

رهیافت یادگیری ماشین در فناوری‌های نوین سازه و معماری

یاسر شهبازی^۱، محمدرضا چناقلو^۲، مهسا غفرانی^۳

^۱ دانشیار سازه‌های هوشمند و فناوری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

^۲ استاد گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

^۳ کارشناس ارشد تکنولوژی معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

چکیده

در پی گسترش روزافزون روش‌های ماشینی در فرآیند طراحی در همه زمینه‌ها، طراحی و فرم‌یابی سازه‌ای با استفاده از کامپیوتر نیز به دلیل امتیازاتی که می‌تواند به ارمغان آورد از این امر مستثنا نموده و به آن پرداخته می‌شود. بدین ترتیب مشکل محدودیت‌های انسانی مانند خستگی، زمان، عدم توانایی برای انجام کارهای تکراری و پیچیده و ... نیز از فرآیند طراحی حذف می‌شود. امروزه معماران و مهندسان سازه قادر به تولید فرم‌های پیچیده سازه‌ای در کوتاه‌ترین زمان با استفاده از رایانه می‌باشند. فرم‌یابی سازه‌ها از جمله مواردی است که نیازمند صرف انرژی و زمان زیادی توسط انسان می‌باشد. ولیکن با استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی می‌توان در مدت زمان کم و بدون نیاز به صرف انرژی زیاد، به تولید فرم‌های مختلف پرداخت. معماران و طراحان می‌توانند با استفاده از داده‌های مربوط به طراحی‌ها و ساخت‌وسازهای گذشته در پروژه‌های جدید از یادگیری ماشینی کمک بگیرند و از مزایایی که برای آن‌ها به ارمغان می‌آورد بهره‌مند شوند. در این پژوهش به بررسی یادگیری ماشینی و انواع آن و همچنین نقش آن در فناوری‌های نوین سازه و معماری به روش توصیفی-تحلیلی پرداخته شده است که اطلاعات مورد نیاز نیز از طریق مطالعات کتابخانه‌ای دقیق گردآوری شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: یادگیری ماشینی، فناوری معماری، هوش مصنوعی، فرم‌یابی سازه

۱- مقدمه

دنیای امروزی که در آن زندگی می‌کنیم تلفیقی از انسان‌ها و ماشین‌ها و فرآیندهای مشترک بین این دو می‌باشد. این ماشین‌ها که جایگاه خاصی در زندگی انسان امروز دارند، نیاز به برنامه‌نویسی دارند تا وظایف خود را انجام دهند. حال اگر این ماشین‌ها بتوانند بدون نیاز به برنامه‌نویسی مستقیم و صرفاً بر اساس تجربیات خود از داده‌های ورودی عمل کنند، به این فرآیند یادگیری ماشین می‌گویند. به‌طور کلی، هدف یک برنامه رایانه‌ای که یادگیری ماشینی را به کار می‌برد، تحلیل داده‌ها و یافتن الگو یا روندی می‌گردد که از آن استفاده کرده و مدل پیش‌بینی‌کننده‌ای ایجاد کند که از داده‌های دریافتی یاد بگیرد (منصفی، ۱۳۹۴). در زمینه معماری نیز با استفاده از یادگیری ماشینی و آموزش درست کامپیوترها به عنوان ماشین می‌توان عرصه دانش معماری را گسترش داد و کار طراحان و مهندسان را دستخوش تغییر کرد (Heidari و Tabari، 2019).

فرم یابی سازه‌های از جمله مباحثی است که نیاز به صرف زمان و انرژی زیاد از طرف نیروی انسانی دارد اما می‌توان با استفاده از یادگیری ماشین این فرآیند را تسهیل نمود. اولین و مهم‌ترین مزیت این امر کاهش نقش عوامل انسانی و در نتیجه آن از بین رفتن محدودیت‌های انسان در طراحی و فرم یابی می‌باشد. نیروی انسانی به دلیل توانایی محدود خود، قادر به حل مسائل بسیار پیچیده و تکرار زیاد فعالیت‌ها نیست، اما ماشین‌ها قابلیت بالایی در حل این مشکلات در کسری از ثانیه دارند.

