

توسعه‌ی هوش مصنوعی و کاربرد آن در مهندسی عمران

جلال اصغری^۱، پرهام معمارزاده^۲

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران، asghari.ja@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران، parham.memarzadeh@iau.ac.ir

چکیده

امروزه با پیشرفت‌هایی که در برنامه‌نویسی و هوش مصنوعی صورت گرفته باعث سادگی هرچه بیشتر کارها شده است. وقتی صحبت از هوش مصنوعی می‌شود ذهن به سمت نورون‌ها و تشکیل شبکه‌های عصبی همانند سیستم تشکیل دهنده مغز انسان می‌رود. پژوهشگران از دیرباز به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی، پژوهش‌های بسیاری را در زمینه‌های گوناگون انجام داده و به نتایج قابل ملاحظه‌ای نیز دست یافتند. پیشرفت سریع تکنولوژی، باعث به وجود آمدن مسیرتازه‌ای برای انجام کارهای تحقیقاتی نو شده است و از طرفی استقبال مهندسی‌ن در استفاده از هوش مصنوعی در زمینه‌های گوناگون از جمله پیش‌بینی و مدلسازی در عمران؛ زمینه‌ی انجام تحقیقات زیادی را فراهم ساخته است. هدف از این مقاله آشنایی با هوش مصنوعی و کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی عمران می‌باشد.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، مهندسی عمران، زبان پایتون

مقدمه

جامعه‌ای که امروزه در آن قرار داریم خواهان دستیابی به تحولات بزرگی است که خطاهای انسانی را کاهش و در کوتاه‌ترین زمان و کم‌ترین هزینه به طراحی دقیق و جوابی مطمئن دست پیدا کند. انسان در مسائل پیچیده بسیار خوب عمل می‌کند اما تجربه ثابت کرده است که در بررسی جزئیات و تکرار مداوم دچار خطا و اشتباه خواهد شد. به کمک شبکه‌های عصبی می‌توان به روش‌های نوینی دست پیدا کرد که نه تنها تکرار خسته کننده دیگر نباشد بلکه از تکرار زیادتر به جواب‌های قابل اعتمادتر خواهیم رسید. از کاربردی‌ترین روشی که امروزه مورد استقبال محققین زیادی واقع شده در پژوهش‌های مهندسی و غیرمهندسی، می‌توان به هوش مصنوعی اشاره کرد. که ویژگی ذاتی بین متغیرها را به کمک آموزش شبکه‌ی پردازشگر و تضمین یادگیری به اتمام رساند و با دریافت اطلاعات ورودی، شبکه خروجی‌های متناسب با اطلاعات ورودی را چاپ کند. در زمینه‌ی هوش مصنوعی فعالیت‌های زیادی صورت گرفته و می‌توان گفت که به سرعت در همه‌ی رشته‌ها درحال رشد و توسعه است.

پیشینه پژوهش

شروع پیش‌زمینه شبکه عصبی را به اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ می‌توان نسبت داد. اصولاً اساسی‌ترین کارها در روانشناسی، فیزیک و نروфіزیولوژی^۱ توسط محققینی مانند ایوان پاولف^۲، هرمان فون هلمهولتز^۳، ارنست ماخ^۴ صورت گرفت. قدم‌های اولیه برداشته شده بر تئوری‌های یادگیری، شرطی و بینایی توجه داشته و اشاره‌ای به مدل‌های ریاضی نرون نداشت. در قرن بیستم هنگامی که والت‌پیتز^۵ و وارن مک کلوت^۶ نشان دادند که هرتابع منطقی و حسابی توسط شبکه‌های عصبی قابل محاسبه می‌باشد، دیدگاه

^۱Neuro-Physiology

^۲Ivan Pavlov

^۳Hermann von Helmholtz

^۴Ernest Mach

^۵Walter Pitts

^۶Warren McCulloch

جدید در مورد شبکه‌های عصبی شکل گرفت و کار این افراد را می‌توان آغاز به کار شبکه‌های عصبی مصنوعی دانست. سپس دونالد هب^۷ عمل شرط‌گذاری کلاسیک که پاولف بیان کرده بود را به عنوان خواص نرون معرفی و مکانسمی را در جهت یادگیری نرون‌های بیولوژیکی ارائه نمود. در سال ۱۹۴۳ شبکه‌های عصبی با یک مدل ساده تشکیل شده از چند نرون توسط مک‌کلاچ و پیتز معرفی شد [۱]. اولین قانون آموزش در سال ۱۹۴۹ برای شبکه‌های عصبی توسط هب مطرح شد [۲]. در اواخر دهه ۵۰ قرن ۲۰ اولین کاربرد عملی شبکه‌های عصبی ارائه شد. در سال ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۲ فرانک روزنبلات^۸ شبکه پرسپترون^۹ را معرفی و به کمک همکارانش شبکه‌ای ساختند که توانایی شناسایی الگوها را از یکدیگر داشت [۳]. در سال ۱۹۶۰ برنارد ویدر^{۱۰} شبکه عصبی ادلاین (تطبیقی خطی) برای تشخیص متن که از لحاظ ساختاری شبیه پرسپترون بود را به کمک قانون یادگیری جدید ارائه نمود [۴]. هردو شبکه معرفی شده در طبقه‌بندی الگوها محدودیت داشت چون شبکه‌های عصبی تک لایه که در تخمین توابع محدودیت داشتند را ارائه نمودند و هردو محقق از این موضوع اطلاع داشتند. کوهونن در سال ۱۹۷۰ در ارتباط با شبکه‌هایی با حافظه مشارکتی تحقیقاتی انجام داد [۵]. جیمز اندرسون^{۱۱} و تئوکوهونن^{۱۲} در سال ۱۹۷۲ بدون اطلاع از کار یکدیگر و مستقل از هم شبکه‌های عصبی جدیدی که به عنوان عناصر ذخیره ساز عمل کنند ارائه نمودند. و همچنین استفان گروسبرگ^{۱۳} بر روی شبکه خود سازمانده^{۱۴} در همان دهه فعالیت داشت. گراسبرگ، روابط ریاضی حاکم بر شبکه‌های عصبی مصنوعی در تحقیقاتش مطرح کرد [۶]. شبکه‌های ارت^{۱۵} نتایج تحقیقات بدست آمده در اثر مطالعات گراسبرگ بود که توانایی مرتب کردن و طبقه‌بندی اطلاعات ورودی را به همراه داشت. به دلیل نبود کامپیوترهای پرقدرت جهت پیاده‌سازی و ایده‌های جدید به تدریج کار بر روی شبکه‌های عصبی کمرنگ شد. با رشد تکنولوژی میکروپروسسور کار بر روی شبکه‌های عصبی شکلی نو به خود گرفت و روند صعودی به همراه داشت. در سال ۱۹۸۲ فیزیک‌دان آمریکایی جان هاپفیلد^{۱۶} توانست از شبکه‌های برگشتی در جهت ذخیره‌سازی اطلاعات استفاده نماید. هاپفیلد مجموعه‌ای از شبکه‌های عصبی مصنوعی که توانایی حل مسائل با قیدهای اولیه را داشتند معرفی کرد [۷]. تنک و هاپفیلد در گام اول برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی، شبکه عصبی را پیشنهاد نمودند. و کار این دو الهام بخش تحقیقات زیادی در زمینه حل مسائل و برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی شد [۸]. پس از آن در سال ۱۹۸۶ جیمز مکاند^{۱۷} و دیوید راملهارت^{۱۸} توانستند الگوریتم (پس انتشار خطا)^{۱۹} را مطرح کنند. در سال‌های اخیر هزاران مقاله با عناوین متفاوت در رشته‌های مختلف به چاپ رسیده است که نشان‌دهنده رشد شبکه‌های عصبی در حالت تئوریک و عملی می‌باشد. اما چیزی که مشاهده می‌شود در دوره‌هایی روند رشد بسیار سریع و بعضاً کند بوده و حالت ثابتی در پیش نگرفته است و بیشتر پیشرفت‌ها مدیون یادگیری‌های جدید می‌باشد که از سمت محققین ارائه شده است ولی در حال حاضر می‌توان به واضح بیان کرد که شبکه‌های عصبی جایگاه مهمی دارند به عنوان یک ابزار علمی مهم و بیشترین پیشرفت در این زمینه در آینده هنگامی که آشنایی کامل با مغز انسان پیدا کنند رخ خواهد داد [۹].

