

تأثیر طبقه‌بندی صدا توسط شبکه‌های عصبی در بازشناختن شنوایی انسان

علاءالدین ملک*، مصطفی محمدی کوثر

دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این مقاله، به دو موضوع اساسی: الف) طبقه‌بندی صدا توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی براساس شبه‌سنج‌های بسامد و شدت صدا، ب) ارزیابی سلامت گوش انسان‌های مختلف در مقایسه با یک فرد سالم، پرداخته می‌شود. طبقه‌بندی صدا توسط یک شبکه عصبی پیش‌خور با دو ورودی به شکل بسامد و شدت صدا و دو لایه نهانی پیشنهاد شده است. این فرایند به مقوله‌بندی صداهای شنیداری و غیرشنیداری (خطرناک) برای فرد سالم می‌انجامد. در تشخیص گوش سالم، با داشتن شبه‌سنج‌های مربوطه، استفاده از روش یادگیری ماشین توسط شبکه‌های عصبی پیش‌خور و انتگرال‌گیری عددی سیمپسون و دوزنقه‌ای، آستانه‌های شنوایی و دردناکی گوش فرد بیمار در قیاس با گوش سالم ارزیابی می‌شود. نتایج عددی و نمودارهای منقوش بیانگر این واقعیت هستند که روش ارائه‌شده در این تحقیق قادر است تا با شبیه‌سازی ریاضی بدون نیاز به دانش اضافی پزشکی، سلامت گوش یک فرد را بازشناسی کند.

کلیدواژه‌ها: شبکه‌های عصبی مصنوعی، یادگیری ماشین، طبقه‌بندی صدا، آستانه‌ی دردناکی، انتگرال‌گیری عددی.

۱. مقدمه

یکی از مهم‌ترین حواس انسان، حس شنوایی است. گوش یکی از ابزار این حس شنوایی است که انسان‌ها با آن صدا را درک می‌کنند. از عوامل محدودکننده‌ی صدا برای درک حسی آن توسط گوش یک انسان سالم می‌توان به بسامد و بلندی صدا اشاره کرد. گوش یکی از حساس‌ترین اعضای بدن انسان است که در صورت بروز آسیب به آن، باعث بروز مشکلات بسیاری می‌شود که باید خیلی سریع درمان شود. همه صداهایی که در اطراف ما هستند، توسط گوش انسان قابل درک نیستند.

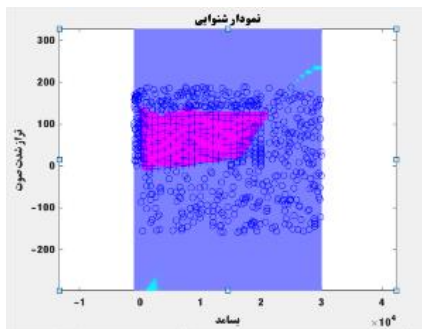
محدوده‌ی شنوایی انسان‌ها براساس بسامد معمولاً بین ۲۰ تا ۲۰,۰۰۰ هرتز است [۱]. خارج از این محدوده امواج صوتی دیگری وجود دارند که قابل شنیدن توسط گوش انسان نیستند. شبه‌سنج دیگری که برای درد در گوش مهم است تراز شدت صدا (بلندی صدا) است. لازم به تذکر است که در بسامدهای قابل قبول نیز حتی اگر تراز شدت صدا بسیار زیاد باشد، باعث درد و آسیب گوش می‌شود. با تراز شدت صدای خیلی کم، گوش انسان صدایی را درک نمی‌کند. امواج صوتی مختلفی که در بازه‌ی بسامد شنوایی

انسان قرار دارند، در یک بازه‌ی خاصی از تراز شدت صدا شنیده می‌شوند. با گذر زمان (برای سن‌های متفاوت انسان‌ها) این بسامد و شدت صوتی در مردان و زنان به صورت جداگانه تغییر می‌کند [۱]. آستانه‌ی تراز شدت صوتی برای بسامدهای مختلف متفاوت است. با توجه به موارد فوق ناحیه‌ی شنوایی انسان وسیع است. لذا تشخیص دقیق سلامت گوش یک انسان مراجعه‌کننده به سادگی امکان‌پذیر نیست. بازه‌ی شنوایی انسان از تابع خاصی پیروی نمی‌کند، در نتیجه به دست آوردن تابعی براساس سن، جنسیت، بسامد و تراز شدت صدا وقت‌گیر است.

