

یادگیری عمیق در پزشکی

مبینا میرزابابایی دانشجوی کارشناسی مهندسی کامپیوتر

استاد ملیحه محمدی

چکیده

یادگیری عمیق، به عنوان یکی از شاخه های یادگیری ماشین، در سال های اخیر توجه بسیاری را در حوزه پزشکی به خود جلب کرده است. این تکنیک ها با توانایی شناسایی الگوهای پیچیده و پردازش داده های بزرگ، بهبود چشمگیری در تشخیص بیماری ها، تحلیل تصاویر پزشکی و پیش بینی نتایج بالینی را فراهم کرده اند.

پیشرفت های انتزاعی در زیست و تکنولوژی های زیستی، حجم بسیار زیادی از داده های زیستی و فیزیولوژیک را ایجاد کرده است، از جمله تصویرهای پزشکی، الکتروانسفالوگرافی، نقشه های ژنوم و توالی های پروتئینی. یادگیری با استفاده از این داده ها منجر به تسهیل درک ما نسبت به سلامت و بیماری های انسان می شود. الگوریتم های مبتنی بر یادگیری عمیق که از شبکه های عصبی مصنوعی توسعه پیدا کرده اند، توانایی بالایی برای استخراج کردن ویژگی و الگوهای یادگیری از داده های پیچیده را از خودشان نشان داده اند. هدف این مقاله فراهم کردن مروری بر روی تکنیک های یادگیری عمیق و بعضی از جدیدترین کاربردهای آن ها در زمینه پزشکی می باشد. ما نخست توسعه شبکه های عصبی و یادگیری عمیق را ارائه می کنیم. سپس دو بخش اصلی از یادگیری عمیق، یعنی معماری یادگیری عمیق و بهینه سازی مدل را ارائه می کنیم. در نهایت بعضی از نمونه های کاربردی روش یادگیری عمیق ارائه می گردد، از جمله طبقه بندی تصاویر پزشکی، تحلیل توالی ها، و همچنین طبقه بندی و پیش بینی کردن ساختار پروتئین ها. و در آخر ما دیدگاه و موارد قابل توجه خودمان را در رابطه با جهت اتی در زمینه یادگیری عمیق را ارائه می کنیم.

کلمات کلیدی: یادگیری عمیق، داده های بزرگ، انفورماتیک زیستی، انفورماتیک پزشکی، تصویر های پزشکی.

مقدمه

پیشرفت های فناوری اطلاعات و داده، فرصت های جدیدی را برای بهبود کیفیت خدمات درمانی فراهم کرده است. یادگیری عمیق، با استفاده از شبکه عصبی چند لایه، توانایی تحلیل داده های پیچیده و غیرساختار یافته را دارد.

یادگیری عمیق یکی از روش های جدید با رشد سریع در زمینه یادگیری ماشین می باشد. در این روش تلاش می شود تا استخراج ویژگی ها و اطلاعات مفید از داده هایی با مقیاس بزرگ، با استفاده از شبکه های عصبی عمیق چند لایه ای (DNN)، استخراج شود تا بتوان از داده هایی مانند تصاویر، صداها و متن ها، اطلاعات مفید به دست آورد.

یادگیری عمیق به صورت عمومی دارای دو ویژگی می باشد: (۱) لایه های چندگانه از واحدهای پردازش غیرخطی، (۲) یادگیری با سرپرست یا بدون سرپرست از نمایه ویژگی ها در هر لایه. قالب کاری اولیه برای یادگیری عمیق بر اساس شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) در دهه ۱۹۸۰ ایجاد شد. در حالی که تاثیر واقعی این روش های یادگیری عمیق در سال ۲۰۰۶ نمایان شد. از آن زمان تاکنون، یادگیری عمیق در گسترده زمینه های مختلف، شامل شناسایی خودکار گفتار، شناسایی تصویر، پردازش طبیعی زبان، شناسایی دارو و انفورماتیک زیستی مورد استفاده قرار گرفته است. ده دهه های اخیر، رشد گسترده ای در زمینه داده های پزشکی مانند تولی های ژنی، ساختار پروتئین ها، تصویر های پزشکی ایجاد شده است که به دلیل پیشرفت در تکنولوژی هایی با کارایی بالا بوده است. این طوفان گسترده از داده های بزرگ زیستی، منجر به الزام استفاده از ابزار محاسباتی موثر. کارآمد شده است تا بتوانیم این چنین داده هایی را ذخیره سازی، تحلیل و تفسیر کنیم. قالب های کاری یادگیری عمیق، مسائل جدیدی را نمایان کرده اند. هدف این مقاله فراهم کردن یک مرور در رابطه با یادگیری عمیق و بعضی از جدیدترین کاربردهای یادگیری عمیق در زمینه پزشکی و انفورماتیک زیستی می باشد.