فوکوشیما در سال (۱۹۷۵)، شبکه‌های عصبی نئوکگنیترون^{۲۰} برای شناسایی حروف طراحی کرد [۱۰]. الوچنه و سان^{۲۱} در سال (۱۹۹۰)، پژوهشی در زمینه مشکلات مهندسی سازه و کاربرد شبکه‌های عصبی انجام دادند. در پژوهش خود توانستند جایگاه بهینه مجموعه بار اعمالی به تیر را تعیین کنند [۱۱]. زو و چین در سال (۲۰۰۴)، به کمک یک الگوریتم برمعیار بهینه‌گی قاب‌های دوبعدی بتن‌ارمه را بهینه‌سازی کردند [۱۲]. لی و همکارانش در سال (۲۰۰۴)، پژوهشی در مبنای تشخیص خسارات پل به وسیله شبکه‌ی عصبی با در نظر گرفتن خطا در المان محدود انجام دادند. در این پژوهش آن‌ها به کمک خواص مودال یک روش تشخیص آسیب براساس شبکه عصبی ارائه دادند [۱۳]. فرادیاکاکیس و همکارانش در سال (۲۰۰۶)، به کمک الگوریتم‌های تکاملی بهینه‌سازی ساختمان‌های فولادی را انجام دادند [۱۴]. میتا و گیان در سال (۲۰۰۶)، به کمک شبکه‌های عصبی و روش پارزن-ویندو آسیب‌های ساختاری را شناسایی کردند. نتایج کار نشان‌دهنده این بود که با تغییر فرکانس به عنوان بردار ویژه، می‌توان درجه و میزان

^۷Donald Hebb

^۸Frank Rosenblatt

^۹Perceptron

^{۱۰}Bernurd Widrow

^{۱۱}James Anderson

^{۱۲}Teo Kohonen

^{۱۳}Stefan Grossberg

^{۱۴}Self-Organizing

^{۱۵}Adaptive Resonance Theory

^{۱۶}John Hopfield

^{۱۷}James Mcland

^{۱۸}David Rummelhart

^{۱۹}Error Back-Propagation

^{۲۰}Neocognitron

^{۲۱}Valuchne and Sun

اسیب را برای ساختمان‌های برشی مشخص کرد [۱۵]. لینگ تسای^۱ در سال (۲۰۰۷)، پژوهشی در ارتباط با توانایی یادگیری به کمک (EPGA)^۲ در اجرای شبکه‌های عصبی انجام داد. در این پژوهش از بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای بدست آوردن راهی بهینه‌تر استفاده نمود [۱۶]. مهرجو همکارانش در سال (۲۰۰۸)، به کمک شبکه‌های عصبی آسیب در پل فولادی خرابایی را بررسی نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان دهنده این بود که آسیب را ۵ تا ۱۰ درصد به خوبی نشان می‌دهند و بعد از آن آسیب به درستی قابل تشخیص نیست [۱۷]. پژوهشی دیگر لی و همکارانش در سال (۲۰۰۹)، در زمینه تشخیص خسارات ساختمان‌ها برای سازه‌های برشی بود. آن‌ها نشان دادند با حل معادلات خطی همگن مبتنی بر تغییر فرکانس می‌توانند شدت و محل آسیب را تشخیص دهند [۱۸]. هیلن و میروانه در سال (۲۰۱۰)، به کمک خواص مودال و الگوریتم ژنتیک هیبرید آسیب سازه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده تشخیص درست صدمات و جلوگیری از خسارات کاذب بود [۱۹].

گومز^۳ در سال (۲۰۱۱)، یک روش جدید بر مبنای الگوریتم اکتشافی برای بهینه‌سازی طراحی خرپا با محدودیت فرکانس ارائه نمود [۲۰]. افریفا و همکارانش در سال (۲۰۱۲)، از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه برای بررسی مقاومت برشی تیر بتن مسلح استفاده کردند. نتایج حاصل از پژوهش آنان نشان دهنده خطای کم در تخمین مقاومت برشی را به همراه داشت [۲۱]. بصیری و نصرالله‌زاده در سال (۲۰۱۴)، برای تخمین مقاومت برشی تیرهای بتن مسلح از سیستم استنتاج فازی استفاده کردند. آن‌ها در این تحقیق ۱۹۷ مدل تیر بتن مسلح FRP را مورد ارزیابی قرار دادند. و نتایج حاصل از پژوهش نشان دهنده دقت بالای سیستم استنتاج فازی نسبت به آیین‌های ACI 440-06 و CSAS 806-02 بود [۲۲]. بهمنش و همکارانش در سال (۲۰۱۵)، پژوهشی در ارتباط با به روزرسانی مدل بیزین و شناسایی سازه انجام دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که آسیب‌ها را به خوبی می‌شود تشخیص داد در صورتی که طراحی درست انجام شود [۲۳]. اسیکجنس و همکارانش در سال (۲۰۱۵)، برای تخمین مقاومت برشی تیرهای بتن مسلح از شبکه‌های عصبی استفاده نمودند. نتایج نشان دهنده این بود که در جهت تخمین مقاومت برشی تیر، شبکه‌های عصبی پیشرو خطای کم و عملکرد قابل قبولی از خود نشان می‌دهند [۲۴]. ویارابویا^۴ و همکارانش در سال (۲۰۱۷)، در این پژوهش در جهت بهینه‌سازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی کاربردی را بررسی کردند. این مقاله در ارتباط با مشکلات بهینه‌سازی و شبکه‌های هوش مصنوعی و کاربردش برای به حداقل یا حداکثر رسیدن توابع هدف خاص می‌باشد [۲۵]. آوجی و همکارانش در سال (۲۰۱۷)، پژوهشی در ارتباط با پایش سلامت سازه‌ای و تشخیص خسارت سازه‌ای به کمک شبکه‌های عصبی تک بعدی انجام دادند. نتیجه کار آن‌ها نشان دهنده این است که الگوریتم پیشنهادی آن‌ها برای تشخیص آسیب درست عمل کرده است [۲۶].