در این مقاله با استفاده از شبکه‌های عصبی ابتدا امواج صوتی طبقه‌بندی می‌شوند، بدین صورت که امواج صوتی قابل دریافت برای گوش انسان به دو صورت قابل شنیدن و سالم و غیرقابل شنیدن و ناسالم طبقه‌بندی می‌شوند. سپس یک نمودار برای آستانه‌ی شنوایی و آستانه‌ی دردناکی به صورت جداگانه رسم می‌گردد. با استفاده از آستانه‌ی شنوایی و آستانه‌ی دردناکی مساحت سطح محصور بین این دو محدوده برای افراد سالم حاصل می‌شود و با افراد بیمار مقایسه می‌گردد. چنین کار باعث

* نویسنده پاسخگو: mala@modares.ac.ir

هستند و از آستانه‌ی دردناکی بسیار بیش‌تر هستند استفاده می‌شود. بعد از یادگیری شبکه عصبی مصنوعی، نتیجه‌ی به‌دست آمده در شکل ۱ نشان داده شده است که رنگ‌های گرم + نشان از امواج صوتی سالم و قابل شنیدن و رنگ‌های سرد • برای امواج صوتی ناسالم و غیرقابل شنیدن هستند.



شکل ۱ طبقه‌بندی امواج صوتی قابل شنوایی برای یک مرد ۲۰ ساله سالم + و امواج صوتی ناسالم و دردناک • توسط یک شبکه عصبی با دو ورودی و یک خروجی و دولایه‌ی میانی شامل یازده نورون.

در زیر طبقه‌بندی صدا توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی براساس شبه‌سنج‌های بسامد و شدت صوتی ارائه می‌شود. الف) به‌طور عملی در آزمایشگاه شنوایی‌سنجی زوج داده‌های شبه‌سنج‌های بسامد و تراز شدت صوتی برای یک مرد ۲۰ ساله سالم به تعداد ۳۲ زوج داده از آستانه‌ی شنوایی و دردناکی تهیه می‌گردد.

ب) ۱۸۶ زوج داده میان آستانه‌ی شنوایی و دردناکی که در الف) به‌دست آمده، بین داده‌های سالم قرار داده می‌شود.

ج) ۵۴۰ داده‌ی تصادفی در ناحیه‌ی ناشنوایی گوش انسان و بالاتر از آستانه‌ی دردناکی یک فرد ۲۰ ساله سالم در دسته‌ی ناسالم قرار می‌گیرد.

د) شبکه عصبی پیش‌خور با دولایه‌ی میانی شامل یازده نورون داخلی با ورودی زوج داده‌های بسامد و تراز شدت صوتی خروجی صفر یا یک را تشکیل می‌دهد (شکل ۲) [۳].



شکل ۲ شبکه عصبی با دو ورودی و یک خروجی و دولایه‌ی میانی شامل یازده نورون.

این تشخیص می‌شود که گوش یک فرد چند درصد توانایی گوش یک انسان سالم را داراست و چند درصد گوش سالم است. در این مطالعه با توجه به استفاده از یادگیری ماشین نتایج دقیق‌تری از توانایی گوش انسان به‌صورت درصدی ارائه می‌شود.

براساس آمار سازمان بهداشت جهانی ۳۶۰ میلیون نفر در سال ۲۰۱۵ ناشنوا و کم‌شنوا تشخیص داده شده‌اند که از این میان ۳۲ میلیون نفر از آن‌ها را کودکان تشکیل می‌دهند. از آنجایی که یکی از عوارض تجویز داروهای ضدبیماری سرطان، اختلالات شنوایی است و کودکان مبتلا به سرطان از این مشکل به دور نیستند، در صورتی که به‌صورت مداوم شنوایی‌سنجی دقیقی نشوند، ممکن است با تحت درمان قرار گرفتن دچار کم‌شنوایی یا ناشنوایی شوند [۲]. این تحقیق می‌تواند به کودکان تحت درمان سرطان کمک نماید تا از ناشنوایی یا کم‌شنوایی به‌دلیل استفاده از داروهای تجویز شده، در امان بمانند.

