکسید کربن است. با توجه به اطلاعات در دسترس، مدل‌های شبکه عصبی، انواع ساختارهای متفاوت و با تعداد لایه‌های میانی مختلف و تعداد متفاوت گره‌های هر لایه برای داده‌های مربوط به سلامت، اجرا شد و مدلی که کمترین خطا را داشت، به‌عنوان مدل شبکه عصبی برازش‌شده به داده‌ها تعیین گردید. با توجه به این که هدف این بررسی و مدل‌سازی عوامل مؤثر بر سلامت با استفاده از تکنیک شبکه عصبی است، ابتدا باید متغیرهای ورودی و خروجی به‌طور کامل معرفی گردد. سپس، روابط تابعی مختلفی میان متغیرها به فرم غیر خطی و با استفاده از روش شبکه عصبی برآورد می‌شود.

### برآورد الگوی آلودگی هوا



نمودار شماره ۱- وزن‌های سیناپسی و لایه‌های شبکه عصبی

دانش‌آموزان، به‌عنوان آموزش، اثری مثبت بر سلامت دارد. تعیین درجه اهمیت: در این مطالعه دیگر متغیرها نیز اهمیت دارند که سه مورد از مهم‌ترین‌ها در بالا گفته شد. از همین جا مشخص است که ۲ متغیر مهم‌تر، شهرنشینی و صنعت، هر دو عوامل ایجادکننده آلودگی هوایند و از این رو، باید بر نقش آلودگی هوا در به خطر انداختن سلامت افراد را تأکید کنیم.

### یافته‌ها

نتیجه مدل: برای آموزش شبکه عصبی، از یک شبکه پیشرو<sup>۵</sup> استفاده شده‌است که دارای یک لایه ورودی با هفت متغیر و ۸ واحد است. تعداد واحدهای متغیر ورودی شامل تعداد سطوح فاکتورها، به‌علاوه تعداد کووریت‌ها، به‌علاوه بایاس<sup>۶</sup> است. این شبکه همچنین، دارای یک لایه پنهان با ۳ واحد است و لایه خروجی ما نیز سلامت است. شکل شماره ۱ بیان‌گر لایه‌های شبکه عصبی این مطالعه و وزن‌های سیناپسی<sup>۷</sup> ارائه شده است. در این مطالعه، MPL دارای یک لایه پنهان و سه واحد در لایه پنهان است و تابع فعال‌سازی لایه پنهان، تانژانت هیپربولیک و تابع فعال‌سازی لایه خروجی، تابع شناسایی<sup>۸</sup> است. در این مطالعه از شبکه عصبی با تعداد یک لایه پنهان با سه گره استفاده می‌شود که در نمودار وزن‌های سیناپسی مؤثر تصویر شده‌است. واحدهای پنهان شبیه واحدهای خروجی رفتار می‌کنند. برای نمونه، آن‌ها مجموع موزونی از متغیرهای ورودی را محاسبه و سپس، با استفاده از یک تابع فعال‌سازی که در بیشتر مواقع یک تابع لجستیک است، نتیجه را پردازش می‌کنند (۸).

بنابراین در اینجا از مدل شبکه پیش‌خور<sup>۱</sup> با تعداد ۱ لایه با سه عنصر و تابع غیر خطی تانژانت هیپربولیک استفاده گردید. تعداد تکرار آموزش با نرم‌افزار، به‌صورت خودکار تاجایی انتخاب می‌شود که خطا پس از کم‌شدن، شروع به افزایش می‌کند. شبکه به‌صورت اتفاقی<sup>۲</sup> و غیر قابل بازگشت به شبکه<sup>۳</sup> تدوین شده‌است، زیرا الگوریتم غیر قابل بازگشت به شبکه<sup>۴</sup> معمولاً در مواردی انتخاب می‌شود که تعداد داده‌ها کم است. نتایج به‌دست‌آمده از مدل شبکه عصبی در جدول شماره ۲ خلاصه شده‌است.

