

## یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی در خدمت پزشکی

نام و نام خانوادگی نویسنده اول (مجتبی کرکه آبادی)

مدرس رشته مهندسی نرم افزار دانشگاه آزاد واحد پیشوا

نام و نام خانوادگی نویسنده دوم (مهناز شاهسون)

وابستگی سازمانی نویسنده کارشناسی ارشد برنامه ریزی درسی دانشگاه آزاد ورامین

نام و نام خانوادگی نویسنده سوم ( )

دانشجو کارشناسی نرم افزار دانشگاه آزاد ورامین

### چکیده

انگیزه: در نتیجه روند دیجیتالی شدن سیستم مراقبت های بهداشتی در سراسر جهان، مراقبت های بهداشتی تولید شده است، تخمین زده می شود که داده ها به ۲۳۱۴ اگزابایت داده جدید تولید شده در سال ۲۰۲۰ برسد. هدف توسعه مداوم سیستم های هوشمند ارائه استدلال بهتر و کارآمدتر است از داده های جمع آوری شده استفاده کنید این استفاده تفسیر گذشته نگر محدود نیست، یعنی برای ارائه تشخیصی نتیجه گیری همچنین می توان آن را به تفسیر آینده نگر که پیش آگهی اولیه را ارائه می دهد، گسترش داد. که گفت پزشکی که می توانند توسط این سیستم ها کمک شوند، خود را در شکاف بین بالینی می یابند مورد و بررسی های فنی عمیق چیزی که آنها فاقد آن هستند، نقطه شروع روشنی است که از آن می توان به آن نزدیک شد دنیای یادگیری ماشینی در پزشکی روش شناسی و ساختار اصلی: هدف این مقاله ارائه بینشی آسان از هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشینی (ML) در زمینه پزشکی، در درجه اول، به پزشکان علاقه مند است. در طول چند سال گذشته برای این منظور، ابتدا در مورد مسیرهای توسعه کلی در مورد استفاده از مفهوم هوش مصنوعی و ML در آن بحث می کنیم سیستم های مراقبت های بهداشتی سپس فیلدهایی را فهرست می کنیم که این فناوری ها در حال حاضر در معرض آزمایش قرار گرفته اند یا حتی کاربردی مانند هماتولوژی، مغز و اعصاب، قلب و عروق، انکولوژی، رادیولوژی، چشم پزشکی، زیست شناسی سلولی و سلول درمانی

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی - فناوری اطلاعات - بهداشتی - بیمار

## مقدمه

معرفی فناوری اطلاعات در زمینه مراقبت های بهداشتی در جنبه های متعدد پیشرفت هایی را ارائه کرده است ، با شروع دیجیتالی کردن داده های بیمار در سلامت الکترونیک سوابق (EHR) برای ارائه تصمیم گیری بالینی در نتیجه دیجیتالی شدن سیستم مراقبت های بهداشتی در سراسر جهان روند، داده های بهداشتی تولید شده در سال ۲۰۱۱ برآورد شده است.