۲. مواد روش‌ها

۲-۱. طبقه‌بندی صدا توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی

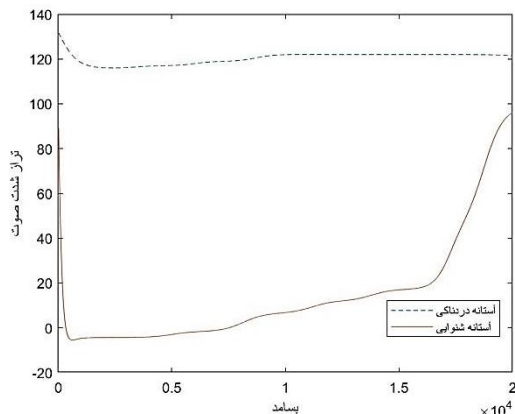
براساس شبه‌سنج‌های بسامد و شدت صوتی

ابتدا براساس شبه‌سنج‌های بسامد و شدت صوتی و با استفاده از روش یادگیری ماشین در شبکه‌های عصبی مصنوعی صداهایی را که یک انسان می‌شنود، به دو دسته‌ی (۱) قابل شنیدن و سالم (۲) غیرقابل شنیدن و خطرناک می‌توان طبقه‌بندی نمود. با استفاده از شبکه‌های عصبی پیش‌خور با ورودی دوتایی بسامد و تراز شدت صوتی و خروجی یک (امواج صوتی سالم و قابل شنیدن) یا صفر (امواج صوتی ناسالم و غیرقابل شنیدن) و دولایه‌ی میانی که شامل ۱۱ نورون است، تشکیل می‌شود. سپس برای دقیق‌تر شدن طبقه‌بندی، به داده‌های اولیه که از طریق آزمایش به‌دست آمده، تعدادی داده به‌عنوان داده‌های صوتی قابل شنیدن و سالم؛ و تعدادی داده‌ی خارج از این محدوده، به‌عنوان داده‌های غیرقابل شنیدن و ناسالم اضافه می‌شوند و جهت یادگیری به شبکه عصبی مصنوعی ارائه می‌گردند. هم‌چنین برای دقیق‌تر شدن طبقه‌بندی از داده‌هایی که خارج از محدوده‌ی شنوایی قرار دارند و داده‌هایی که از آستانه‌ی شنوایی بسیار کم‌تر

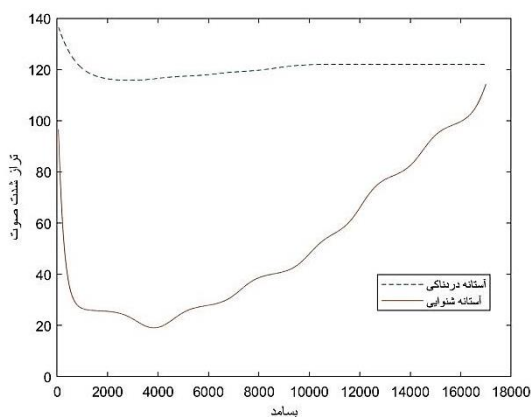
(د) مساحت ناحیه‌ی شنوایی مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده به مساحت ناحیه‌ی شنوایی مرد ۲۰ ساله سالم تقسیم گردید.

(ه) نسبت به‌دست آمده در قسمت (د) راندمان (بازده) یا بهره‌وری شنوایی فرد مراجعه‌کننده معرفی شد.

نمودار آستانه شنوایی و دردناکی برای گوش یک مرد ۲۰ ساله سالم در شکل ۴ و نمودار آستانه شنوایی و دردناکی برای گوش یک مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده شماره‌ی ۱ در شکل ۵، مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده شماره‌ی ۲ در شکل ۶، مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده شماره‌ی ۳ در شکل ۷، ارائه شده‌اند.