جدول شماره ۲- خلاصه مدل شبکه عصبی برای آلودگی هوا

نمونه	مجموع مربعات خطا	۰/۲۲۶
یادگیری	خطای نسبی	۰/۰۱۷
نمونه آزمون	مجموع مربعات خطا	۰/۰۲۷
	خطای نسبی	۰/۰۰۴

جدول شماره ۳ ضرایب هر یک از متغیرهای سهمیم در مدل‌سازی این شبکه عصبی و همچنین، ضریب متغیرها توضیحی لایه ورودی و متغیر خروجی و لایه میانی را به تصویر می‌کشد. این ضرایب بر اساس شبکه عصبی انتخاب شده، تعیین می‌شوند. جدول شماره ۳، وزن‌های اختصاص داده شده به هر یک از گره‌های لایه‌های ورودی و لایه پنهان طی مراحل یادگیری را نشان می‌دهد. این وزن‌ها مقادیری است که به‌صورت برآوردشده توسط مدل انجام می‌شود و مقادیری است که شبکه قادر به اجرا و برآورد آن‌ها بوده‌است. این در حالی است که روش‌های رگرسیون معمول، خطایی حدود ۰/۵ را خواهند داشت. این بیانگر آن است که شبکه عصبی، به‌عنوان تکنیکی برای الگوسازی غیر خطی نسبت به روش‌های خطی آشکارا کارآمدتر است.

ارقام موجود در جدول نشان می‌دهد متغیرهای CO<sub>2</sub>، تعداد خودروها، باز بودن اقتصادی و تعداد جواز صنعتی و حتی رشد اقتصادی (همگی عوامل افزایش‌دهنده آلودگی هوا) بر متغیر سلامت اثر منفی دارند و رابطه عکس نشان‌دهنده این است که افزایش هر یک از متغیرهای نام‌برده، باعث کاهش امید به زندگی می‌شود. از سویی، متغیرهای جمعیت شهرنشین و تعداد

<sup>۵</sup> شبکه‌ای که در فرآیند یادگیری بازگشت به عقب ندارد و برای تصحیح خطا به‌طور دائم عملکرد خود را بازنگری نمی‌کند feed-forward.

<sup>۶</sup> بایاس در شبکه عصبی همان عرض از مبدأ و کووریت همان متغیرهای طبقه‌بندی شده و کددار (مثل متغیرهای دامی) است.

<sup>۷</sup> وزن‌های سیناپسی همان ارزش مشارکت متغیرها در فرآیند یادگیری شبکه‌اند که وزن‌های فعال‌شده متغیرهای مؤثر در فرآیند برآورد و تشکیل شبکه عصبی را بررسی می‌کنند.

<sup>۸</sup> identity

<sup>۱</sup> Feed-forward

<sup>۲</sup> randomize

<sup>۳</sup> batch

<sup>۴</sup> batch

جدول شماره ۳ - ضریب برآوردی متغیرها، به وسیله الگوی شبکه عصبی

لایه ورودی (پیش‌بینی‌کننده‌ها)		مقادیر پیش‌بینی شده			
		لایه خروجی		لایه میانی	
		گره سوم	گره دوم	گره اول	امید به زندگی
لایه ورودی	(بایاس)	۰/۶۳۹	-۰/۳۴۲	-۰/۶۴۴	
	CO2	-۰/۰۵۴	۰/۲۹۷	-۰/۱۱۴	
	تعداد خودرو	-۰/۲۲۱	-۰/۲۰۲	۰/۴۵۸	
	جمعیت شهرنشین	۰/۷۲۴	۰/۹۴۴	۰/۲۵۱	
	رشد اقتصادی	-۰/۰۲۶	-۰/۱۷۰	۰/۰۵۵	
	تعداد دانش‌آموزان	۰/۳۴۱	۰/۴۵۲	۰/۰۵۰	
	باز بودن اقتصادی	-۰/۰۶۶	-۰/۳۵۲	۰/۱۶۰	
	تعداد جواز صنعت	-۰/۳۴۲	۰/۲۵۸	-۰/۴۵۲	
لایه پنهان (میانی)	(بایاس)				-۰/۲۶۱
	گره اول				۱/۴۱
	گره دوم				-۰/۲۰۶
	گره سوم				۰/۴۷۷