یادگیری عمیق

در واقع یادگیری عمیق زیرمجموعه ای از یادگیری ماشینی و شاخه ای از هوش مصنوعی بوده که هدف آن آموزش دادن ماشین ها به وسیله داده ها، بدون برنامه ریزی مستقیم است. Deep learning نوعی شبکه عصبی از چندین لایه نورون مصنوعی است که با استفاده از مجموعه داده های بزرگ آموزش داده می شود.

یادگیری عمیق، دسته ای از الگوریتم های یادگیری ماشین است که :

۱- از ابزاری از لایه های چندگانه واحدهای پردازش غیرخطی برای استخراج و تبدیل ویژگی استفاده می کنند. هرلایه، از خروجی لایه قبل به عنوان ورودی استفاده می کند.

۲- به شکلی نظارت شده (مانند طبقه بندی) و یا بدون نظارت (مانند تحلیل الگو) یادگیری می کنند.

۳- لایه های چندگانه ای از نمایش را یادگیری می کنند که متناظر با سطوح مختلفی از انتزاعات هستند، این سطوح سلسله ای از مفاهیم را تشکیل می دهند.

در حال حاضر، یادگیری عمیق در زمینه های مختلف تحقیقاتی از جمله تشخیص تصویر، تشخیص گفتار، پردازش زبان طبیعی، مورد بررسی و استفاده قرار می گیرد. توانایی الگوریتم های یادگیری عمیق در یادگیری همزمان ویژگی ها، طبقه بندی و وظایف خوشه بندی و یا پیدا کردن همبستگی در بین داده ها در مقیاس بزرگ از منابع مختلف متفاوت می باشد. معماری های یادگیری عمیق به سه دسته اصلی طبقه بندی می شوند: معماری های مولد، معماری های وابسته، معماری های ترکیبی.

توسعه ANN

شبکه عصبی مصنوعی، مدل های محاسباتی الهام گرفته از نحوه کارکرد مغز انسان هستند. این شبکه های به خصوص در یادگیری ماشین و هوش مصنوعی کاربرد دارند و برای حل مسائل مختلفی مانند شناسایی الگو، طبقه بندی و پیش بینی مورد استفاده قرار می گیرند.

به عنوان مبنا و پایه برای یادگیری عمیق، شبکه های عصبی مصنوعی یا ANN با الهام از روندهای زیستی در دهه های ۱۹۶۰ شکل گرفته اند. در این دهه مشخص شد که وقتی گره ها اشیای مختلفی را می دیدند، سلول های مختلف در کورتکس بصری فعال می شدند و بر همین اساس شبکه های عصبی مصنوعی شکل گرفت. این یافته ها نشان داد که ارتباط هایی بین چشم و سلول های کورتکس بصری وجود داشت و اطلاعات به صورت لایه به لایه در سیستم های بصری پردازش می شد. شبکه های عصبی مصنوعی با متصل کردن نورون های مصنوعی در لایه های شبکه، تلاش کردند تا این روند را تقلید کنند و بتوانند اطلاعات و ویژگی های مفید از اشیاء را درک کنند. با وجود پیشرفت های انجام شده در ظرفیت کامپیوترها و روش های محاسبه آن ها، شبکه های عصبی با استفاده از روش های پس انتشار موثر توانستند مطالعات مختلف در رابطه با شناسایی الگو را با اسانی انجام دهند.

شبکه های عصبی کانولوشن (CNN)

شبکه های عصبی کانولوشن (CNN) نوعی از شبکه های عصبی مصنوعی هستند که به ویژه برای پردازش داده های تصویری طراحی شده اند. این شبکه ها به دلیل توانایی در شناسایی الگوها و ویژگی ها در تصاویر، در زمینه های مختلفی مانند شناسایی تصویر، تشخیص اشیاء و پردازش ویدئو مورد استفاده قرار می گیرند.