چانگ و همکارانش در سال (۲۰۱۸)، به کمک خواص مودال و شبکه‌های عصبی پایش سلامت ساختاری را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه کار آن‌ها این بود که از شبکه‌های عصبی در جهت تشخیص آسیب می‌شود استفاده کرد [۲۷]. مدرس و همکارانش در سال (۲۰۱۸)، برای نوع آسیب و تشخیص خودکار آسیب از شبکه‌های عصبی پیچشی (برای شناسایی خسارت از تصاویر استفاده می‌کند) استفاده کردند. و در پژوهش خود نشان دادند که برای شناسایی آسیب می‌توان از یادگیری عمیق استفاده نمود [۲۸]. کای و همکارانش در سال (۲۰۱۹)، پژوهشی در زمینه‌ی ارزیابی مقاومت برشی تیرهای مسلح به کمک روش‌های عددی و داده مبنای حقیقی انجام دادند. برای شبیه‌سازی رفتار برشی از نرم‌افزار اباکوس استفاده کردند و سپس برای کد نویسی و استفاده از شبکه‌های عصبی در جهت تحلیل از نرم‌افزار متلب استفاده کردند [۲۹]. چین و یانگ در سال (۲۰۱۹)، به کمک شبکه‌های عصبی روش آسیب را شناسایی کردند. آن‌ها در پژوهش خود بر مبنای ویژگی جابجایی دینامیک ساختاری شناسایی آسیب را بررسی کردند. و نتایج کار آن‌ها بیان کننده موفقیت شبکه‌های عصبی در تشخیص آسیب و محل آسیب بود [۳۰]. فان و همکارانش در سال (۲۰۲۰)، پژوهشی به کمک شبکه‌های عصبی برای رفع نویز سیگنال‌های لرزشی برای پایش سلامت سازه انجام دادند. نتایج کار آن‌ها نشان دهنده این بود که از شبکه‌های عصبی پیچشی می‌توان در تشخیص فیزیکی حالت‌های نادرست از درست در شناسایی مودال استفاده نمود [۳۱]. محمد و همکارانش در سال (۲۰۲۱)، تحقیقی در زمینه پیش‌بینی مقاومت برشی تیرهای بتن مسلح و ارائه مدل‌های جدید هوش مصنوعی انجام دادند. نتایج حاصل از کار آن‌ها نشان دهنده این بود که خواص مکانیکی بتن و پارامترهای هندسی تاثیر قابل توجهی در جهت ارائه مدل مناسب و پیش‌بینی مقاومت برشی تیر دارد [۳۲]. شفیعی‌فر و رضوانی در سال (۱۳۸۷)، پژوهشی در زمینه کاربرد الگوریتم ژنتیک ساده در طراحی بهینه الگوی مهاربندی انجام دادند. در این پژوهش چگونگی توسعه یک برنامه به منظور بهینه‌سازی الگوی مهاربندی سازه‌های شناور، براساس استفاده از الگوریتم ژنتیک ساده یا نامقید ارائه شد [۳۳]. شهاییان و همکاران در سال (۱۳۸۷)، پژوهشی در زمینه بهینه‌سازی شبکه‌های دولایه فولادی توسط الگوریتم ژنتیک در تعامل با شبکه‌های عصبی مصنوعی انجام دادند. سازه‌های فضاکار به دلیل پر عضو بودنشان زمان زیادتری برای تحلیل، طراحی و یا تعیین وزن آن‌ها مورد نیاز می‌باشد. آن‌ها در این پژوهش، ۱۸۰ نمونه شبکه دو لایه فولادی با سه توپولوژی مختلف با دهانه‌هایی بین ۱۰ تا ۷۵ متر و ارتفاع ۵ تا ۵/۲ متر را تحلیل نمودند و در هر مورد وزن بهینه سازه را مشخص نمودند [۳۴]. اسکویی و سریع الاطلاق فرد در

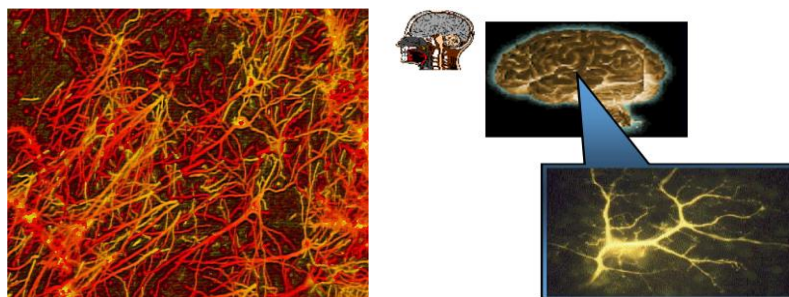
^۱Lin and Tsai^۲field programmable gate array Qing-liang, (FPGA)^۳Gomes^۴Villarrubia

سال (۱۳۸۸)، پژوهشی در زمینه استفاده از الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی قاب‌های فولادی با اتصالات نیمه‌صلب انجام دادند. نتایج کار آن‌ها نشان دهنده این بود که تاثیر کاهش سختی اتصال تیر به ستون (اتصال نیمه‌صلب) در بهینه کردن وزن قاب‌های کوتاه‌مرتبه، کمتر از قاب‌های بلندمرتبه انتخاب می‌باشد [۳۵].