یادگیری ماشین زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی می‌باشد که امکان آموزش خودکار ماشین بدون نیاز به مداخله انسان را فراهم می‌کند (پهلوانی قمی و همکاران، ۱۳۹۹). در طول چند دهه گذشته، یادگیری ماشینی با تلاش تعدادی از علاقه‌مندان رایانه برای استفاده از امکان یادگیری رایانه برای بازی‌های رایانه‌ای و بخشی از ریاضیات به یک رشته تحقیقاتی مستقل تبدیل شده است که نه تنها بستر لازم را برای اصول آماری-محاسباتی روش‌های یادگیری فراهم کرده است، بلکه الگوریتم‌های مختلفی را نیز توسعه داده است که برای تفسیر متن، تشخیص الگو و بسیاری از اهداف دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. یادگیری ماشین الگویی است که به یادگیری از تجربیات گذشته (که همان داده‌های قبلی است) برای بهبود عملکرد آینده می‌پردازد. تنها تمرکز این رشته روش‌های یادگیری خودکار است. واژه «یادگیری» به اصلاح یا بهبود الگوریتم بر اساس تجارب گذشته به طور خودکار و بدون هیچ‌گونه کمک خارجی از سوی انسان اشاره دارد (Das و Behera، 2017).

یادگیری ماشینی در زمینه‌های مختلفی از جمله: رباتیک، دستیاران شخصی مجازی، بازی‌های رایانه‌ای، تشخیص الگو، پردازش زبان طبیعی، پردازش گفتار، داده‌کاوی، پیش‌بینی ترافیک، شبکه حمل‌ونقل آنلاین، پیش‌بینی بازار سهام، بهداشت و درمان، مشاوره کشاورزی، اصلاح نتایج موتور جستجو، فیلتر کردن هرزنامه‌های ایمیل، پیش‌بینی جرم و خدمات رسانه‌های اجتماعی کاربرد دارد. تلاش پژوهشگران تمام این زمینه‌ها طراحی الگوریتمی است که صرفاً به حل مسئله بصورت مستقیم نپردازد، بلکه بتواند برای حل آن مسئله از داده‌های آموزشی خود استفاده کند (Athmaja و همکاران، ۲۰۱۷؛ Mitchell و Jordan، ۲۰۱۵؛ Ray، ۲۰۱۹؛ Srivastava و همکاران، ۲۰۱۹).

۲- پیشینه پژوهش

استفاده از هوش مصنوعی در طراحی سازه در اوایل سال ۱۹۷۸ توسط Fenves و Norabhoompipat (۱۹۷۸) مورد بحث قرار گرفت و نمونه‌های کاربردی آن در اوایل دهه ۱۹۸۰ ظاهر شد. به عنوان مثال، Bennett و همکاران (۱۹۷۸) برنامه‌ای متشکل از ۱۷۰ قانون تولید و ۱۴۰ پارامتر را برای کمک به مهندسين در کاربرد تحلیل المان محدود (FEA) در طراحی سازه‌های ساختمانی ایجاد کردند. همچنین، Maher (۱۹۸۶) سیستمی خبره برای طراحی اولیه ساختمان‌های قاب‌بندی مرتفع

ساختند. آنها از فاکتورهای توزین برای مقایسه گرانس و سیستم های ساختاری مقاوم جانبی مختلف استفاده کردند که بر اساس معیار یک تابع ارزیابی خطی، "بهترین" طرح را انتخاب میکرد.

با گذشت زمان، استدلال احتمالی راه خود را به یادگیری ماشینی باز کرد و توانست هوش را بر اساس انتقال اطلاعات عصبی انسان مدل کند (Rumelhart, 1994)، و شروع به پایین آوردن نیازهای محاسباتی در ذخیره سازی و پردازش به سطوح قابل مدیریت کرد. در همین حال، شبکه های عصبی مصنوعی یا به اختصار شبکه های عصبی (NN) در تمام شاخه های طراحی مهندسی شروع به پیشرفت کرد. یکی از اولین مطالعاتی که شبکه عصبی مصنوعی پس انتشار را در مهندسی سازه به کار برد، توسط Vanluchene و Sun (۱۹۹۰) انجام شد. آنها در مطالعه پیشگام خود، شبکه عصبی مصنوعی را برای تشخیص الگوی یک تیر بارگذاری شده، برای طراحی یک تیر بتن مسلح با تکیه گاه ساده و برای تجزیه و تحلیل ساختاری یک صفحه به کار بردند. شبکه های عصبی انتزاعی از عملکرد مغز انسان هستند که هدفشان تقلید توانایی مغز در کسب دانش از طریق یادگیری و ذخیره سازی در قالب وزن های سیناپسی به هم پیوسته است. مدل های شبکه عصبی (و انواع یادگیری عمیق آنها) امروزه به دلیل قابلیت های فوق العاده شان مانند تشخیص ویژگی و افزایش قدرت محاسباتی همراه با دسترسی وسیع به ابزارها و کتابخانه ها، بسیار محبوب شده اند. ادبیات موضوعی مربوط به کاربردهای شبکه های عصبی (و در واقع یادگیری ماشینی) در مهندسی سازه بسیار گسترده است. Sun و همکاران (۲۰۲۱) مروری جامع از روش های یادگیری ماشینی مورد استفاده در زمینه سازه و شناسایی شرایط ساختاری ارائه کرده اند.