۱۵۰ اگزابایت ۱۵۰ \* ۱۸<sup>۱۰</sup> باشد و تخمین زده می شود که ۲۳۱۴ داشته باشد اگزابایت داده های تازه تولید شده در سال ۲۰۲۰ [۴،۵]. با این حال، پردازش این داده ها به طور موثر به طوری که اطلاعات مفید و دانش جدید را می توان استخراج کرد یک چالش واقعی باقی می ماند. در حقیقت، مقدار روزافزون داده های جمع آوری شده این توانایی را تحمل می کند سیستم های تحلیل داده های فعلی در نتیجه سیستم های مراقبت های بهداشتی هستند ، به طور فزاینده ای بار می شود. این "غنی داده/اطلاعات" نامیده می شود سندرم ضعیف DRIP". DRIP (DRIP) یعنی ما در حال جمع آوری هستیم داده های بیشتری از آنچه که بتوانیم تحلیل کنیم. خوشبختانه با جدیدترین پیشرفت در تجزیه و تحلیل داده ها و سیستم های تصمیم گیری، غلبه بر این چالش در نهایت امکان پذیر به نظر می رسد. داده های پزشکی جمع آوری شده را می توان با ابزارهای مختلف تجزیه و تحلیل کرد در سطوح مختلف سطح اول جذب بیمار فردی است داده هایی که سیستم های هشدار معمولی می توانند به افزایش آن کمک کنند هنگامی که مقادیر خارج از محدوده طبیعی هستند، مانند قلب، توجه کنید مانیتورهای الکتروکاردیوگرافی (ECG) در سطح دوم، منابع داده های مختلف جمع آوری می شوند، به گونه ای ذوب و پردازش می شود که از نتیجه می توان به عنوان یک استفاده کرد ورودی به نوع دیگری از سیستم که دیفرانسیل پیشنهادی را ارائه می دهد تشخیص و نتیجه گیری بر اساس مجموعه ای از قوانین. با حرکت به یک سلسله مراتب درخت مانند با استفاده از داده های ارائه شده، این سیستم ها می توانند کمک کنند در رسیدن به یک توضیح قابل قبول از علائم وارد شده. این سیستم های مبتنی بر قانون «سیستم های خبره» نامیده می شوند. کارشناس سیستم ها از تجربه یاد می گیرند تا از تصمیم گیری تقلید کنند توانایی های متخصصان انسانی این سیستم ها اغلب قادر به پاسخ دادن به سؤالاتی که با «چه» شروع می شود نه «چگونه» و به طور همزمان، دلیل پشت سر آنها را توضیح دهد.

تصمیمات یکی دیگر از ویژگی های ضروری این سیستم ها این است که آنها تجارب جدید را ادغام کرده و از این رو آنها را غنی و تقویت می کند دانش محور. این به نوبه خود باعث بهبود تصمیم گیری آنها می شود توانایی ها. نمونه اولیه چنین سیستم هایی "MYCIN" است. سیستم . این سیستم ها بر اساس یک فرآیند تبدیل داده است که در ارائه تشخیص و نتیجه گیری که بر آن تکیه دارد کمک می کند مدل به خوبی تثبیت شده "داده-اطلاعات-دانش-خرد". (نگاه کنید به شکل ۱). هدف از پیشرفت مداوم فعلی سیستم های هوشمند است ارائه استدلال بهتر و استفاده کارآمد از داده های جمع آوری شده. این هدف این است که سیستم های تصمیم گیری را قادر به اجرای آینده نگر کنیم پیش آگهی اولیه را ارائه می دهد (برخلاف رویکرد گذشته نگر). که در آن سیستم ها فقط تشخیص و نتیجه گیری را ارائه می دهند). این دستاوردهای فنی به خوبی مستند شده است. با این حال، یک آموزش ساده برای پزشکانی که به دنبال درک آن هستند وضعیت واقعی این فناوری و استفاده های بعدی بالقوه ثابت می کند ضروری است. برای این منظور، در این بررسی پیشرفته، ما ارائه می دهیم پزشکان بینشی در مورد استفاده از هوش مصنوعی (AI) در رشته پزشکی در حالی که به دنبال دستیابی به یک بررسی جامع از تمام کاربردهای پزشکی برای هوش مصنوعی، این مقاله بینش های قابل درک را ارائه می

دهد که می تواند تبادلات هوش مصنوعی را بیشتر کند. معنی دار، که می تواند منجر به یک بحث سازنده در مورد آن شود چگونه می توان فاصله بین دو رشته را کاهش داد. بنابراین، ما سعی خواهیم کرد تا برخی از تعاریف اساسی را روشن کنیم یک بحث مختصر در مورد خطوط کلی توسعه توضیح دهید در استفاده از یادگیری ماشین و مفاهیم هوش مصنوعی در سیستم های مراقبت های بهداشتی سپس چند فیلد و نمونه را فهرست می کنیم جایی که این فناوری ها قبلاً مورد آزمایش قرار گرفته اند یا حتی اعمال شده، همانطور که در جدول ۱ خلاصه شده است.