شفابخش و همکاران در سال (۱۳۹۰)، پژوهشی در زمینه انتخاب الگوریتم بهینه شبکه عصبی مصنوعی برای تحلیل روسازه صلب راه‌ها انجام دادند. براساس نتایج مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی به صورت یک شبکه انتشار برگشتی چهار لایه شامل دو لایه پنهان و لایه‌های ورودی و خروجی، با تعداد ۱۸ نورون (۶-۱۸-۲) و بکارگیری تابع انتقال حلقوی Sigmoid ابزاری تحلیلی پیشنهادی دادند [۳۶]. کریمی در سال (۱۳۹۴)، پژوهشی در زمینه بهینه‌سازی وزن قاب‌های فولادی با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام داد. نتایج این پژوهش نشان دهنده این است که بهینه‌سازی براساس به حداقل رساندن وزن قادر به بهبود عملکرد سازه‌ای می‌باشد [۳۷]. علی راهداری و همکارانش در سال (۱۳۹۶)، پژوهشی به کمک شبکه‌های عصبی غیر احتمالاتی جهت شناسایی آسیب قاب‌های فولادی با در نظر گرفتن عدم قطعیت انجام دادند. نتایج کار آن‌ها نشان دهنده این بود که وقوع آسیب در عضوهای دارای آسیب و سناریوها صد درصد است و در عضوهای دارای کاهش سختی شاخص اندازه‌گیری آسیب زیاد می‌باشد [۳۸]. مرتضایی و همکاران در سال (۱۴۰۰)، به کمک هوش مصنوعی در سازه‌هایی همچون پل با مشخصات متفاوت فاصله‌ی درز انقطاع را محاسبه نمودند. با استفاده از زمان تناوب و ارتفاع دو پل کنار هم و زلزله مورد تقاضا، فاصله ایمنی برای جلوگیری از برخورد دو دهانه پل با استفاده از شبکه عصبی پیشنهاد کردند [۳۹]. سیفی اسگ شهر در سال (۱۴۰۰)، پژوهشی در ارتباط با بهینه‌سازی طراحی قاب بتن‌آرمه خورده شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام داد. نتایج نشان دهنده این بود که کارایی روش پیشنهاد شده برای بهینه‌سازی طراحی قاب‌های بتن‌آرمه با ملاحظه اثر خوردگی در طول عمر مفید آن است [۴۰]. قلی‌زاده و فرزاد در سال (۱۴۰۰)، پژوهشی در زمینه تعیین موقعیت بهینه سیستم مهاربند بازویی با استفاده از الگوریتم دلفین بهبود یافته در سازه‌های فولادی بلند بر اساس عملکرد لرزه‌ای انجام دادند. در این تحقیق در دو سازه ۲۴ و ۳۶ طبقه با استفاده از الگوریتم فراکاوشی انتشار امواج دلفین بهبود یافته، طراحی عملکردی سازه‌های فولادی مجهز به سیستم مهار بازویی و تعیین جانمایی بهینه مهاربند صورت گرفت. نتایج حاکی از رفتار مناسب سازه‌های با مهار بازویی، اثرگذاری موقعیت مهار بر عملکرد آن و فرآیند دستیابی به سازه بهینه می‌باشد [۴۱]. رضاییان و همکاران در سال (۱۴۰۲)، پژوهشی تحت عنوان بررسی کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی عمران و خرابی پیشرونده انجام دادند. در این مقاله تلاش شده است تا با تعریف هوش مصنوعی و نیز یادگیری ماشین، به تبیین کارکردهای مختلف این تکنولوژی، الگوریتم‌های کاربردی و معرفی نرم‌افزارهای مفید و راه‌گشا در مهندسی عمران که هوش مصنوعی صحنه‌گردان اصلی آنها است، پرداخته شود [۴۲].

هوش مصنوعی

وقتی صحبت از هوش مصنوعی می‌شود ذهن به سمت نوروها و تشکیل شبکه‌های عصبی همانند سیستم تشکیل دهنده مغز انسان می‌رود. مغز انسان از واحدهای ساختاری نرون یا سلول‌های عصبی تشکیل شده که سیستم پردازش داده پیچیده است.

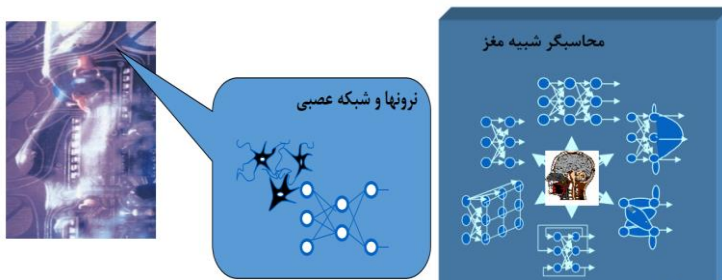


شکل ۱: مغز انسان و نوروها [۴۳].

هوش به معنی دستیابی به اهداف پیچیده‌ای چون فهم و خودآگاهی و حل مسئله و یادگیری می‌باشد که موجودات هوشمند می‌توانند از آن بهره ببرند [۴۴]. از تعاریفی که در زمینه‌ی هوش صورت گرفته می‌توان گفت، سیستم‌هایی مانند انسان فکر و عمل می‌کنند یا سیستم‌هایی که منطقی فکر و عمل می‌کنند. شاید تعریفی دیگری که در ارتباط با هوش مصنوعی بیان کرد این باشد که، مطالعه این که چگونه کامپیوترها را می‌توان وادار به کارهایی کرد که در حال حاضر انسان‌ها آنها را بهتر انجام می‌دهند [۴۵]. شبکه‌های عصبی از تعداد زیادی نرون و اتصالات بین آن‌ها تشکیل شده که سیستمی پویا و غیرخطی است [۴۶].

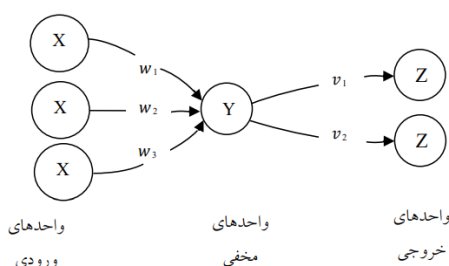
همایش ملی ملاحظات آموزش در عصر هوش مصنوعی

National Conference on Education Considerations in the Era of Artificial Intelligence



شکل ۲: مدلسازی پردازش موازی در مغز [۴۳].

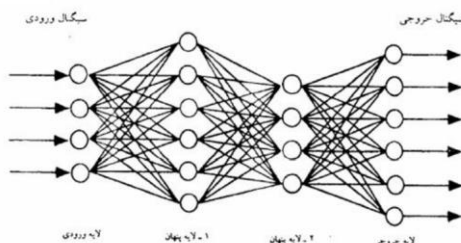
در رابطه با شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توان گفت از یک سری واحدهای ساختاری اولیه تشکیل شده و هر واحد چندین ورودی دریافت کرده که باهم ترکیب شده و پس از انجام عملیات پردازش، خروجی‌های لازم را می‌دهند [۴۷].



شکل ۳: یک شبکه عصبی بسیار ساده [۴۷].