۳- تاریخچه یادگیری ماشینی

یادگیری ماشینی فناوری توسعه الگوریتم های کامپیوتری است که قادر به تقلید از هوش انسان هستند. این فناوری از ایده هایی از رشته های مختلف مانند هوش مصنوعی، احتمال و آمار، علوم کامپیوتر، نظریه اطلاعات، روانشناسی، نظریه کنترل و فلسفه استفاده می کند (Alpaydin, 2020, Mitchell, 1997, Svensén و Bishop, 2007). یادگیری ماشینی در زمینه های مختلفی مانند تشخیص الگو (Svensén و Bishop, 2007)، بینایی کامپیوتر (Apolloni و همکاران، ۲۰۰۵)، مهندسی فضاپیما (Ao و همکاران، ۲۰۱۰)، امور مالی (Gyorfi و همکاران، ۲۰۱۲)، سرگرمی (Yu, 2007, Xu و Gong) و Tao, 2013)، اکولوژی (Fielding, 1999)، زیست شناسی محاسباتی (Mitra و همکاران، ۲۰۰۸؛ Yang, 2010) و کاربردهای زیست پزشکی و پزشکی (Cleophas و همکاران، ۲۰۱۳؛ Malley و همکاران، ۲۰۱۱) به کار گرفته شده است. مهمترین ویژگی این الگوریتم ها توانایی متمایز آنها در یادگیری محیط اطراف از داده های ورودی با یا بدون ناظر است (Alpaydin, 2020, Mitchell, 1997).

از لحاظ تاریخی، آغاز یادگیری ماشینی را می توان در قرن هفدهم با توسعه ماشین هایی که می توانستند توانایی انسان در جمع و تفریق را تقلید کنند، توسط پاسکال و لایب نیتس، دنبال کرد (Ifrah, 2001). در تاریخ معاصر سرآغاز پژوهش در مورد یادگیری ماشینی پرسشی بود که آلن تورینگ در سال ۱۹۵۰ در مقاله ای مطرح کرد: «آیا ماشین فکر می کند؟» پس از او در سال ۱۹۵۹ در آمریکا یکی از پیشروان رشته بازی های کامپیوتری و هوش مصنوعی به نام آرتور ساموئل واژه «یادگیری ماشین» را ابداع کرد و نشان داد که رایانه ها را می توان طوری برنامه ریزی کرد که بازی چکرز را یاد بگیرند (Samuel, ۱۹۵۹). از دیدگاه او یادگیری ماشین زیرمجموعه ای از مباحث هوش مصنوعی است که به سیستم ها توانایی یادگیری بدون نیاز به برنامه ریزی مستقیم را میدهد. سپس در سال ۱۹۵۸ فردی به نام روزنبلات با توسعه پرسپترون به عنوان یکی از

معماری های اولیه شبکه عصبی راه آرتور ساموئل را ادامه داد (Rosenblatt, 1958). هر چند که بعدها مینسکی در مقاله ای با نام *Perceptrons; an introduction to computational geometry* اعلام کرد توانایی طبقه بندی پرسپترون محدود به مسائل خطی قابل تفکیک است و نمیتواند مسائل غیرخطی معمولی مانند یک منطق ساده XOR را طبقه بندی کند و به این ترتیب از میزان اهمیت کار روزنیلات کاسته شد (Minsky و Papert, ۱۹۶۹). بعد از او در سال ۱۹۷۵ با توسعه پرسپترون چندلایه (MLP) توسط Werbos پیشرفت چشمگیری در این زمینه حاصل شد (Werbos, 1974). این امر با توسعه الگوریتم درختان تصمیم توسط کوینلان در سال ۱۹۸۶ دنبال شد (Quinlan, 1986). متعاقباً الگوریتم های یادگیری ماشینی مجموعه ای که چندین یادگیرنده را ترکیب می کنند، از جمله Adaboost (Schapire, 1999) و جنگل های تصادفی پیشنهاد شدند (Breiman, 2001). اخیراً، الگوریتم های یادگیری چندلایه توزیع شده تحت مفهوم یادگیری عمیق ظاهر شده اند (Hinton, 2007). این الگوریتم ها می توانند با آموختن داده های ورودی، استخراج اطلاعات به هنگام ساختن طبقه بندی کننده ها یا سایر پیش بینی کننده ها را آسان تر کنند (Bengio و همکاران، ۲۰۱۳).