### تعاریف اساسی

هوش از جمله اصطلاحاتی است که هر تعریفی را تحمل می کند تلاش ناپذیری ساده در وب می تواند ما را به صدها مورد هدایت کند تعاریفی که بر اساس دیدگاه های فردی متفاوت است (فلسفه، زیست شناسی، روانشناسی، ریاضیات، علوم کامپیوتر). با این حال، به خاطر این هنر، ما سعی خواهیم کرد بسیاری از تعاریف موجود در ادبیات را گردآوری کنید. هوش توانایی ایجاد طرح های ثابت، حل کردن است مشکلات یا ایجاد محصولاتی که در یک فرهنگ خاص ارزش دارند یا یک زمینه تجاری از تداعی، حفظ کردن، استدلال، درک، انتزاع، مفهوم سازی، تقریب، سیستم سازی و استنتاج منطقی از این عناصر استفاده می شود کسب دانش جدید از حقایق شناخته شده از سوی دیگر، هوش مصنوعی به سیستم اشاره دارد توانایی تفسیر صحیح داده های خارجی، یادگیری از چنین داده هایی، و استفاده از آن آموخته ها برای دستیابی به اهداف و وظایف خاص با استفاده از سازگاری انعطاف پذیر. همانطور که نشان داده شده است، مؤلفه اصلی هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی (ML) است در شکل ۲. یادگیری ماشین زمانی است که از کامپیوترها برای اعمال استفاده می شود



Fig. 1. Representing the classical pyramid of (date-information-knowledge-wisdom).

مدل های آماری به داده ها این یکی از زیرشاخه های هوش مصنوعی است که در آن برنامه های کامپیوتری (الگوریتم ها) روابط بین داده های ورودی و خروجی ما می توانیم بین سه تمایز قائل شویم دسته بندی الگوریتم های ML: یادگیری تحت نظارت، بدون نظارت

یادگیری و یادگیری تقویتی. در آموزش نظارت شده، برنامه های کامپیوتری تداعی را یاد می گیرند از طریق تجزیه و تحلیل نمونه های داده تعریف شده توسط یک سرپرست (معمولاً الف متخصص انسانی) در فرآیندی به نام آموزش. زمانی که انجمن ها داشته باشند آموخته شده، می توان از آنها برای پیش بینی مثال های آینده در الف استفاده کرد فرآیندی به نام تست. در یادگیری بدون نظارت، برنامه های کامپیوتری تداعی ها را در داده ها بدون تعریف خارجی از ارتباط می آموزند. آی تی اغلب برای خوشه بندی استفاده می شود، یعنی استخراج همبستگی های کشف نشده در داده های ورودی به گونه ای است که زیرمجموعه های داده ای را تشکیل دهد که به اشتراک بگذارند. ویژگی های مشترک در آموزش تقویتی، سیستم یاد می گیرد که چگونه رفتار کند بر اساس سیگنال پاداش/تنبیه اسکالر. مجازات می تواند باشد به عنوان یک سیگنال پاداش منفی در نظر گرفته می شود که یک عمل را تقویت می کند که از تحویل آن اجتناب می کند. شایان ذکر است که رشته خاصی از ML وجود دارد که اغلب برای مجموعه های پردازش داده های بزرگ به نام یادگیری عمیق استفاده می شود DL. DL) یک سیستم محاسباتی مبتنی بر عصبی است که تعیین می کند همبستگی بین داده ها توسط آزمون های تکاملی برای کاهش الف تابع هزینه. یادگیری عمیق با مقادیر تصادفی (اولیه) شروع می شود حالات) تا رسیدن به وزن های صحیحی که  $a$  را به بهترین نحو به حداقل می رساند تابع هزینه از پیش تعریف شده این بدان معنی است که سیستم به طور مداوم است پیش بینی ها را زیر پا می گذارد و روش پیش بینی آن را تنظیم می کند با توجه به داده های ورودی. یادگیری عمیق یک ابزار قدرتمند برای یادگیری شناختی پیچیده است مشکلات. با این حال، مشکلات داده مانند حجم کم داده، پراکندگی بالا و کیفیت پایین داده می تواند کارایی دیپ را محدود کند روش های یادگیری. در نهایت، باید تاکید کرد که استفاده از ML فراتر است سیستم های تصمیم گیری و می تواند در بسیاری از پزشکی استفاده شود برنامه هایی مانند نوروبات ها (روبات های کوچکی که برای اجرا استفاده می شوند وظایف خاص مانند تحویل دارو و در کمک به بیماران آسیب دیده این برنامه ها، در حالی که جالب هستند، در بیرون قرار دارند دامنه این کار در قسمت بعد، پس از یک مقدمه کوچک در مورد بیمار در فرآیند جمع آوری داده ها، زمینه های پزشکی زیر را بررسی خواهیم کرد جایی که فناوری های هوش مصنوعی در حال حاضر استفاده می شوند: پذیرش بیمار. رادیولوژی، هماتولوژی، مغز و اعصاب، انکولوژی، زیست شناسی سلولی و سلول درمانی، قلب و عروق، چشم پزشکی.