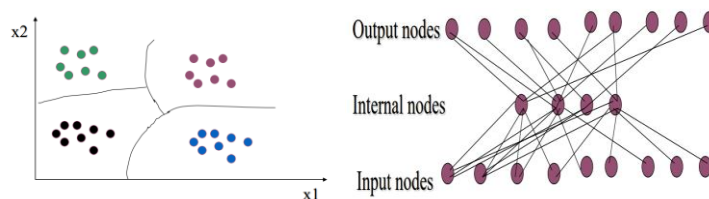
در شکل ۳ یک شبکه عصبی ساده قابل مشاهده است که از یک لایه ورودی، یک لایه پنهان و لایه خروجی که رایج‌ترین ساختار شبکه را تشکیل می‌دهد برای حل اکثر مسائل استفاده می‌شود. شبکه‌های عصبی برای حل هر مساله‌ای سه مرحله را طی می‌کنند:

۱. آموزش
۲. تعمیم
۳. اجرا



شکل ۴: ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی [۴۸].

در شبکه‌های عصبی به جزء لایه‌ی سمت چپ که ورودی است، مابقی لایه‌ها کار پردازش را انجام داده و در آخر خروجی حاصل می‌شود [۷]. برای مسائل غیرخطی و تصمیم‌گیری از شبکه‌های چند لایه استفاده می‌شود.



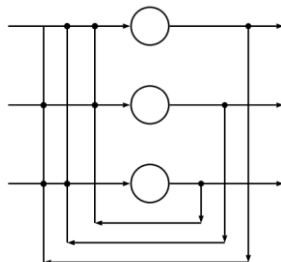
شکل ۵: ساختار شبکه عصبی مصنوعی و آنالیز خروجی [۴۳].

شبکه‌های چند لایه می‌توانند برای یادگیری مسائل غیرخطی و همچنین مسائلی با تصمیم‌گیری‌های متعدد بکار روند.

تقسیم‌بندی شبکه‌های عصبی

شبکه‌های عصبی به دو گروه براساس نحوه‌ی اتصال تقسیم می‌شوند [۴۷].

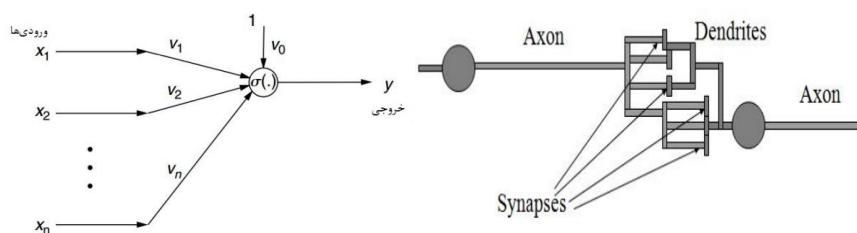
۱. **شبکه‌هایی با تغذیه پیشرو:** از لایه ورودی به سمت لایه خروجی یک جریان یک طرفه را شامل می‌شود و هیچ مسیر برگشتی ندارد. برای مقاصد پیش‌بینی بسیار مناسب هستند [۴۹].
۲. **شبکه‌هایی با تغذیه برگشتی:** حلقه برگشتی بر یادگیری شبکه اثر زیادی دارد [۵۰].



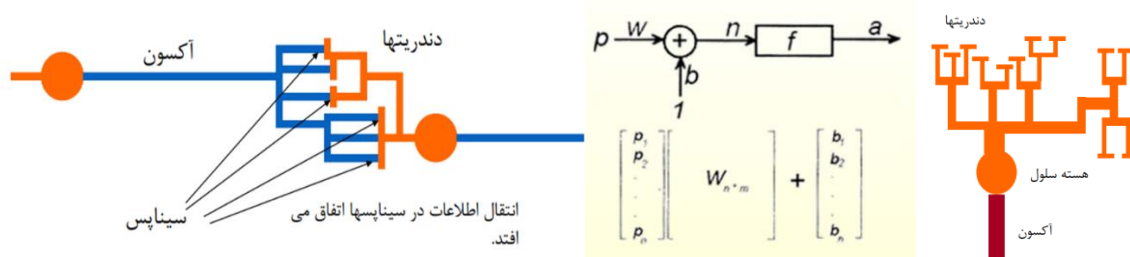
شکل ۶: معماری شبکه عصبی بازگشتی دولایه [۴۹، ۵۰].

از مشخصات اصلی شبکه‌های عصبی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. معماری شبکه
۲. تابع فعالسازی
۳. الگوریتم‌های آموزش



شکل ۹: سمت راست مدل بیولوژیکی شبکه عصبی و سمت چپ مدل ریاضی یک نرون [۴۱].



شکل ۱۰: مدل بیولوژیکی شبکه عصبی و مدل ریاضی یک نرون [۴۳].

مدل ریاضی یک نرون ساده به صورت زیر است:

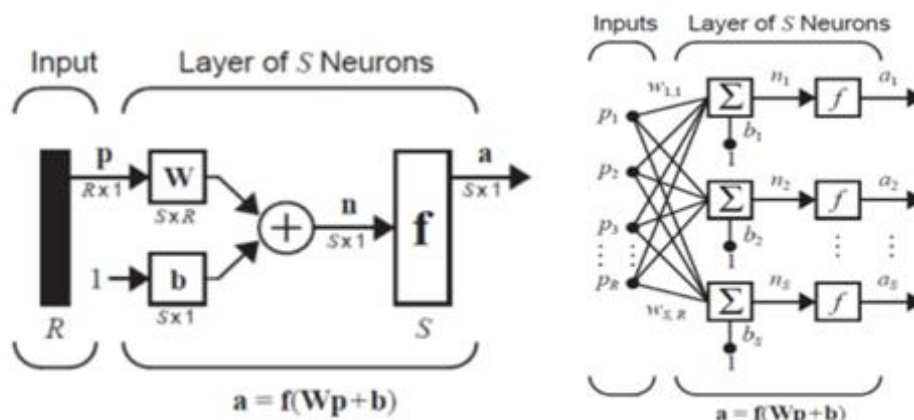
۱. P : مقدار کمیت ورودی
۲. b : مقدار بایاس (عرض از مبدا تابع نهایی در حالت خطی، معمولاً در طول آموزش تغییر میکند)
۳. W : وزن نرون (مهمترین مقدار نرون که در طول آموزش تغییر میکند)
۴. f : تابع خروجی (خطی یا غیر خطی)
۵. a : مقدار خروجی

همایش ملی ملاحظات آموزش در عصر هوش مصنوعی

National Conference on Education Considerations in the Era of Artificial Intelligence

آموزش نرون: تغییر مقدار بایاس و وزن‌ها در طول مدت آموزش به نحوی که خروجی نرون به مقدار مطلوب نزدیک گردیده و بتواند برای مقادیر ورودی جدید تصمیمات درست بگیرد.