۴- تعریف یادگیری ماشینی

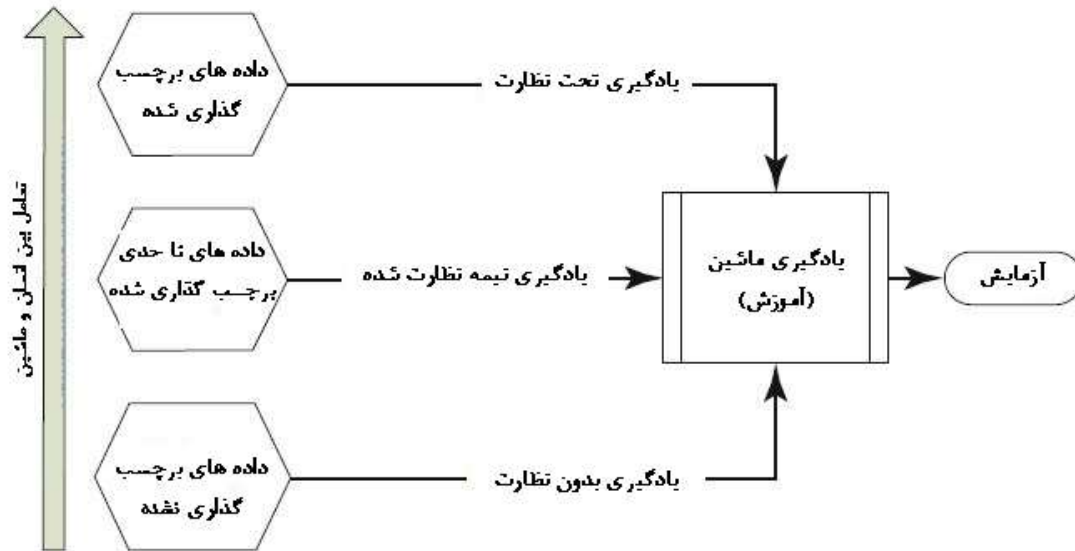
حوزه یادگیری ماشین چندین تعریف رسمی در ادبیات دریافت کرده است. آرتور ساموئل در مقاله اصلی خود، یادگیری ماشینی را به عنوان "رشته مطالعه ای که به رایانه ها توانایی یادگیری بدون برنامه ریزی صریح را می دهد" تعریف کرده است (Samuel, 1959). تام میچل با استفاده از واژگان علوم کامپیوتر، آن را اینگونه ارائه کرده است: «به یک برنامه رایانه ای گفته می شود که با استفاده از تجربه با توجه به دسته ای از وظایف و معیارهای عملکرد یاد می گیرد» (Mitchell, 1997). انهم آلیپایدین در کتاب درسی خود، یادگیری ماشینی را به عنوان رشته «برنامه نویسی رایانه ها برای بهینه سازی یک معیار عملکرد با استفاده از داده های نمونه یا تجربه گذشته» تعریف کرده است (Alpaydin, 2020). این تعاریف مختلف، مفهوم مربی گری رایانه ها با یادگیری محیط اطراف از طریق مثال های مکرر را برای انجام هوشمندانه وظایف به اشتراک می گذارند.

۵- یادگیری از داده ها

توانایی یادگیری از طریق ورودی از محیط اطراف، اعم از بازی چکرز یا شطرنج، یا تشخیص الگوهای نوشتاری، یا حل مشکلات در انکولوژی، کلید اصلی توسعه یک برنامه یادگیری ماشینی موفق است. یادگیری در این زمینه به عنوان تخمین وابستگی از داده ها تعریف می شود (Cherkassky و Mulier, 2007). حوزه های داده کاوی و یادگیری ماشینی در هم تنیده شده اند. داده کاوی از الگوریتم های یادگیری ماشین برای بازیابی داده از پایگاه های داده بزرگ و کشف دانش پنهان در داده ها استفاده می کند، در حالی که بسیاری از الگوریتم های یادگیری ماشین از روش های داده کاوی برای پیش پردازش داده ها قبل از یادگیری وظایف مورد نظر استفاده می کنند (Kargupta و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال، باید توجه داشت که یادگیری ماشینی به حل مشکلات شبیه به پایگاه داده محدود نمی شود، بلکه قادر به حل چالش های پیچیده هوش مصنوعی از طریق یادگیری یک وضعیت در حال تغییر مانند پرتودرمانی انکولوژی نیز می باشد. یادگیری ماشینی دارای هر دو جنبه علوم مهندسی مانند ساختار داده ها، الگوریتم ها، احتمالات و آمار و تئوری اطلاعات و کنترل و جنبه های علوم اجتماعی با استخراج ایده هایی از روانشناسی و فلسفه است (El Naqa و Murphy, 2015).

۶- مروری بر رویکردهای یادگیری ماشینی

الگوریتم های یادگیری ماشین را می توان با توجه به ماهیت برجسب گذاری داده ها همانطور که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است به سه دسته تقسیم کرد: تحت نظارت^۱، بدون نظارت^۲ و نیمه نظارت شده^۳.