شکل ۴ نمودار آستانه‌ی دردناکی و آستانه شنوایی برای گوش یک مرد ۲۰ ساله سالم که توسط شبکه عصبی با یک ورودی و یک خروجی و یک لایه‌ی میانی شامل هشت نورون رسم شده است.



شکل ۵ نمودار آستانه‌ی دردناکی و آستانه شنوایی برای گوش مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده شماره ۱ که توسط شبکه عصبی با یک ورودی و یک خروجی و یک لایه‌ی میانی شامل هشت نورون رسم شده است.

۲-۲. ارزیابی سلامت گوش انسان‌های مختلف در مقایسه با یک فرد سالم

براساس شبه‌سنج‌های بسامد، شدت صوتی، سن و جنسیت و هم‌چنین با استفاده از روش یادگیری ماشین در شبکه‌های عصبی مصنوعی و بکارگیری شبکه‌های عصبی پیش‌خور با یک لایه‌ی میانی که از هشت نورون و ورودی بسامد و خروجی تراز شدت برای آستانه‌ی شنوایی و آستانه‌ی دردناکی است به‌صورت جداگانه شبکه عصبی تشکیل می‌شود. سپس با استفاده از افرادی که از نظر شنوایی سالم هستند، داده‌هایی برای آستانه شنوایی و دردناکی حاصل می‌گردد. در ادامه با استفاده از آن‌ها برای یادگیری شبکه عصبی اقدام می‌شود. لازم به ذکر است هر چقدر تعداد داده‌های اولیه که از یک فرد سالم گرفته می‌شود، بیش‌تر باشد و تعداد افراد سالمی که در این آزمایش قرار دارند بیش‌تر باشند، نتیجه‌ی بهتری حاصل خواهد شد. بعد از یادگیری ماشین، دو نمودار آستانه‌ی شنوایی و دردناکی بدست می‌آید و مساحت سطح محصور بین این دو ناحیه با استفاده از انتگرال‌گیری عددی سیمپسون حاصل می‌شود.

در زیر روش تحقیق برای یافتن درصد شنوایی یا بهره‌وری شنوایی گوش فرد ۲۰ ساله‌ی فرضی مراجعه‌کننده ارائه می‌گردد.

(الف) به‌طور عملی در آزمایشگاه شنوایی‌سنجی برای آستانه‌ی شنوایی و دردناکی، ۳۲ زوج داده از شبه‌سنج‌های بسامد و تراز شدت صوتی برای یک مرد ۲۰ ساله سالم و مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده تهیه گردید.

(ب) نمودارهای آستانه‌ی شنوایی و دردناکی مرد ۲۰ ساله سالم و مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده با استفاده از یادگیری ماشین برای یک شبکه عصبی پیش‌خور با یک لایه داخلی شامل هشت نورون در شکل ۳ رسم گردید [۴].

(ج) مساحت ناحیه‌ی شنوایی مرد ۲۰ ساله سالم و مراجعه‌کننده با استفاده از انتگرال‌گیری عددی سیمپسون و دوزنقه‌ای حاصل شد.



شکل ۳ شبکه عصبی با یک ورودی و یک خروجی و یک لایه‌ی میانی شامل هشت نورون.

جمله‌ای مرتبه یک در فاصله‌ی $[x_i, x_{i+1}]$ تقریب زده می‌شود و به صورت فرمول زیر تعریف می‌گردد [۵].

$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} f(x) dx \cong \frac{h}{3} (f_i + f_{i+1}) \quad (3)$$

فرمول انتگرال‌گیری ذوزنقه‌ای با تقسیم‌بندی در کل بازه‌ها به صورت زیر درمی‌آید.

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx \cong T(h) = \frac{h}{3} (f_0 + 2f_1 + 2f_2 + \dots + 2f_{n-1} + f_n) \quad (4)$$

محدوده‌ی شنوایی به بازه‌های زوج تقسیم می‌شود و $h = 1$ و $h = 10$ انتخاب می‌گردند (h طول بازه‌های تقسیم‌شده می‌باشد) و مساحت آستانه‌ی شنوایی و دردناکی به دست می‌آید. مساحت محصور بین این دو آستانه که مساحت ناحیه‌ی شنوایی است با تفاضل این دو آستانه حاصل می‌شود.