ساختار اصلی CNN:

- ۱- لایه های کانولوشن: این لایه ها به استخراج ویژگی ها از تصاویر کمک می کنند. هر لایه کانولوشن شامل فیلترهایی است که روی تصویر اصلی حرکت می کند و ویژگی های محلی را شناسایی می کنند.
- ۲- لایه های فعالسازی: معمولاً بعد از هر لایه کانولوشن، یک لایه فعال سازی قرار می گیرد تا غیرخطی بودن به مدل را اضافه کند.

۳- لایه های حداکثر تجمع : این لایه ها برای کاهش ابعاد ویژگی ها و حفظ اطلاعات مهم استفاده می شوند. این کار باعث کاهش محاسبات و جلوگیری از اورفیتینگ می شود.

۴- لایه های کاملاً متصل : در انتهای شبکه، لایه های کاملاً متصل برای طبقه بندی نهایی استفاده می شوند. این لایه ها ویژگی های استخراج شده را به دسته های مختلف تبدیل می کنند.

شبکه عصبی عمیق DNN

شبکه عصبی عمیق، یک نوع شبکه عصبی مصنوعی با لایه های متعددی بین ورودی و خروجی است. این شبکه روابط ریاضی صحیح را (خطی یا غیرخطی) برای تبدیل ورودی به خروجی پیدا می کند. شبکه با حرکت در لایه ها، احتمال هر خروجی را محاسبه می کند. به عنوان مثال DNN ای که تشخیص نژاد سگ آموزش دیده است، تصویر داده شده را بررسی و احتمال اینکه سگ داخل تصویر، نژادی خاص باشد را محاسبه می کند. کاربر می تواند نتایج را بررسی و تعیین کند که شبکه چه احتمالاتی را باید نشان دهد (به عنوان مثال احتمالات بالاتر از یک مقدار خاص) و برچسب پیشنهادی را بازگرداند. هر محاسبه ریاضی این را به عنوان یک لایه در نظر می گیرند و DNN های پیچیده لایه های زیادی دارند، و نام شبکه های عمیق برایشان انتخاب شده است. هدف نهایی این است که شبکه ای آموزش داده شود تا تصویر را به ویژگی های آن تجزیه، روندهای موجود در تمام نمونه ها را شناسایی و تصاویر جدید را طبق شباهت هایشان بدون نیاز به ورودی انسانی طبقه بندی کند.

شبکه های عصبی بازگشتی RNN

شبکه های عصبی بازگشتی در سال ۱۹۸۰ ایجاد شدند اما تنها در چند سال اخیر بوده است که این گونه از شبکه ها به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته اند. نام این شبکه عصبی از این واقعیت به دست می آید که این از شبکه ها به صورت بازگشتی عمل می کنند...یعنی یک عملیات برای تک تک المان های یک دنباله انجام می گیرد و خروجی آن وابسته به ورودی فعلی و عملیات های قبلی است. این گونه از شبکه های عصبی به طور خاص برای پردازش داده های سری یا دنباله دار مفید هستند و در آن ها هر نورون یا واحد پردازشی قادر به حفظ حالت داخلی یا همان حافظه به منظور حفظ اطلاعات مرتبط با ورودی قبلی می باشد. این ویژگی به طور ویژه در کاربردهای مختلف مرتبط با داده های سری اهمیت پیدا می کند. این نوع شبکه ها دارای حلقه ای در درون خود هستند که به وسیله آن می توانند اطلاعات خود را در حین خواندن ورودی از نورون ها عبور دهند.

یادگیری عمیق در دستگاه ها و خدمات پزشکی

استفاده از یادگیری عمیق برای تشخیص سرطان :

انکولوژیست ها سال ها است که از روش های تصویربرداری پزشکی مانند توموگرافی کامپیوتری، تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی و اشعه ایکس استفاده می کنند. در حالی که ثابت شده است این سیستم ها برای بسیاری از انواع سرطان موثر هستند،

تعداد زیادی از بیماران از سرطان هایی رنج می برند که با این دستگاه ها قابل تشخیص نیستند. شبکه های عصبی مانند شبکه های شبکه های عصبی پیچیدگی، وعده های مربوط به آینده تشخیص سرطان را مشخص می کنند. بر اساس همان تصاویر پزشکی، شبکه های عصبی مصنوعی می توانند سرطان را در مراحل اولیه با درصد خطای کمتر تشخیص داده و نتایج بهتری برای بیماران را فراهم کنند.