شکل ۱. دسته بندی الگوریتم های یادگیری ماشین بر اساس ماهیت داده های آموزشی (ماخذ: نگارنده)

۶-۱- یادگیری نظارت شده

یادگیری نظارت شده برای تخمین داده های ناشناخته (ورودی، خروجی) از نمونه های شناخته شده (ورودی، خروجی)، که در آن خروجی برجسب گذاری شده است (به عنوان مثال، طبقه بندی و رگرسیون) استفاده می شود. در این روش مجموعه ی داده آموزشی ما دارای ورودی و خروجی مناسب است. در طی عملیات یادگیری، مدلی تولید می شود که متغیرها را برای نمایش ورودی به خروجی متناظر تنظیم می کند. این نوع یادگیری محبوب ترین الگوی انجام عملیات یادگیری ماشین است. این الگوریتم ها کاملاً وظیفه محور هستند. بدین معنی که با فراهم کردن نمونه های بیشتر، توانایی الگوریتم برای یادگیری صحیح تر افزایش می یابد و در نتیجه وظیفه اش را بهتر انجام می دهد و خروجی دقیق تری به ما ارائه می دهد (Ray, ۲۰۱۹). بعضی از الگوریتم هایی که در مجموعه یادگیری تحت نظارت قرار می گیرند عبارتند از:

۶-۱-۱- رگرسیون خطی^۴

از این الگوریتم برای اندازه گیری رابطه خطی بین دو و یا چندین متغیر استفاده می شود. بر اساس این الگوریتم می توانیم پیش بینی هایی را که تابع این رابطه خطی هستند را انجام دهیم.

^۱ Supervised Learning

^۲ UnSupervised Learning

^۳ Semi Supervised Learning

^۴ Linear Regression

۶-۱-۲- جنگل تصادفی^۵

جنگل تصادفی که یک روش یادگیری گروهی است از الگوریتم های درخت تصمیم ساخته شده است. این الگوریتم در صنایع مختلفی مانند بانکداری و تجارت الکترونیک برای پیش بینی رفتار و نتایج به کار می رود. جنگل تصادفی چندین درخت تصمیم می سازد و آنها را با هم ادغام می کند تا پیش بینی دقیق تر و پایدارتری به دست آورد.

۶-۱-۳- تقویت گرادیان^۶

این الگوریتم نیز مانند جنگل های تصادفی یک روش یادگیری گروهی است که متشکل است از مجموعه درختان تصمیم گیری ضعیفی که در نهایت به یک کلاسه بند با قدرت منتهی میشوند.

۶-۱-۴- ماشین بردار پشتیبان^۷

از این الگوریتم قدرتمند برای کلاسه بندی و تحلیل رگرسیون استفاده می شود. با استفاده از این الگوریتم می توان مجموعه داده های باینری (دودویی) را به دو کلاس مختلف تقسیم بندی کرد.

۶-۱-۵- شبکه های عصبی مصنوعی

ایده اصلی این شبکه ها از مغز انسان الهام گرفته شده است و همانند مغز قادر به یادگیری در طول زمان میباشند. این سیستم از تعداد زیادی عنصر پردازشی بهم پیوسته به نام نرون تشکیل شده که برای حل مسائل بصورت هماهنگ با یکدیگر عمل می کنند.

۶-۲- یادگیری بدون نظارت

در یادگیری بدون نظارت، فقط نمونه های ورودی به سیستم یادگیری داده می شود (به عنوان مثال، خوشه بندی و تخمین تابع چگالی احتمال). در این دسته بندی هدفی برای تولید خروجی وجود ندارد بلکه الگوریتم های استفاده شده، داده های ما را به گروه های مختلف دسته بندی میکنند. از یادگیری بدون نظارت به عنوان مقدمه ای برای یادگیری تحت نظارت نیز استفاده می شود. در این روش مجموعه داده ها بصورت مشخص در دسته های مختلف برچسب گذاری نمیشوند بلکه خود الگوریتم الگوهای ضمنی را می یابد و بر اساس آنها آموزش میبیند. این الگوریتم ها مجموعه داده ها را بر اساس مولفه هایی همچون ساختار، تراکم و بخش های مشابه شناسایی میکنند (Ayodele, ۲۰۱۰). تعدادی از الگوریتم هایی که در مجموعه یادگیری بدون نظارت قرار میگیرند عبارتند از:

۶-۲-۱- خوشه بندی

آنالیز خوشه ای روشی برای دسته بندی مجموعه داده های مشابه در یک دسته است که با داده های دسته دیگر متفاوت است. برای خوشه بندی روش های مختلفی مثل خوشه بندی سلسله مراتبی، الگوریتم k-means و الگوریتم DBSCAN وجود دارد.