به طور مثال اگر فرد سالم با H نمایش داده شود فرمول انتگرال‌گیری سیمپسون با $h = 1$ برای آستانه‌ی شنوایی و دردناکی به صورت زیر محاسبه خواهد شد. مساحت آستانه‌ی دردناکی فرد سالم:

$$\int_{20}^{140} H(x) dx \cong \frac{h}{3} (H_{20} + 4H_{21} + 2H_{22} + 4H_{23} + 2H_{24} + \dots + 2H_{19998} + 4H_{19999} + H_{20000}) = 24048047946$$

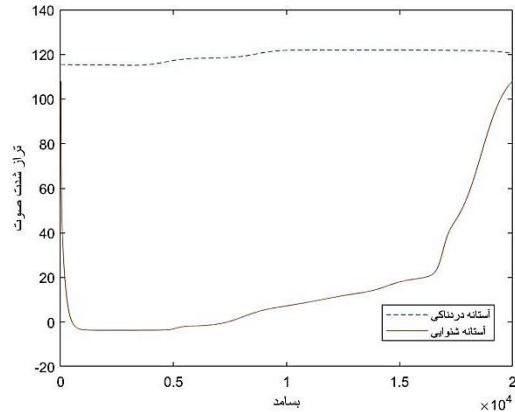
مساحت آستانه‌ی شنوایی فرد سالم:

$$\int_{20}^{140} H(x) dx \cong \frac{h}{3} (H_{20} + 4H_{21} + 2H_{22} + 4H_{23} + 2H_{24} + \dots + 2H_{19998} + 4H_{19999} + H_{20000}) = 29864278890$$

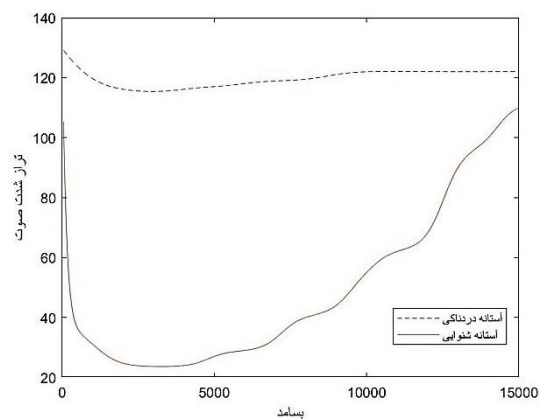
مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی فرد سالم:

$$24048047946 - 29864278890 = 21061619056$$

برای افراد مراجعه‌کننده، تمامی مراحل گفته‌شده به غیر از آستانه‌ی دردناکی (به علت مخرب بودن صرف نظر می‌شود) یکبار دیگر تکرار می‌شود. به طور مثال اگر فرد مراجعه‌کننده با S نمایش داده شود، فرمول انتگرال‌گیری سیمپسون با $h = 1$ برای آستانه‌ی شنوایی و دردناکی به صورت زیر محاسبه خواهد شد.



شکل ۶ نمودار آستانه‌ی دردناکی و آستانه شنوایی برای گوش مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده شماره ۲ که توسط شبکه عصبی با یک ورودی و یک خروجی و یک لایه‌ی میانی شامل هشت نورون رسم شده است.



شکل ۷ نمودار آستانه‌ی دردناکی و آستانه شنوایی برای گوش مرد ۲۰ ساله مراجعه‌کننده شماره ۳ که توسط شبکه عصبی با یک ورودی و یک خروجی و یک لایه‌ی میانی شامل هشت نورون رسم شده است.