رادیولوژی

فرقی ندارد که تصویربرداری پزشکی توسط توموگرافی (CT) انجام شده باشد یا تصویربرداری تشدید مغناطیسی (MRI)، کامپیوتری

تکنیک های هوش مصنوعی می توانند به پزشک در مورد استخراج بیش مفید از تصویر، راهنمایی های لازم را ارائه دهند.

به طور کلی، یک پزشک تصویر پزشکی را به عنوان اطلاعات ورودی وارد سیستم می کند، سپس ویژگی های تصویر را استخراج می کند. بر اساس مقادیر این مشخصات (معروف به ویژگی) می توان به پیش بینی در مورد تصویر پرداخت و این پیش بینی ها می تواند به صورت های زیر باشند:

۱- تقسیم بندی: ترسیم مرزهای اطراف عناصر در تصویر.

۲- برچسب زدن: شناسایی عناصر موجود در تصویر.

۳- شناسایی و تشخیص: تشخیص یک بیماری خاص و پیش بینی مرحله آن.

۴- کمک به دیکته کردن گزارش نهایی رادیولوژی.

چشم پزشکی

می تواند ناهنجاری بینایی باشد و می تواند یک بیماری که بر چشم تاثیر می گذارد، حوزه حساس چشم پزشکی سهم مناسبی از کاربردهای ML دریافت کرده است. در حال حاضر چشم پزشکان از دستگاه هایی برای شناسایی سریع و کارآمد ناهنجاری های بینایی استفاده می کنند. هنگامی که صحبت از بیماری های دیگر می شود، شکایات مربوط به عوارض ناشی از دیابت روی چشم، به ویژه رتینوپاتی مطرح می شود. سایر و همکارانش نشان دادند که چگونه استفاده از یک الگوریتم یادگیری عمیق می تواند به متخصصان کمک کند تا DR را سریع تر و دقیق تر ارزیابی کنند. از سوی دیگر، لی و همکارانش اخیراً یک مدل عصبی کانولوشن ارائه کرده اند که می تواند آب سیاه (گلوکوم) را با استفاده از رویکرد مبتنی بر توجه و به روشی بهتر از حالت روش های مدرن تشخیص می دهند.

انکولوژی

عمدتاً در عصر مهارکننده های مولکول های کوچک، ژن درمانی و بیوتراپی های مهندسی شده، استفاده از هوش هوش مصنوعی و ML در مبارزه با سرطان، به عنوان یک رویکرد جذاب در نظر گرفته شده است. در حال حاضر از این تکنیک ها در زمینه انکولوژی تابشی و بخش بندی تصویر و بهینه سازی دوز رادیوتراپی استفاده می شود و در آن هوش هوش مصنوعی و MR، استانداردهای مرسوم را به طور مناسب برآورده کرده و ثابت نموده اند که در بیشتر موقعیت ها نسبت به برنامه ریزی دستی، کارآمد تر هستند. توسعه نانوربات، نمونه ای از کاربرد فیزیکی هوش مصنوعی در سرطان شناسی است. از ناروبات ها برای رسیدگی به موارد زیر استفاده می شود:

۱- مشکل افت نفوذ و عدم انتشار عوامل درمانی هدف در محل مورد نظر

۲-هدف قرار دادن تومورهای عروقی که تکثیر فعالی دارند

CNN ها، رایج ترین شکل یادگیری تحت نظارت هستند و کاربرد آنها در اندازه گیری و ردیابی تومورهای مغزی، گلیوما و تومورهای کبدی به صورت تصاویر دوبعدی و سه بعدی مورد بررسی قرار گرفته اند و در بسیاری از آزمایش ها در مقایسه با روش های نیمه خودکار مبتنی بر RECIST به دقت جالب دست یافتند.

زیست شناسی سلولی و سلول درمانی

در زیست شناسی سلولی و سلول درمانی، تعداد زیادی انواع سلول ها و تکنیک های غربالگری و تجزیه و تحلیل تصویر وجود دارد. در نتیجه استفاده از ML برای شناسایی بهترین روش غربالگری تصویر و تجزیه و تحلیل تکنیک ترکیبات نوع سلول ضروری می باشد تا بتوانیم بین خطوط سلولی تمایز قائل شویم. یادگیری ماشین از تجربه، به جای تنظیم دستی پارامتر ها برای شناسایی سلول ها و اشیا استفاده می کند. زمانی که نوبت به انجام وظایف پیچیده تجزیه و تحلیل داده های چند بعدی می رسد، موثر تر از ابزارهای پردازش معمولی عمل می کند. همچنین، می توان از ML برای درمان با سلول های بنیادی استفاده کرد، رویکردی که اخیرا آزمایش شده است، تنوع بالای هویت سلولی را نشان می دهد و می توان آن را به طور طبیعی با تغییرات در دینامیک کنترل شده ایجاد نمود. ثابت شده است که این تکنیک در درک بیولوژی سلولی فردی و پویایی جمعی خطوط سلولی، جوامع و محیط ها قوی تر می باشد.