⁵ Random Forest

⁶ Gradient Boosting

⁷ Support Vector Machine

۶-۲-۲- تشخیص ناهنجاری

در این الگوریتم ها فرض بر این است داده‌هایی که متناسب با باقی مجموعه داده ها هستند، داده نرمال میباشند و بقیه داده ها پرت محسوب شده و بدون برچسب باقی میمانند.

۶-۲-۳- خودرمزگذارها

این الگوریتم ها نوعی شبکه عصبی هستند که در یادگیری بدون نظارت برای مواردی همچون کاهش ابعاد و حذف نویز استفاده میشوند.

۶-۲-۴- شبکه باور عمیق

شبکه های باور عمیق از نوع الگوریتم های مولد هستند. در واقع این شبکه ها نوعی از شبکه های عصبی هستند با این تفاوت که شبکه های باور عمیق مجموعه ورودی ها را بازسازی میکنند تا بتوانند به عنوان تشخیص گر ویژگی ها عمل کنند.

۶-۳- یادگیری نیمه نظارت شده

یادگیری نیمه نظارت شده ترکیبی از روش های نظارت شده و بدون نظارت است که در آن بخشی از داده ها تا حدی برچسب گذاری شده است و بخش برچسب گذاری شده برای استنتاج بخش بدون برچسب استفاده می شود (به عنوان مثال، سیستم های بازیابی متن/تصویر).

۷- دسته بندی های دیگر یادگیری ماشین

یادگیری ماشینی را می توان از جنبه های مختلفی طبقه بندی کرد. از دیدگاه یادگیری مفهومی، یادگیری ماشین را می توان به یادگیری انتقالی و استقرایی طبقه بندی کرد (Vapnik, ۱۹۹۹). یادگیری انتقالی شامل استنتاج از موارد آموزشی خاص به موارد آزمایشی خاص با استفاده از برچسب های گسسته مانند خوشه بندی یا استفاده از برچسب های پیوسته مانند یادگیری چندگانه است. از سوی دیگر، هدف یادگیری استقرایی پیش بینی خروجی هایی از ورودی هایی است که یادگیرنده قبلاً با آن ها مواجه نشده بود.

از دیدگاه احتمالی، الگوریتم های یادگیری ماشین را می توان به مدل های متمایز یا مولد تقسیم کرد. یک الگوریتم متمایز، احتمال مشروط یک خروجی را با توجه به ورودی های مشخصی، مانند شبکه های عصبی یا ماشین بردار پشتیبان، اندازه گیری می کند. حال اینکه در مورد یک الگوریتم مولد مشخص نیست که آیا مانند شبکه های بیزی از تکنیک مدل سازی نموداری استفاده می کند یا مانند الگوریتم بیز ساده لوح از این تکنیک استفاده نمی کند (El Naqa و Murphy, 2015).

دسته جالب دیگری از الگوریتم های یادگیری ماشینی که سعی در کنترل یادگیری با استفاده از سیستم بازخورد دارند، یادگیری تقویتی است که در آن یک عامل تلاش می کند تا مجموعه ای از اقدامات را انجام دهد که ممکن است پاداش جمعی مانند برنده شدن در یک بازی چکرز را به حداکثر برساند. این نوع از یادگیری حوزه وسیع تری از هوش مصنوعی را شامل می شود و به ماشین ها توانایی تعامل با محیط پویای اطرافشان در راستای رسیدن به هدف مورد نظر را می دهد. در نتیجه این امر ماشین ها می توانند بازخورد ایده آل در یک زمینه بخصوص را تشخیص داده و ارزیابی نمایند. در نهایت به کمک بازخورد

پاداش، قدرت یادگیری و بهبود عملکرد عامل ها به مرور زمان بالاتر می‌رود. در واقع بازخورد پاداش به عنوان یک سیگنال تقویتی عمل میکند (Sutton و Barto, ۲۰۱۸).