جدول شماره ۴ - اهمیت متغیرهای توصیفی

	درصد اهمیت	میزان اهمیت نرمال شده
آلودگی هوا	۰/۵۳	۱۳/۹٪
تعداد خودرو	۰/۰۶۶	۱۷/۴٪
جمعیت شهرنشین	۰/۳۷۷	۱۰۰٪
رشد اقتصادی	۰/۰۱۹	۵٪
تعداد دانش‌آموزان	۰/۱۵۹	۴۲٪
باز بودن اقتصادی	۰/۰۵۱	۱۳/۵٪
تعداد جواز صنعتی	۰/۲۷۶	۷۳/۳٪

#### اهمیت متغیرها در مدل‌سازی

از نتایج تخمین پیداست که جمعیت شهرنشین بیشترین اهمیت و تأثیر را بر سلامت دارد، یعنی شهرنشینی مهم‌ترین عامل اثرگذار بر شاخص امید به زندگی شده‌است. به رغم این که افزایش جمعیت شهرنشین باعث آلودگی هوا می‌شود و این خود اثری منفی بر سلامت دارد، اما افزایش شهرنشینی خود باعث گسترش بهداشت و کاهش مرگ‌ومیر شده و این اثر مثبت گسترش

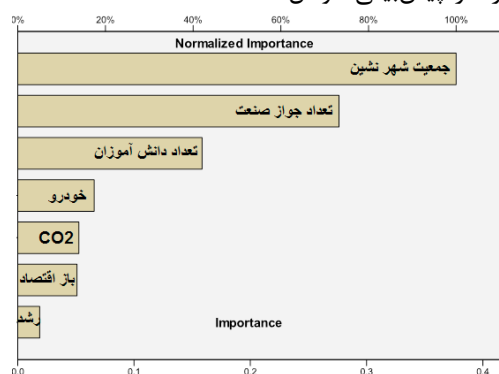
شهرنشینی بر بهداشت و سلامت، بیشتر از اثر منفی آن، یعنی افزایش آلودگی هوا بوده است. البته باید توجه شود که ممکن است تعداد جمعیت خودش متأثر از امید زندگی باشد. میزان آلاینده‌های موجود در هوای بسیاری از شهرهای بزرگ، فراتر از حد مجاز است و یکی از عوامل مهم تأثیرگذار بر سلامت، آلودگی ایجادشده در شهرهای بزرگ است. از سویی، بهبود امکانات فیزیکی و اجتماعی در شهرها باعث افزایش رفاه شهروندان، بالا رفتن میزان آگاهی و سلامت، کاهش مرگ‌ومیر و بهبود شاخص‌های توسعه انسانی و از سوی دیگر، بهتر شدن عملکرد نیروی انسانی از طریق شاخص‌های سلامت می‌شود. پس بهتر است بگوییم شهرنشینی هم آثار مفید و هم آثار زیان‌بار بر سلامت دارد. در مرحله بعد صنعتی شدن به‌عنوان یک متغیر تأثیر آلودگی هوا بر سلامت، اهمیت دارد. با آغاز انقلاب صنعتی در سال ۱۸۳۰ و رشد روزافزون دانش بشری، تغییرات گوناگونی نیز در زندگی انسان رخ داده است. نیاز بشر به انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی، مانند زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید موادی مانند دی‌اکسید کربن و آثار زیان‌بار آن بر سلامت شده‌است. از آنجا که بخش صنعت، به‌عنوان جزوی از کل اقتصاد