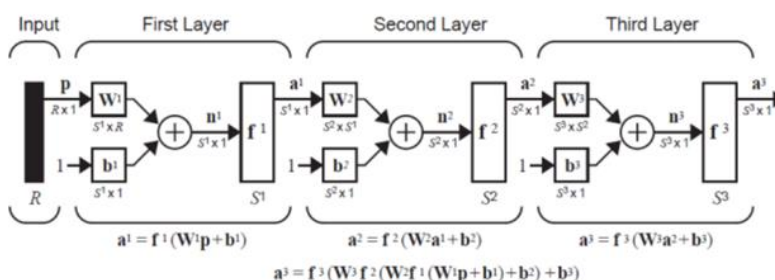
مدل مورد نظر ممکن است دارای چندین خروجی باشد که خروجی‌های هر نرون در کنارهم یک بردار خروجی را مشخص می‌کنند. در این حال بردار وزن تبدیل به ماتریس وزن می‌شود.



$$W = \begin{bmatrix} w_{1,1} & \dots & w_{1,R} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{S,1} & \dots & w_{S,R} \end{bmatrix}$$

شکل ۱۳: مدل ریاضی نرون [۴۸].

افزایش تعداد لایه‌ها باعث افزایش توانایی شبکه‌ی عصبی و پیچیدگی شبکه خواهد شد و به فرایندهای بیولوژیکی مغز انسان شباهت بیشتری پیدا کند. در این شبکه ماتریس‌های W متعددی وجود دارد که در فرایند آموزش به همراه ضرایب بایاس تعیین می‌شوند.



شکل ۱۴: مدل ریاضی چند لایه نرون [۴۸].

در هنگام مدلسازی عصب، از پیچیدگی آن صرف نظر می‌شود و فقط به مفاهیم پایه‌ای پرداخته می‌شود، زیرا جز این رویکرد مدلسازی بسیار دشوار خواهد شد. در یک نگاه ساده مدل یک عصب، ورودی‌هایی را شامل می‌شود که در نقش سیناپس انجام وظیفه خواهند کرد. این ورودی‌ها در وزن‌هایی ضرب خواهند شد تا قدرت سیگنال را تعیین کنند. سرانجام یک عملگر ریاضی فعال شدن یا غیرفعال شدن را تصمیم‌گیری می‌کند و اگر جواب مثبت باشد، میزان خروجی را مشخص می‌سازد. بنابراین شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از مدل ساده شده عصب واقعی به پردازش اطلاعات می‌پردازد. از تفاوت‌های اصلی مدل ساده شده با واقعیت این می‌باشد که شبکه واقعی، شامل ورودی‌هایی از سیگنال‌های زمانی هستند درحالی‌که مدل ساده شده، اعداد حقیقی ورودی‌اند. وزن‌های یک شبکه عصبی می‌توانند مثبت یا منفی باشد و توابع مورد استفاده بسیار

متنوع می‌باشد. مشهورترین این توابع، تابع سیگموئید^۲، تابع لجستیک^۳، حدی دومقداری^۴، انتقال خطی، تانژانت هیپربولیک و... اشاره کرد. همچنین می‌توان به سیستم تطبیقی استنتاج عصبی فازی^۵ (ANFIS)، ماشین‌های بردار پشتیبان^۶ (SVM)، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۷ (ANN) و ... در بسیاری از پژوهش‌ها استفاده شده اشاره نمود.

کاربرد شبکه‌های عصبی در مهندسی عمران

- **شبکه‌ی عصبی پیشخور^۸ (FNN):** یکی از رایج‌ترین انواع شبکه‌های عصبی هستند و در جهت پیش‌بینی و شبیه‌سازی مورد استفاده قرار خواهند گرفت. پیش‌بینی رفتار سازه یا یادگیری الگوهای پیچیده از داده‌های آزمایشگاهی
 - پایتون: در پایتون می‌توان از کتابخانه‌های Keras و TensorFlow برای پیاده‌سازی این نوع شبکه استفاده کرد.
- **شبکه عصبی کانولوشن^۹ (CNN):** برای پردازش تصاویر و داده‌های متنی مورد استفاده قرار می‌گیرند از قبیل شبیه‌سازی ترک و آسیب‌ها
 - پایتون: در پایتون می‌توان از کتابخانه‌های PyTorch و TensorFlow برای پیاده‌سازی این نوع شبکه استفاده کرد.
- **شبکه عصبی بازگشتی^{۱۰} (RNN):** این نوع شبکه برای پردازش داده‌های زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند تحلیل رفتار سازه تحت بار دینامیکی و یا پیش‌بینی هزینه و زمان پروژه
 - پایتون: در پایتون می‌توان از کتابخانه‌های Keras و TensorFlow برای پیاده‌سازی این نوع شبکه استفاده کرد.
- **شبکه‌ی عصبی با معماری^{۱۱} (LSTM):** نوعی شبکه عصبی بازگشتی است که قادر به یادگیری طولانی مدت داده‌ها را دارد و در جهت تحلیل رفتار سازه در طول زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.
 - پایتون: در پایتون می‌توان از کتابخانه‌های Keras و TensorFlow برای پیاده‌سازی این نوع شبکه استفاده کرد.
- **شبکه‌ی عصبی خود سازمان‌دهنده^{۱۲} (SOM):** داده‌ها را به صورت خودکار خوشه‌بندی کرده و روابط پیچیده بین آن‌ها را شبیه‌سازی می‌کند. در جهت شبیه‌سازی آسیب‌های احتمالی و یا خوشه‌بندی داده‌های حاصل از آزمایش سازه‌ای به کار برده شود.
 - پایتون: در پایتون می‌توان از کتابخانه‌های MiniSom برای پیاده‌سازی این نوع شبکه استفاده کرد.
- **شبکه‌ی عصبی عمیق^{۱۳} (DNN):** از چندین لایه‌ی عصبی تشکیل می‌شود و قادر به حل روابط پیچیده و یادگیری می‌باشد و در شبیه‌سازی رفتار سازه‌ها می‌توان استفاده نمود.
 - پایتون: در پایتون می‌توان از کتابخانه‌های Keras و TensorFlow و PyTorch برای پیاده‌سازی این نوع شبکه استفاده کرد.