## دریافت بیمار: به دست آوردن اطلاعات اولیه بیمار

فرآیند بالینی، اقدامات انجام شده توسط مراقبت های بهداشتی متخصصان به منظور ارزیابی و بهبود سلامت یک بیمار، دارای نقطه شروع (یک قرار ملاقات، ویزیت اضطراری، و غیره)، روبه ها، و یک نتیجه بالینی مورد انتظار. در معمولی در موارد، فرآیند با ارزیابی و به دست آوردن شروع می شود.

**AKA, anamneses**، تاریخچه مورد. این شامل یک مجموعه از پیش تعریف شده است سوالاتی که متخصص مراقبت های بهداشتی باید در طول آن بپرسد، قرار ملاقات بیمار از دهه ۱۹۶۰، این مرحله بوده است تا حدی دیجیتالی شده دیجیتالی شدن به ویژه شامل داده ها می شود، ذخیره سازی و بازیابی گفته می شود، جمع آوری داده ها هنوز توسط انجام می شود ساکنین یا پرستاران، زیرا تکیه بر یک سیستم خودکار دشوار است برای جمع آوری این اطلاعات نکته این است که انسان می تواند نحوه تبدیل داستان غیر رسمی

که توسط بیمار گفته می شود را تعیین کنید به فهرست رسمی تری از علل و علائم بالقوه جدا شده است (و تکامل زمانی آنها)، سابقه پزشکی بیمار، و غیره یادداشت های مفید به عنوان مثال، اگر بیمار بگوید: "فکر می کنم دیابت دارم" یک پزشک انسانی متوجه می شود که این صرفاً مال بیمار است تصوری که از نظر پزشکی به عنوان "دیابت" در نظر گرفته نمی شود ملیتوس تا اینکه یک داستان کامل با علائم و آزمایشات به وجود آمد تاییدش کن با این حال، تصور کنید که بیمار در حال ورود به این موارد باشد.

جزئیات در یک سیستم کامپیوتری سیستم چگونه تفسیر می کند این ورودی؟ اگرچه ما پیشرفت های فوق العاده ای در زمینه طبیعی داشته ایم پردازش زبان، هیچ سیستمی تاکنون نمی تواند اصطلاحات پزشکی را استخراج کند مستقیماً از ورودی بیمار پس از جمع آوری داده ها، سیستم تجزیه و تحلیل متن بالینی و استخراج دانش می تواند باشد برای استخراج اطلاعات مفید از الکترونیک بدون ساختار استفاده می شود سوابق سلامت سپس این اطلاعات ساختاریافته می تواند مورد استفاده قرار گیرد راه های مختلف برای توضیح بیشتر در مورد مورد یا حتی ارائه پیش بینی مدل سازی آینده بیمار بر اساس سلامت پزشکی فعلی سوابق. هنگامی که اطلاعات بیمار وارد شد، مراقبت های بهداشتی متخصصان می توانند معاینه پزشکی را انجام دهند. پزشکی نتایج معاینه ممکن است به این تصمیم منجر شود که آزمایشات آزمایشگاهی یا پزشکی تصویربرداری مورد نیاز است، دو فیلد که ابزارهای ML می توانند به آن کمک کنند پزشک در پاراگراف های بعدی، هوش مصنوعی و ML را توضیح می دهیم کاربرد در زمینه های خاص پزشکی.