مؤثر بر سلامت را نشان می‌دهد که از روش شبکه عصبی برآورد شده‌است. از نتایج شبکه عصبی مشخص است که تمام متغیرهای دسته آلودگی هوا، به‌جز جمعیت شهرنشینی بر سلامت اثر منفی دارند، این یعنی CO<sub>2</sub>، تعداد خودروها و تعداد جوازهای صنعتی اثرگذاری منفی بر سلامت دارند و این وضعیت امید به زندگی را کاهش می‌دهد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از هر صد کودک، نزدیک به ۱۸ کودک دچار لاغری و نزدیک به ۳۵ کودک دچار کم‌وزنی‌اند و همچنین، ۳۷ کودک زیر پنج سال دچار کوتاهی قدند. همان‌گونه که مشخص است، بیشترین میزان سوء تغذیه مربوط به کوتاه‌قدی است و پس از آن، کم‌وزنی و لاغری قرار دارند. جدول ۴ بیان‌گر مقایسه شیوع انواع سوء تغذیه بر اساس مطالعه‌های ANIS 1 و ANIS 2 و مطالعه حاضر است (۷).

ایران در انتشار دی‌اکسید کربن، به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی هوا، بر سلامت به‌شکلی معنی‌دار سهم دارد، پیشنهاد می‌شود که سیاست‌های زیست‌محیطی به منظور کنترل آلودگی‌ها در بخش صنعتی کشور با تأکید بیشتر دنبال شود. دو متغیر شهرنشینی و صنعتی‌شدن، متغیرهای پر اهمیت‌تر هستند و سپس در درجه بعدی تعداد دانش‌آموزان بعنوان نقش آموزش در، دارای اهمیت می‌باشد. با افزایش امید به زندگی و افزایش زیرساخت‌های فیزیکی و بهبود وضعیت بهداشتی و آموزشی افراد جامعه می‌توان رشد اقتصادی را شتاب بخشید. البته تعداد دانش‌آموز متأثر از تعداد جمعیت است، ولی می‌تواند طبق مطالعه‌های پیشین، معیاری برای آموزش باشد. در آلودگی هوا، کودکان بیشتر از افراد دیگر آسیب می‌بینند. پس باید امکانات لازم را برای حفظ سلامتی آن‌ها فراهم کنیم و آموزش این نسل در مبارزه با آلودگی‌های زیست‌محیطی بسیار مؤثر است.

نمودار شماره ۲ میزان اهمیت متغیرها را در پیش‌بینی عوامل



نمودار شماره ۲- میزان اهمیت متغیرها در پیش‌بینی آلودگی هوا، به روش شبکه عصبی

## بحث

میترا بلوکی در پایان‌نامه خود، با عنوان مطالعه و بررسی آلودگی هوای شهر اصفهان و عوامل اقلیمی مؤثر بر آن، مهم‌ترین آلاینده‌های هوا و تأثیر آن بر موجودات زنده و غیر زنده بیان کرده و تلاش کرده‌است که انواع آلاینده‌ها از قبیل آلاینده‌های گوگردی، ترکیبات کربنی، ترکیبات نیتروژن‌دار و نیز تأثیر آن‌ها بر انسان، جانوران، گیاهان و مسائل اقتصادی را بررسی کند. در این مطالعه منابع عمده تولید آلاینده‌های هوا در شهر اصفهان بررسی شده‌اند که در آن، سه منبع مهم آلودگی یعنی صنایع، وسایل نقلیه و منابع خانگی و تجاری ارزیابی گردیده‌اند. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه ما که مهم‌ترین عامل آلودگی را شهرنشینی نشان می‌دهد، همخوانی دارد.

فعالیت‌های تولیدی و اقتصادی بشر در سال‌های اخیر، عاملی مهم در افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو زمین بوده‌است و همچنین، هرچه سطح انتظارات شهروندان برای داشتن زندگی بلندمدت و باکیفیت‌تر بیشتر باشد و شرایط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی جامعه برای پاسخ به آن مناسب‌تر باشد، شاخص امید به زندگی رشد بیشتری را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، طی دهه‌های اخیر، بررسی ارتباط میان رشد اقتصادی جوامع و میزان تخریب محیط زیست و نیز، رابطه مصرف انرژی با محیط زیست در کانون توجه پژوهشگران قرار گرفته‌است.