۳. معادلات حاکم بر پوسته

در روش انتگرال‌گیری سیمپسون $\int_b^a f(x) dx$ با یک چند جمله‌ای مرتبه دوم در فاصله‌ی $[x_i, x_{i+2}]$ تقریب زده می‌شود و به صورت فرمول زیر تعریف می‌گردد [۵].

$$\int_{x_i}^{x_{i+2}} f(x) dx \cong \frac{h}{3} (f_i + 4f_{i+1} + f_{i+2}) \quad (1)$$

با فرض زوج بودن تعداد تقسیم‌بندی‌ها، فرمول به صورت زیر درمی‌آید.

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx \cong S(h) = \frac{h}{3} (f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + 2f_4 + \dots + 2f_{n-2} + 4f_{n-1} + f_n) \quad (2)$$

در روش انتگرال‌گیری ذوزنقه‌ای $\int_b^a f(x) dx$ با یک چند

جدول ۲ نتایج مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی و بهره‌وری شنوایی با استفاده از انتگرال‌گیری سیمپسون با $h = 10$.

فرد	مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی	بهره‌وری شنوایی
سالم	۲۱۰۶۱۶۱,۲۶۵۷	۱۰۰
مراجعه‌کننده شماره ۱	۱۱۷۹۷۴۳,۴۶۳	۵۶,۰۱
مراجعه‌کننده شماره ۲	۲۰۸۶۳۳۸,۸۸۰۲	۹۹,۰۵
مراجعه‌کننده شماره ۳	۱۰۳۳۹۳۱,۳۸۱۱	۴۹,۰۹

جدول ۳ نتایج مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی و بهره‌وری شنوایی با استفاده از انتگرال‌گیری دوزنقه با $h = 1$.

فرد	مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی	بهره‌وری شنوایی
سالم	۲۱۰۶۱۶۱,۶۲۳۶	۱۰۰
مراجعه‌کننده شماره ۱	۱۱۷۶۷۱۰,۵۵۴۷	۵۵,۸۶
مراجعه‌کننده شماره ۲	۲۰۸۶۳۳۸,۷۳۶۸	۹۹,۰۵
مراجعه‌کننده شماره ۳	۱۰۳۴۰۶۰,۷۳۵۲	۴۹,۰۹

جدول ۴ نتایج مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی و بهره‌وری شنوایی با استفاده از انتگرال‌گیری دوزنقه با $h = 10$.

فرد	مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی	بهره‌وری شنوایی
سالم	۲۱۳۵۶۶۵,۵۶۴۲	۱۰۰
مراجعه‌کننده شماره ۱	۱۱۷۹۸۹۹,۳۸۸۸	۵۵,۲۴
مراجعه‌کننده شماره ۲	۲۱۱۵۸۳۳,۴۳۴۲	۹۹,۰۷
مراجعه‌کننده شماره ۳	۱۰۳۴۰۵۴,۴۷۳۰	۴۸,۴۱

مساحت آستانه‌ی دردناکی فرد مراجعه‌کننده شماره ۱:

$$\int_{50}^{17000} S(x) dx \cong \frac{h}{3} (S_{50} + 4S_{51} + 2S_{52} + 4S_{53} + 2S_{54} + \dots + 2S_{16998} + 4S_{16999} + S_{17000}) = 2035225,9241$$

مساحت آستانه‌ی شنوایی فرد مراجعه‌کننده شماره ۱:

$$\int_{50}^{17000} S(x) dx \cong \frac{h}{3} (S_{50} + 4S_{51} + 2S_{52} + 4S_{53} + 2S_{54} + \dots + 2S_{16998} + 4S_{16999} + S_{17000}) = 858515,3681$$

مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی فرد مراجعه‌کننده شماره ۱:

$$2035225,9241 - 858515,3681 = 1176710,5560$$

حال نتیجه‌ی به‌دست‌آمده بر نتیجه‌ی یک فرد سالم تقسیم و در ۱۰۰ ضرب می‌شود.

$2106161,9056 - 1176710,5560 \cong 0,5586 \times 100 = \% 55,86$
جواب به‌دست‌آمده راندمان (بازده) یا بهره‌وری شنوایی فرد مراجعه‌کننده شماره ۱ نسبت به انسان‌های سالم می‌باشد. نتایج مساحت ناحیه‌های شنوایی و ارزیابی گوش‌های فرد سالم و افراد مراجعه‌کننده با استفاده از انتگرال‌گیری‌های عددی سیمپسون و دوزنقه‌ای با طول بازه‌های ۱ و ۱۰ در جداول شماره ۱ تا ۴ ارائه شده‌اند.