۸- نتیجه‌گیری

یادگیری ماشینی شاخه‌ای از علم است که به بازآفرینی عملکردهای شناختی انسان با ابزارهای مصنوعی می‌پردازد. ابزارهای یادگیری ماشینی که اکنون در دسترس هستند به مهندسان اجازه می‌دهند به فضاهای پیچیده چند بعدی فراتر از توانایی هوش انسانی به تنهایی دسترسی داشته باشند. مشخصه تعیین‌کننده یادگیری ماشینی برای شناسایی الگوهای پیچیده و استفاده از آن‌ها برای پیش‌بینی یا پیشنهاد راه‌حل‌های طراحی مهندسی جدید، مبنایی را برای خودکارسازی بخش‌های بزرگی از روند طراحی تشکیل می‌دهد. نکته مهم این است که کاوش‌های انجام شده با یادگیری ماشین می‌توانند نه تنها فاکتورهای مکانیکی سخت، بلکه معیارهای سلیقه و شهود را نیز شامل شوند. در واقع، اگرچه در حال حاضر امری دشوار به نظر می‌رسد، اما ظرفیت یادگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌تواند برای ترکیب معیارهای زیبایی‌شناختی و خلاقانه‌ای که گاهی بیان آن‌ها دشوار است، استفاده شود. مزیت دیگر الگوریتم‌های یادگیری ماشینی که در طراحی به کار می‌روند، افزایش تنوع خروجی‌های تولید شده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشینی تنوع طراحی را با ترکیب مجدد ویژگی‌هایی که مشخصه طرح‌های فردی هستند افزایش می‌دهند و راه‌حلهایی فراتر از آنچه مهندسان انسانی تصور می‌کردند تولید می‌کنند. این از نو ترکیب شدن معمولاً در طراحی‌های مهندسی به دلیل نیاز به داده‌های بزرگ و همچنین صرف زمان بیشتر، نادیده گرفته می‌شود. با این حال، با استفاده از ابزارهای افزایش داده‌ها و شبیه‌سازی کامپیوتری، انتظار می‌رود که این محدودیت نیز در آینده حل شود. در نهایت، متخصصین این رشته باید همچنان در زمینه توسعه این الگوریتم‌ها تلاش کنند و آن را توسعه بخشند تا در آینده‌ای نه چندان دور شاهد پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه استفاده از یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی برای طراحی و فرمیابی سازه‌ای و معماری باشیم.

منابع

۱. پهلوانی قمی محمد؛ اوسطی عراقی نفیسه و نظری سارا. (۱۳۹۹). یادگیری ماشین، تکنیک‌ها و الگوریتم‌ها. دومین کنفرانس ملی مهارت‌های نوین در مهندسی برق، کامپیوتر و فن‌آوری ارتباطات، <https://civilica.com/doc/1041683>.
2. Alpaydin Ethem. (2020). Introduction to machine learning: MIT press.
3. Ao Sio-Iong؛ Rieger Burghard B و Amouzegar Mahyar. (2010). Machine learning and systems engineering (Vol. 68): Springer Science & Business Media.
4. Apolloni Bruno؛ Ghosh Ashish؛ Alpaslan Ferda و Patnaik Srikanta. (2005). Machine learning and robot perception (Vol. 7): Springer Science & Business Media.
5. Athmaja S؛ Hanumanthappa M و Kavitha Vasantha. (2017). A survey of machine learning algorithms for big data analytics. the 2017 International conference on innovations in information, embedded and communication systems (ICIIECS).
6. Ayodele Taiwo Oladipupo. (2010). Types of machine learning algorithms. New advances in machine learning ,3: 19-48.

7. Bengio Yoshua، Courville Aaron و Vincent Pascal. (2013). Representation learning: A review and new perspectives. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence . 35(8): 1798-1828.
8. Bennett James، Creary Lewis، Englemore Robert و Melosh Robert. (1978). SACON: A Knowledge-Based Consultant for Structural Analysis: STANFORD UNIV CALIF DEPT OF COMPUTER SCIENCE.
9. Breiman Leo. (2001). Random forests. Machine learning 45(1): 5-32.
10. Cherkassky Vladimir و Mulier Filip M. (2007). Learning from data: concepts, theory, and methods: John Wiley & Sons.
11. Cleophas Ton J، Zwinderman Aeilko H و Cleophas-Allers Henny I. (2013). Machine learning in medicine (Vol. 9): Springer.
12. Das Kajaree و Behera Rabi Narayan. (2017). A Survey on Machine Learning: Concept, Algorithms and Applications. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering 5.
13. El Naqa Issam و Murphy Martin J. (2015). What Is Machine Learning? In El Naqa Issam ،Li Ruijiang و Murphy Martin J. (Eds.) Machine Learning in Radiation Oncology: Theory and Applications (pp. 3-11). Cham: Springer International Publishing.
14. Fenves Steven J و Norabhoompipat T. (1978). Potentials for artificial intelligence applications in structural engineering design and detailing. Artificial intelligence and pattern recognition in computer aided design: 105-119.
15. Fielding Alan. (1999). Machine learning methods for ecological applications: Springer Science & Business Media.
16. Gong Yihong و Xu Wei. (2007). Machine learning for multimedia content analysis (Vol. 30): Springer Science & Business Media.
17. Gyorfı Laszlo، Ottucsak Gyorgy و Walk Harro. (2012). Machine learning for financial engineering (Vol. 8): World Scientific.
18. Heidari Farahbod و Tabari Mohammad. (2019). Machine Learning for Designers.
19. Hinton Geoffrey E. (2007). Learning multiple layers of representation. Trends in cognitive sciences 11(10): 428-434.
20. Ifrah Georges. (2001). The universal history of computing: From the abacus to the quantum computer: John Wiley & Sons, Inc.
21. Jordan Michael I و Mitchell Tom M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science 349(6245): 255-260.
22. Kargupta Hillol، Han Jiawei، Philip S Yu، Motwani Rajeev و Kumar Vipin. (2008). Next generation of data mining: CRC Press.
23. Maher Mary Lou. (1986). HI-RISE: A KNOWLEDGE-BASED EXPERT SYSTEM FOR THE PRELIMINARY STRUCTURAL DESIGN OF HIGH RISE BUILDINGS.
24. Malley James D، Malley Karen G و Pajevic Sinisa. (2011). Statistical learning for biomedical data: Cambridge University Press.