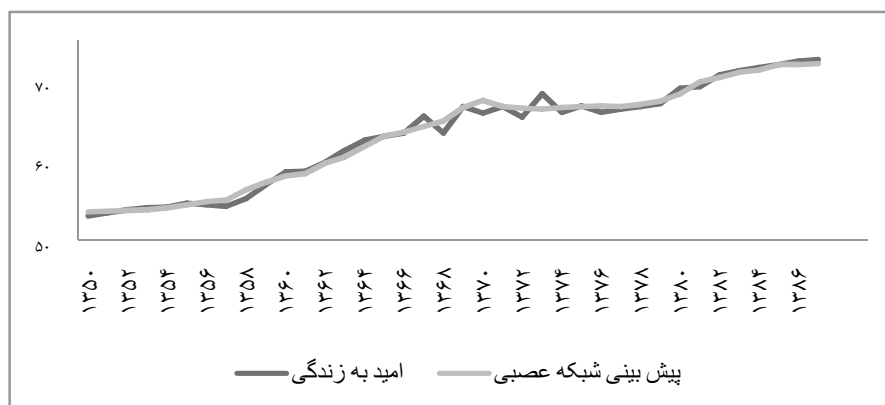
بیان‌گر آن است که رشد اقتصادی اثری مثبت و معنادار بر آلودگی هوا در کشورهای مورد نظر دارد. مطالعه حاضر از لحاظ انتخاب متغیرهای اقتصادی، مطالعه شباهت‌های بسیاری با این دارد و نتایج اقتصادی این دو پژوهش بسیار همخوانی دارند.

همان‌گونه که در نمودار شماره ۳ دیده می‌شود، پیش‌بینی شبکه عصبی برای آلودگی هوا به مقادیر واقعی بسیار نزدیک بوده‌است. این پیش‌بینی از نوع پیش‌بینی داخل نمونه‌ای است. بنابراین، شبکه عصبی می‌تواند به‌خوبی روند تغییرات سلامت (شاخص امید به زندگی) در ایران را پیش‌بینی کند. در نهایت شبکه عصبی، به‌عنوان یک روش غیر خطی در مدل‌سازی عوامل مؤثر بر سلامت، به‌خوبی عمل کرده است. در کشور ما شاخص امید به زندگی حدود هفتاد و دو سال است که با ۱۸ پله صعود در بین کشورهای جهان در رتبه ۷۰ قرار دارد. تفاوت جوامع در این موضوع از تفاوت در سطح بهداشت عمومی آن‌ها می‌آید. علت عمده رشد میانگین عمر در ایران در دو دهه اخیر، نسبت به قبل، پیشرفت‌های پزشکی و بهداشتی بوده‌است و آمارها نشان می‌دهد که در کشور ما وضعیت پزشکی و بهداشتی، البته با نسبت‌های متفاوت در مناطق برخوردار، نیمه برخوردار و نا برخوردار، رو به بهبود است. هر چه سطح انتظارات شهروندان برای داشتن زندگی بلندمدت و باکیفیت‌تر بیشتر باشد و شرایط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی جامعه برای پاسخ به آن مناسب‌تر باشد، این شاخص رشد بیشتری نشان می‌دهد.

از نظر دانا و همکاران مطالعه دقیق وضعیت موجود ترافیک شهری و برآورد میزان پیمایش‌های روزانه انجام‌شده، برای پیش‌گیری از آلودگی هوا ضروری است در این مقاله کوشیده شده است که بررسی‌ای کامل از میزان انتشار انواع آلاینده‌های هوا بر اساس پیمایش‌های شغلی برآوردشده صورت گیرد و پیشنهادهای لازم برای کاهش بار آلودگی هوا در بیست و چهار ساعت ارائه شود. در این تحقیق، همچنین سعی شده‌است با استفاده از مدل دینامیک و با استفاده از روش رگرسیون چندگانه میزان همبستگی بین پارامترهای مؤثر بر ایجاد بار آلودگی هوا و به تفکیک، برای هر نوع آلاینده مشخص شود و تفاوت آن با مطالعه حاضر در این است که به جای انواع آلاینده‌ها، عوامل مؤثر تفکیک و بررسی شده‌اند (۹).