جدول ۱ نتایج مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و

دردناکی و بهره‌وری شنوایی با استفاده از انتگرال‌گیری سیمپسون با $h = 1$.

فرد	مساحت سطح محصور بین آستانه‌ی شنوایی و دردناکی	بهره‌وری شنوایی
سالم	۲۱۰۶۱۶۱,۹۰۵۶	۱۰۰
مراجعه‌کننده شماره ۱	۱۱۷۶۷۱۰,۵۵۶۰	۵۵,۸۶
مراجعه‌کننده شماره ۲	۲۰۸۶۳۳۸,۸۸۴۱	۹۹,۰۵
مراجعه‌کننده شماره ۳	۱۰۳۴۰۵۷,۹۷۳۴	۴۹,۰۹

۴. نتیجه‌گیری

به‌دست آوردن توانایی شنوایی انسان با استفاده از یادگیری ماشین شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند نتیجه دقیق‌تری به‌صورت درصدی ارائه نماید که در نگاه اول شاید دقت این کار برای افرادی که دچار کم‌شنوایی هستند اهمیت چندانی نداشته باشد. ولی ارزش این کار زمانی مشخص می‌شود که شخص مبتلا به بیماری‌هایی مانند سرطان، ام‌اس و غیره، در طی درمان خود داروهای دارای عوارض شنوایی مانند سیس‌پلاتین، بلثومایسین، فلوروراسیل، نیتروژن‌موستارد و غیره را مصرف می‌کند که اگر به‌موقع تغییر در محدوده‌ی شنوایی تشخیص داده نشود باعث بروز مشکلات عدیده‌ای در شنوایی می‌گردد. این اتفاق عمدتاً در بسامدهای بالا شروع می‌شود که انسان معمولاً متوجه از دست دادن این بازه شنوایی نمی‌گردد. با استفاده از این روش می‌توان پس از تغییر محسوس راندمان (بازده) یا بهره‌وری شنوایی فرد مراجعه‌کننده، سریعاً با تغییر دارو شخص را از عوارض ناشنوایی نجات داد.

فهرست منابع

- [1] R. Golmohammadi, "Noise and Vibration Engineering," sixth edition, 2014 (In Persian).
- [2] <https://mahak-charity.org/1395/7/7>.
- [3] T. Kohonen, "An Introduction to neural computing," Neural Networks, vol. 1, no. 1, pp. 3-16, 1988.
- [4] J. Rogerson, "Artificial Neural Networks: Advanced Principles," Willford Press, 2019.
- [5] J. Stoer & R. Bulirsch, "Introduction to numerical analysis," Springer Science Business Media, pp. 125-166, 2013.

(Research Article)
Effect of sound classification by neural networks in the recognition of human hearing

A. Malek*, M. Mohammadi Kosar

Faculty of Mathematical Sciences, Tarbiat Modares University

Abstract

In this paper, we focus on two basic issues: (a) the classification of sound by neural networks based on frequency and sound intensity parameters (b) evaluating the health of different human ears as compared to of those a healthy person. Sound classification by a specific feed forward neural network with two inputs as frequency and sound intensity and two hidden layers is proposed. This process results in categorization of audible and non-audible (dangerous) sounds for a healthy person. In the diagnosis of healthy ear, having the relevant parameters, using the method of machine learning by feed forward neural networks, and simpson and trapezoidal numerical integration rules, the hearing and pain thresholds of the patient's ear are evaluated in comparison with healthy ear. Numerical results and depicted graphs represent the fact that the method presented in this study is able to recognize an individual's ear with mathematical simulation without too much knowledge of medical parameters.

Keywords: Neural networks, Machine learning, Sound classification, Hearing, Painful threshold, Numerical integration.

pp. 22-27 (In Persian)

* Corresponding author E-mail: mala@modares.ac.ir