نتیجه گیری

یادگیری عمیق پتانسیل بالایی برای تحول در سیستم های بهداشتی و افزایش دقت خدمات پزشکی را دارد. با این حال، برای بهره برداری بهینه از این تکنیک ها، باید به چالش های موجود رسیدگی شود. یادگیری عمیق برای کاربرد های زیستی پزشکی و پزشکی، یک ابزار قوی در تشخیص و یا ارزیابی بیماری ها بوده است. این روند نیازمند مشارکت متخصص ها و پزشکان می باشد. روش های یادگیری عمیق، موفقیت زیادی در انواع وظایف بصری کامپیوتر مانند شناسایی اشیا، مشخص کردن مکان آن ها و یا بخش بندی کردن تصاویرهای طبیعی به دست آورده است. این موارد باعث می شود که این روش ها از نظر تفسیر تصویرهای پزشکی نیز امید بخش باشند.

منابع

- 1-An overview of deep learning in medical imaging focusing on MRI
Alexander Selvikvag Lundervold ,Arvid Lundervold.
- 2-Big data processing and analysis platform based on deep neural nwtwork model
Sheng Huang
Equipment Department,Shanghai Institute of Tourism,Shanghai 201418,China.
- 3-Machina Larning and artificial intelligence in the service of medicine:Necessity or potentiality?
Tamim Alsuliman,Dania Humaidan,Layth Sliman.
- 4-Deep Learning Applications in Medical Imange Analysis
Justin Ker,Lipo wang ,Jai rao,And tchoyoson lim
Department of neurosurgery,National neuroscience institute,308433 Singapore.
- ۵-Applications of deep learning and reinforcement learning to biological data
Mufti Mahmud ,senior member,Ieee,Mohammed shamim Kaiser,Senior member,Ieee,Amir Hussain,Senior member,Ieee,and vassanelli.
- 6-An artificial intelligence neural network predictive model for anomaiy detection and monitoring of wind turbines using scada data
Amin amini,Jamil kanfoud,and tat-hean gan.
Brunel innovation centre,Brunel university London,Uxbridge,Uk.
- 7-Lock JG, Strömlad S. Systems microscopy: an emerging strategy for the life sciences. Exp Cell Res 2010;316(May (8)):1438–44.
- 8-Myers G. Why bioimage informatics matters. Nat Methods 2012;9(July (7)):659–60.
- 9-Franklin J. The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction. Math Intell. 2005;27(March (2)):83–5.
- 10-Domingos P. A few useful things to know about machine learning. Commun ACM 2012 October;55(10):78.
- 11-Neumann B, Walter T, Hériché J-K, Bulkescher J, Erfle H, Conrad C, et al. Phenotypic profiling of the human genome by time-lapse microscopy reveals cell division genes. Nature 2010;464(April (7289)):721–7.
- 12-de Ridder D, de Ridder J, Reinders MJT. Pattern recognition in bioinformatics. Brief Bioinform. 2013;14(September (5)):633–47.
- 13-Oei RW, Hou G, Liu F, Zhong J, Zhang J, An Z, et al. Convolutional neural network for cell classification using microscope images of intracellular actin networks. Horvath D, editor. PLoS One 2019;14(March (3))e0213626.
- 14-Sugimoto K. Machine learning-driven label-free cell sorting for CAR-T cell manufacturing. Cytotherapy 2019;21(May(5)):S39.
- 15-Lee M, Lee Y-H, Song J, Kim G, Jo Y, Min H, et al. DeepIS: deep learning framework for three-dimensional label-free tracking of immunological synapses [Internet]. Immunology 2019(February), doi:http://dx.doi.org/10.1101/539858 [cited 2019 Oct 13]. Available from:.
- 16- Stumpf PS, MacArthur BD. Machine learning of stem cell identities from singlecell expression data via regulatory network archetypes. Front Genet 2019;10 (January):2.
- 17- Yaseen Son G-Y, Kwon S. Classification of heart sound signal using multiple features. Appl Sci (Basel) 2018;8(November (12)):2344.
- 18- Alfaras M, Soriano MC, Ortín S. A fast machine learning model for ECG-Based heartbeat classification and arrhythmia detection. Front Phys 2019;7 (July):103.