^۲Sigmoid Function

^۳Logistic Function

^۴Hard-Limit Transfer Function

^۵Adaptive neuro fuzzy inference system

^۶Support vector machine

^۷Artificial neural network

^۸Feedforward Neural Network

^۹Convolutional Neural Network

^{۱۰}Recurrent Neural Network

^{۱۱}Long Short-Term Memory

^{۱۲}Self-Organizing Map

^{۱۳}Deep Neural Networks

نتیجه گیری

پیشرفت سریع تکنولوژی معایب و مزایای خودش را دارد. از ساده‌ترین معایب پیشرفت سریع تکنولوژی می‌توان به روز نگه‌داشتن دانش و فراگیری مطالب جدید اشاره نمود و از مزایای این پیشرفت سریع می‌توان به کاهش هزینه‌ها، وسعت پژوهش، کاهش خطا و سادگی در انجام پژوهش‌ها و... اشاره نمود. شروع پیش‌زمینه‌ی استفاده از شبکه‌های عصبی به اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ می‌توان نسبت داد که کارایی محدودی داشتند ولی رفته رفته مورد علاقه‌ی پژوهشگران زیادی قرار گرفت، به گونه‌ای که امروزه این محدودیت‌ها برداشته و چیزی که شاهد آن هستیم فراتر از ذهن می‌باشد. در زمینه‌ی هوش مصنوعی با پیشرفت‌های زیادی که در این سال‌ها انجام شده، تمام رشته‌ها خواهان استفاده از آن می‌باشند. هوش مصنوعی در مهندسی عمران نیز کاربردهای وسیعی دارد و به کمک آن می‌توان پروژه‌های کاربردی را طراحی و پیاده‌سازی نمود. شبکه‌های عصبی متنوعی وجود دارد که کارایی‌های متفاوتی دارند و با توجه به نوع پروژه‌ای که پیش‌رو دارید باید شبکه‌ی عصبی مناسبی انتخاب نمایید. در کنار شبکه‌های عصبی از الگوریتم‌های مختلفی نیز استفاده می‌شود که ترکیب شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌ها باعث افزایش کارایی پژوهش شده و نتایج مطلوب‌تری نیز به همراه داشته باشد. نتیجه‌ای که می‌توان گرفت این است که شبکه‌های عصبی در تمام بخش‌های مهندسی عمران می‌تواند ایفای نقش کند و باعث سادگی پروژه‌ها شود در صورتی که نوع شبکه و الگوریتم به درستی انتخاب شود. کتابخانه‌های متعددی که برای ایجاد این شبکه‌ها از سوی برنامه‌نویسان نوشته و گسترش یافته باعث شده است که ایجاد شبکه‌های عصبی و کارکردن با آن‌ها همچون گذشته سخت نباشد و به راحتی بتوانید از این شبکه‌ها بهره‌ی لازم را ببرید. سادگی زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه‌هایی که این زبان برای کارکردن با شبکه‌های عصبی در اختیار کاربران قرار داده است می‌تواند گزینه‌ی مناسبی پیش رو باشد.

منابع

- [۱]. McCulloch W. and Pitts W. "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity", Bulletin of Mathematical Biophysics, vol. 5, 1943.
- [۲]. Hebb DO. (1949). "The Organization of Behavior", Wiley, N.Y.
- [۳]. Rosenblatt F. (1958). "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain", Psychological Review, Vol. 65.
- [۴]. Widrow B. and Hoff ME. (1960). "Adaptive Switching Circuits", IRE part 4 WeSCON Report, N.Y.
- [۵]. Kohonen T. (1972). "Correlation Matrix Memories", IEEE Trans. On Comp., vol. 21.
- [۶]. Grossberg S. (1980). "How does the Brain build Cognitive Code?", Psychology Review, vol. 88.
- [۷]. Hopfield J. (1943). "Neurons with Graded Response have collective computational properties", Proceedings of the national Academy of science, vol. 5.
- [۸]. Hopfield, J. J. and Tank, D. W. (1986), "Simple neural optimization network: An A/D converter, signal decision circuit, and a linear programming circuit", IEEE Trans on Circuits and Systems, 33, 533-541.
- [۹]. Emadaldin, H. A. and Golafshani, M. and Rahai, A. and Sebt, M., H. (2012). "Prediction of bond strength of spliced steel bars in concrete using artificial neural network and fuzzy logic," Constr. Build. Mater, vol. 36, pp. 411-418.
- [۱۰]. Fukushima K. (1975). "Cognitron: A Self-organization Multilayered Neural Network", Biological Cybernetics, vol. 20.

- [۱۱]. VANLUCHENE, R. D. and SUN, R. (1990). "Neural Networks in Structural Engineering," Comput. Civ. Infrastruct. Eng., vol. 5, no. 3, pp. 207–215, doi: 10.1111/j.1467-8667.1990.tb00377.x.
- [12]. Chan CM., and Zou XK. (2004). "Elastic and inelastic drift performance optimization for reinforced concrete buildings under earthquake loads", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 33, 929- 950.
- [13]. Lee, J. J., & Lee, J. W., & Yi, J. H., & Yun, C. B., & Jung, H. Y. (2004). "Neural networks-based damage detection for bridges considering errors in baseline finite element models." journal of sound and Vibration ,280(2005),555-578.
- [14]. Fragiadakis M., Lagaros ND., Papadrakakis M. (2006). "Performancebased optimum design of steel structures considering life-cycle cost", Structural and Multidisciplinary Optimization.
- [15]. Qian, Y., & Mita, A. (2006). Structural damage identification using parzen-window approach and neural networks. Struct Control Health Monit. 2007; 14:576-590.
- [16]. Lin, C. J. and Tsai, H. M. (2008). "FPGA implementation of a wavelet neural network with particle swarm optimization learning," Math. Comput. Model., vol. 47, no. 9–10, pp. 982–996, doi: 10.1016/j.mcm.2007.05.013.
- [17]. Mehrjoo, M., & Khaji, N., & Moharrami, H., & Bahreininejad, A. (2008). "Damage detection of truss bridge joints using Artificial Neural Networks". Expert systems with Applications, vol.35, pp1122-1131.
- [18]. Li, F., & Wang, J., & Zang, Z. (2009). "A Method of structure Damage Identification for Shear Buildings." Computational Structural Engineering, 851-856.
- [19]. Meruane, V., & Heylen, W. (2011). "An hybrid real genetic algorithm to detect structural damage using modal properties.", Mechanical Systems and Signal Processing, 25(2011),1559- 1573.
- [20]. Gomes, H. M. (2011). "Truss optimization with dynamic constraints using a particle swarm algorithm," Expert Syst. Appl., vol. 38, no. 1, pp. 957–968, doi: 10.1016/j.eswa.2010.07.086.
- [21]. Afrifa, R. O., and Adom-Asamoah, M., & Owusu-Ansah, E. (2012). :Artificial neural network model for low strength RC beam shear capacity.", Journal of Science and Technology (Ghana), 32(2), 119-132.
- [22]. Nasrollahzadeh, K., & Basiri, M. M. (2014). "Prediction of shear strength of FRP reinforced concrete beams using fuzzy inference system.", Expert Systems with Applications, 41(4), 1006-1020.
- [23]. Behmanesh, I., & Moaveni, B., & Lombaert, G., & Papadimitriou, C. (2015). "Hierarchical Bayesian model updating for structural identification.", Mechanical Systems and Signal Processing, vol.64-65, pp.360-376.
- [24]. Açikgenç, M., and Ulaş, M., & Alyamaç, K. E. (2015). "Using an artificial neural network to predict mix compositions of steel fiber-reinforced concrete.", Arabian Journal for Science and Engineering, 40(2), 407-419.
- [25]. Villarrubia, G. and De Paz, J. F. and Chamoso, P. and De Prieta, F. and Villarrubia, G. (2017). "PT" Neurocomputing, doi: ۱۰.۱۰۱۶/۰.۰۰۰۰۰۰۰۰.۲۰۱۷.۰۴.۰۷۵.
- [26]. Avci, O., & Abdeljaber, O., & Kiranyaz, S., & Inman, D. (2017). "Structural Damage Detection in Real Time: Implementation of 1D Convolutional Neural Networks for SHM Applications.", Structural Health Monitoring & Damage Detection, vol.7, Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series.
- [27]. Chang, C.M., & Lin, T.K., & Chang, C.W. (2018). "Applications of neural network models for structural health monitoring based on derived modal properties." Measurement, volume 129, pp. 457-470.