همچنین بر اساس یافته‌های پژوهش قربانی و فیروز زارع متغیرهای میزان تحصیلات، درآمد خانوار، داشتن خودرو، سن، نوع منطقه محل سکونت و داشتن فرزند متغیرهایی‌اند که از نظر آماری بر میزان ارزش‌گذاری آلودگی هوای مشهد تاثیرگذارند و تفاوت کار ایشان با مطالعه حاضر این است که متغیرهای مربوط به سلامت در این مطالعه وارد شده است (۱۰).

در مطالعه فطرس و برزگر، مدل ارائه‌شده برای انتشار آلودگی هوا، تابعی از رشد اقتصادی، نابرابری درآمد، جمعیت و مصرف انرژی است. بدین منظور اثر رشد اقتصادی، شاخص نابرابری درآمد (ضریب جینی)، جمعیت و مصرف انرژی بر میزان آلودگی هوا، با استفاده از روش داده‌های تلفیقی (پانل) در تعدادی از کشورهای درحال توسعه (شامل ایران) بررسی می‌شود. نتایج



نمودار شماره ۳- عملکرد پیش‌بینی شبکه و مقایسه مقادیر پیش‌بینی و مقادیر واقعی امید به زندگی

منتشر می‌شود، این هدف را تکمیل می‌کند. بسیاری از کشورها برای میزان انتشار آلاینده‌های خودروها و صنایع محدودیت‌هایی را اعمال کرده‌اند. این کار از طریق سازمان‌های هماهنگ کننده که وظیفه نظارت بر محیط زیست و هوا را به عهده دارند، انجام می‌شود. در برخی کشورها، افزون بر سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان‌های محلی نیز در کنترل و نظارت بر محیط زیست نقش دارند. در این میان آنچه نباید فراموش شود، این است که پیشگیری مهم‌ترین اقدام برای کنترل آلودگی هوا است و به همین سبب، سازمان‌های نظارتی نقشی مهم در کاهش آلودگی هوا در محیط زیست دارند. وجود آلاینده‌ها بر شیوع و بروز بسیاری از بیماری‌ها بسیار مؤثر است. برخلاف دیگر بحران‌ها، آلودگی هوا مشکلی کنترل‌شدنی است، بنابراین، با توجه به میزان خساراتی که به طبیعت و جامعه وارد می‌کند و خطری که برای سلامت شهروندان دارد، باید مقررات و تدابیری برای حل این مشکل تنظیم کرد و در پیش گرفت.

نتایج به‌دست‌آمده از مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داده است که متغیرهای میزان انتشار دی اکسید کربن، تعداد خودروها، باز بودن اقتصادی و تعداد جواز صنعتی و حتی رشد اقتصادی (همگی عوامل افزایش دهنده آلودگی هوا) بر متغیر سلامت اثر منفی دارند و رابطه عکس نشان‌دهنده این است که افزایش هریک از متغیرهای نامبرده باعث کاهش امید زندگی می‌شود. از سویی، متغیرهای جمعیت شهرنشین و تعداد دانش‌آموزان، به‌عنوان آموزش، اثری مثبتی بر سلامت دارد. متغیر آموزش و جمعیت شهرنشین با افزایش بهداشت و اثر مثبت آن بر افزایش امید به زندگی منطقی به نظر می‌رسد، زیرا باعث افزایش بهداشت و کاهش مرگ‌ومیر شده‌است. برای کاهش آلودگی هوا باید سامانه پیش‌بینی آلودگی هوای در شهرها راه‌اندازی گردد. البته در مراحل بعد از ارزیابی باید حد مجاز آلاینده‌های هوا مشخص شود تا به کمک آن برای کاهش آلودگی هوا گام برداشت. تنظیم مقررات برای موادی که در اثر فعالیت‌های انسانی در فضا