- 19- Promising Artificial Intelligence-Machine Learning-Deep Learning Algorithms in Ophthalmology. Asia-Pac J Ophthalmol [Internet]. 2019 [cited 2019 Oct 13]; Available from: https://journals.lww.com/apjoo/Fulltext/2019/05000/Promising_Artificial_Intelligence_Machine.13.aspx.
- 20- Artificial Intelligence in Ophthalmology: Accuracy, Challenges, and Clinical Application. Asia-Pac J Ophthalmol [Internet]. 2019 [cited 2019 Oct 13]; Available from: https://journals.lww.com/apjoo/Fulltext/2019/05000/Artificial_Intelligence_in_Ophthalmology_.2.aspx.
- 21- Sayres R, Taly A, Rahimy E, Blumer K, Coz D, Hammel N, et al. Using a deep learning algorithm and integrated gradients explanation to assist grading for diabetic retinopathy. Ophthalmology 2019;126(April (4)):552–64.
- 22- LiL,XuM,LiuH,LiY,WangX, JiangL, et al.Alarge-scaledatabase anda CNNmodel for attention-based Glaucoma detection. IEEE Trans Med Imaging 2019 1–1.
- 23- Miller DD. The medical AI insurgency: what physicians must know about data to practice with intelligent machines. Npj Digit Med [Internet] 2019;2 (December (1)). . [cited 2019 Dec 7] Available from: <http://www.nature.com/articles/s41746-019-0138-5>.
- 24- Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine. N Engl J Med 2019;380(14):1347
- 25-Buntin MB, Burke MF, Hoaglin MC. Blumenthal D. The benefits of health information technology: a review of the recent literature shows predominantly positive results. Health Aff (Millwood). 2011;30(March (3)):464–71.
- 26-Hayrinen K, Saranto K, Nykanen P. Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: a review of the research literature. Int J Media Inf Lit 2008;77(May (5)):291–304.
- 27- Musen MA, Middleton B. Greenes RA. Clinical decision-support systems. In: Shortliffe EH, Cimino JJ, editors. Biomedical informatics [internet]. London: Springer London; 2014. p. 643–74. . [cited 2019 Dec 7]. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-4474-8_22.
- 28-StanfordMedicineHealthTrendsWhitePaper2017.pdf [Internet].[cited 2019 Oct 12]. Available from: <https://med.stanford.edu/content/dam/sm/sm-news/documents/StanfordMedicineHealthTrendsWhitePaper2017.pdf>.
- 29-Kumar MA, Vimala R, Britto KRA. A cognitive technology based healthcare monitoring system and medical data transmission. Measurement 2019;146 (November):322–32.
- 30-Goodwin S. Data rich, information poor (DRIP) syndrome: is there a treatment? Radiol Manage 1996;18(June (3)):45–9.
- 31-Computer-Based Medical Consultations: Mycin [Internet]. Elsevier; 1976 [cited 2019 Dec 7]. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444001795X5001X>.
- 32-Ronquillo C, Currie LM, Rodney P. The evolution of data-informationKnowledge-Wisdom in nursing informatics. ANS Adv Nurs Sci 2016;39 (March (1)):E1–E18.
- 33-Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B, Kuleshov V, DePristo M, Chou K, et al. A guide to deep learning in healthcare. Nat Med 2019;25(January (1)):24–9.
- 34-Benedek M, Jauk E, Sommer M, Arendasy M, Neubauer AC. Intelligence, creativity, and cognitive control: the common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity. Intelligence 2014;46 (September):73–83.
- 35-Aconvolutional neural network framework for accurateskin cancer detection

Karl thurnhofer hemsı•Enrique Dominguez

Accepted:3 october 2020.

36-Low resolution face recognition using a two branch deep convolutional neural network architecture

Erfan zangeneh•hammad rahmati•Yalda mohsenzadah.

37-An enhanced technique of skin cancer classification using deep convolutional neural network with transfer learning models

Md shahin ali•Md sipon miah•Jahurul haque•Md mahbubur Rahman•Md khairul islam.

38-Deep learning and its applications in biomedicine

Chensi cao•Feng liu•Hai tan•Deshou song•Wenji shu•Weizhong li•Yiming zhou•Xiaochen bo•Zhi xie.