[28]. Modarres, C., & Astorga, N., & Droguett, E.L., & Meruane, V. (2018). "Convolutional neural networks for automated damage recognition and damage type identification.", *Struct Control Health Monite* 2230.

[29]. Cai, B., Xu, L. F., & Fu, F. (2019). "Shear resistance prediction of post-fire reinforced concrete beams using artificial neural network.", *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 13(1), 1-13.

[30]. Yang, X. & Chen, X. (2019). "Damage identification method based on statistical properties of structural dynamic displacement.", *journal of civil structural Health Monitoring*, 9(2), 263- 269.

[31]. Fan, G., & Li, J., & Hao, H.(2020). "Vibration Signal DE noising for Structural Health Monitoring by Residual Convolutional Neural Networks." *Measurement*, vol.157, june2020,107651.

[32]. Mohammed, H. R. M. and Ismail, S., (2021). "Proposition of new computer artificial intelligence models for shear strength prediction of reinforced concrete beams.", *Engineering with Computers*, pp.1-19.

[۳۳]. شفیع‌فر، م، رضوانی، او، (۱۳۸۷)، زمینه‌ی کاربرد الگوریتم ژنتیک ساده در طراحی بهینه‌ی الگوی مهاربندی، نشریه‌ی مهندسی دریا، سال چهارم، شماره ۷، بهار ۱۳۸۷.

[۳۴]. شهابیان، ف، ابوالشیری، م. ح، احمدی، س. م، (۱۳۸۷)، بهینه‌سازی شبکه‌های دولایه فولادی توسط الگوریتم ژنتیک در تعامل با شبکه‌های عصبی مصنوعی، نشریه‌ی علمی پژوهشی سازه و فولاد، سال چهارم، شماره‌ی ۴، پائیز ۱۳۸۷.

[۳۵]. وطنی اسکویی، ا، سریع‌الاطلاق فرد، س، (۱۳۸۸)، استفاده از الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی قاب‌های فولادی با اتصالات نیمه‌صلب، نشریه‌ی علمی پژوهشی سازه و فولاد، سال پنجم، شماره‌ی ۶، زمستان ۱۳۸۸.

[۳۶]. شفابخش، غ، نادرپور، ح، نوروزی، ر، (۱۳۹۰)، انتخاب الگوریتم بهینه شبکه عصبی مصنوعی برای تحلیل روسازه صلب راه‌ها، مهندسی حمل و نقل، سال سوم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۰.

[۳۷]. کریمی، ا، (۱۳۹۴)، بهینه‌سازی وزن قاب‌های فولادی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، فصلنامه آنالیز سازه-زلزله، دوره ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴.

[۳۸]. راهداران، ع، حسینی، م. م، عظیمی‌نژاد، ا، (۱۳۹۶)، تشخیص آسیب در قاب فولادی با استفاده از شبکه‌های عصبی غیر احتمالاتی و در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها، هشتمین کنفرانس ملی سازه و فولاد مرکز همایش بین‌المللی هتل المپیک، ۱۰ و ۱۱ بهمن ۱۳۹۶.

[۳۹]. مرتضایی، ع، ابراهیمی، ی، همتی، ع، (۱۴۰۰)، محاسبه فاصله ایمن درز انقطاع در سازه‌های با مشخصات متفاوت با استفاده از هوش مصنوعی، مهندسی زیرساخت‌های حمل و نقل، شماره ۲۵، بهار ۱۴۰۰.

[۴۰]. سیفی اسگ شهر، م، ر، (۱۴۰۰)، بهینه‌سازی طراحی قاب بتن‌آرمه خورده شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک، نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۸، شماره ۸، ص ۶۹ تا ۸۴.

[۴۱]. قلی‌زاده، س، فرزاد، ک، (۱۴۰۰)، تعیین موقعیت بهینه سیستم مهاربند بازویی با استفاده از الگوریتم دلفین بهبود یافته در سازه‌های فولادی بلند بر اساس عملکرد لرزه‌ای، نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۸، شماره ۱۲، ص ۱۲۲ تا ۱۴۳.

[۴۲]. رضاییان، ج، حامسان، م، راسخی، ع، (۱۴۰۲)، بررسی کاربرد هوش مصنوعی در مهندسی عمران و خرابی پیشرونده، نشریه‌ی عمران و پژوهش، ۵(۹)، ص ۱۱-۲۲.

[۴۳]. سلیمی، ج. (۱۳۹۸)، پاورپوینت شبکه‌های عصبی مصنوعی برگرفته از کتاب‌های *Nearal Network Design*، مبانی شبکه‌های عصبی، *Nearal Network Toolbox of Matlab*.

[۴۴]. تگمارک، مکس. (۱۳۹۸). زندگی انسان بودن در عصر هوش مصنوعی، ترجمه: محمد امینی میثم، تهران: نشر نو.



کد اختصاصی:

۲۶۲۹۶-۰۴۲۵۰

همایش ملی ملاحظات آموزش در عصر هوش مصنوعی

National Conference on Education Considerations in the Era of Artificial Intelligence

[۴۵]. کروزیل، ری. (۲۰۱۳). چگونه ذهن ایجاد کنیم (راز اندیشه انسان فاش شد)، ترجمه: ساره گودرزی.

[46]. Berry, M. J. A., Linoff, G. (1997), "Data Mining Techniques", John wiley and sons, 450-4۶۰.

[47]. Hudson D.L., Cohen M.E. (1999), "Neural Network and Artificial Intelligence for Biomedical Engineering" IEEE Press Series on Biomedical Engineering.

[۴۸]. منهاج، م. ب.، پاورپوینت مبانی شبکه‌های عصبی برگرفته از کتاب مبانی شبکه‌های عصبی، محمد باقر منهاج.

[49]. Berry M.J.A., Linoff G. (1997) "Data Mining Techniques" John wiley & sons, pp 454.

[50]. Haykin S. (1999) "Neural Network: A Comprehensive Foundation " prentice hall, pp 842.