25. Minsky Marvin و Papert Seymour. (1969). An introduction to computational geometry. Cambridge tiass., HIT.
26. Mitchell A. (1997). TM Machine Learning in Ecosystem Informatics and Sustainability: McGraw-Hill Science/Engineering/Math: New York, NY, USA.
27. Mitra Sushmita، Datta Sujay، Perkins Theodore و Michailidis George. (2008). Introduction to machine learning and bioinformatics: CRC Press.
28. Quinlan J. Ross. (1986). Induction of decision trees. Machine learning .1(1): 81-106.
29. Ray S. (2019, 14-16 Feb. 2019). A Quick Review of Machine Learning Algorithms. the 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon).
30. Rosenblatt Frank. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological review .65(6): 386.
31. Rumelhart David E. (1994). Toward an interactive model of reading: International Reading Association.
32. Samuel Arthur L. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. IBM Journal of research and development .3(3): 210-229.
33. Schapire Robert E. (1999). A brief introduction to boosting. the Ijcai.
34. Srivastava Aditya، Saini Sonia و Gupta Deepa. (2019). Comparison of various machine learning techniques and its uses in different fields. the 2019 3rd International conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA).
35. Sun Han، Burton Henry V و Huang Honglan. (2021). Machine learning applications for building structural design and performance assessment: state-of-the-art review. Journal of Building Engineering .33: 101816.
36. Sutton Richard S و Barto Andrew G. (2018). Reinforcement learning: An introduction: MIT press.
37. Svensén Markus و Bishop Christopher M. (2007). Pattern recognition and machine learning: Springer Berlin/Heidelberg, Germany.
38. Vanluchene Rd و Sun Roufei. (1990). Neural networks in structural engineering. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering .5(3): 207-215.
39. Vapnik Vladimir N. (1999). An overview of statistical learning theory. IEEE transactions on neural networks .10(5): 988-999.
40. Werbos Paul. (1974). Beyond regression:" new tools for prediction and analysis in the behavioral sciences. Ph. D. dissertation, Harvard University.
41. Yang Zheng Rong. (2010). Machine learning approaches to bioinformatics (Vol. 4): World scientific.
42. Yu Jun و Tao Dacheng. (2013). Modern machine learning techniques and their applications in cartoon animation research (Vol. 4): John Wiley & Sons.
43. Koronaki Antiopi ،Shepherd Paul و Evernden Mark. (2020). Rationalization of freeform space-frame structures: Reducing variability in the joints. *International Journal of Architectural Computing* .18(1): 84-99.

44. Noever Peter Haslinger Regina Coop Himmelblau. (1991). *Architecture in transition: between deconstruction and new modernism*. Munich; New York: Prestel; Distributed in the USA and Canada by te Neues Pub. Co.
45. Wong Joseph F. (2010). The text of free-form architecture: a qualitative study of the discourse of four architects. *Design Studies* 31(3): 237-267.

Machine Learning Approach in New Structural Technologies and Architecture

Yaser Shahbazi¹, MohammadReza Chenaqloo², Mahsa Ghofrani³

¹ Associate Professor of Smart Structures, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

² Professor, Faculty of Civil Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran

³ Master of Architectural Technology, Faculty of Architecture and Urbanism, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran

Abstract

Following the increasing development of machine methods in the design process in all fields, the design and formulation of structures using computers is no exception and will be addressed because of the advantages it can bring. In this way, the problem of human limitations such as fatigue, time, inability to perform repetitive and complex tasks, etc. are also removed from the design process. Today, architects and structural engineers can produce complex structural forms in the shortest time using a computer. Forming structures is one of the things that require a lot of energy and time by humans. However, using artificial intelligence and machine learning, it is possible to produce different forms in a short time and without the need to spend a lot of energy. Architects and designers can benefit from machine learning by using data from past designs and constructions in new projects and reap the benefits it brings to them. In this research, machine learning and its types as well as its role in new structural technologies and architecture have been studied in a descriptive-analytical method, and the required information has been collected through detailed library studies.

Keywords: Machine Learning, Architectural Technology, Artificial Intelligence, Structural Form-Finding.