#### منابع

1. Bolooki M. the study of air pollution and climatic factors affecting it. Master's thesis, University of Isfahan, .2000. Department of Geography.
2. Ghorbani M, Foroozzare A. Valuation of air pollution in Mashhad (using contingent valuation approach. Journal of Economic and Regional Development. 2011. Number 2, Winter 2011.
3. Hosseinpoor AR, Forouzanfar MH, Yunesian M, Asghari F, Holakouie Naieni K, and Farhood D. Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: A time-series study. Environmental Research. 2005. 99: 126-31.
4. Anun K, Fang J, Vennemo H, Oye K, and Seip HM. Co-benefits of climate policy: Lessons learned from a study in Shanxi, China. Energy Policy. 2000. 32: 567-81.
5. Koop, G., and Tole, L, Measuring the health effects of air pollution: To what extent can we really say that people are dying from bad air? Journal of Environmental Economics and Management, .2004. 47: 30-54.
6. Barghi Oskoe, MM. the effects of trade liberalization on emissions of carbon dioxide) in the environmental Kuznets curve, economic research. spring 2009, 137: 211.
7. Babakhani, M. Examine the relationship between economic growth, income inequality and health in Iran. Iranian journal Epidemiology, .2004. Volume 5, Issue 1, 16-9.
8. Ghadimi M; Moshiri S. modeling and forecasting economic growth in iran ,using ANN. quarterly journal of economic research, 2002, no 12, 97-125
9. Dana Touraj, Dynamic modeling of air pollution from traffic generated by business trips a day in the city of Tehran ,Traffic Management Studies .2007, Third Year Summer 2007.
10. Ghorbani M, Foroozzare A. Valuation of air pollution in Mashhad (using contingent valuation approach. Journal of Economic and Regional Development. 2011. Number 2, Winter 2011.
11. Aliari et all . Short term forecast of air pollution using neural networks multilayer perceptron, memory lane Darnakhyr, gamma and ANFIS with hybrid training based on PSO. Journal control. 2007. 2: 1, 19-1.
12. Fetros and Barzegar. Factors Affecting Air Pollution. First Conference of air pollution and its effects on health 2005.
13. Gholizadeh M, Faraj Zadeh MM. air pollution on mortality in the population of Tehran. Hakim Research Journal. 2009. Summer 2009, Vol XII, Issue II.
14. Joneidi Jafari A, et al. Estimating the number of cardiopulmonary deaths attributable to air pollution by particles in Tehran. 2009. Medicine and purification, Fall Winter 2009, Issue 74-75, 47-37.
15. Nasrollahi Z, Ghafari Gvlk M . Air Pollution and its influencing factors. Journal of Economic Research. 2010. Year I, Number III, Fall 2010, 95-75.

**Original Article**

# Evaluation and Modeling the Effect of Air Pollution on Health: using Artificial Neural Network

Falahati A<sup>1</sup>, Soheili K<sup>1</sup>, Nazifi M<sup>2</sup>, Abbaspour S<sup>2</sup>

1- Associate Professor, Razi University, Kermanshah, Iran

2- MA in Economics, Razi University, Kermanshah, Iran

**Corresponding author:** Falahati A, alifalahatii@yahoo.com

**Background & Objectives:** Economic growth has been along with increasing energy demand in the world in addition environment pollutions which healthy life nowadays faces up with major challenges. Since there are several influential factors in this model, therefore this study designed to assess the effect of some independent socio-economic variables on the people health.

**Methods:** An artificial neural network (ANN) was developed to review health risk factors during the years 1971-2009. Using neural network methods in the study or the MPL method is .multi-layer perception.

**Results:** In ANN selected for this study, one hidden layer with three nodes is selected. Being more important the urban variable in modeling shows that the positive effect of urbanization on the health is more powerful than negative effects of air pollution.

**Conclusion:** Based on our model it is concluded that urbanization as a major risk factor to produce (accelerate) of air pollution, has the most negative effect on health and life expectancy.

**Keywords:** Health, Air pollution, Life expectancy, Carbon dioxide, The neural network