Table 1

Summary of some important examples of the artificial intelligence techniques applications in precise medicine.

Author	Journal, Year	Domain	Technique	Technology	Topic
Wu et al.	Breast Cancer Res Treat, 2019	Radiology	Ultrasound	Logistic regression	Breast cancer
Moradi et al.	Medical Imaging, Computer-Aided Diagnosis SPIE 2019	Radiology	X ray	ML	Chest
Uthoff et al.	Med Phys. 2019	Radiology	CT	ML	Lungs
Yang et al.	Medical imaging, Computer-Aided Diagnosis SPIE 2019	Radiology	MRI	ML	Brain
Diamond et al.	Int J Biomed Comput 94	hematology	Flow cytometry	AI	Leukemia
Diamond et al.	Cytometry 94	hematology	Flow cytometry	AI	Leukemia
Nguyen et al.	J Clin Pathol 97	hematology	Flow cytometry	AI	Leukemia
Gunčar et al.	Sci Rep 2018	Hematology	Laboratory	ML	Biological hematology
Arai et al.	Blood Adv 2019	Hematology	HSCT	ML	aGVHD
d'Onofrio et al.	Oxford: Butterworth Heinemann; 1998	Hematology	Hemoglobin disorder	NN	Laser cytometry and integrated isovolumetric
Zini et al.	Hematology 2005	Hematology	Hemoglobin disorder	NN	Laser cytometry and integrated isovolumetric
d'Onofrio et al.	Hematologica 1998	Hematology	AML	AI	cytometry
Kantardzic et al.	Comput Ind Eng 2002	Hematology	PV	DM	Laboratory findings
Shouval et al.	J Clin Oncol 2015	Hematology	HSCT	ML	ALL post-HSCT
Shouval et al.	Plos One 2016	Hematology	HSCT	ML	ALL post-HSCT
Subasi et al.	Neural Comput Appl. 2019	Neurology	Epilepsy	ML	Seizure detection
Avcu et al.	IEEE, ICASSP 2019	Neurology	Epilepsy	NN	Seizure detection
Ahmadi	Npj Park Dis. 2019	Neurology	Parkinson's disease	ML	Progression prediction
Rastegar					
Thompson et al.	Radiother Oncol. 2018	Oncology	radiotherapy	AI	Radiotherapy
Londhe et al.	Drug Discov Today 2019	Oncology	radiotherapy	AI	Radiotherapy
Araújo et al.	PLOS ONE. 2017	Oncology	Histology	NN	Classification
de Ridder et al.	Brief Bioinform. 2013	Cell biology	Laboratory	ML	Detection by fluorescence
Oei et al.	PLOS ONE. 2019	Cell biology	Laboratory	NN	Microscope images
Sugimoto et al.	Cytotherapy. 2019	Cell therapy	Laboratory	ML	CAR-T
Lee et al.	Immunology. 2019	Cell biology	Immunology	DL	Tracking of immunological synapses
Yaseen et al.	Appl Sci. 2018	Cardiology	Heart Sound Signal	AI	Classification
Alfaras et al.	Front Phys 2019	Cardiology	ECG	ML	Arrhythmia
Sayres et al.	Ophthalmology. 2019	Ophthalmology	Diabetic Retinopathy	DL	Grading
Li et al.	IEEE Trans Med Imaging	Ophthalmology	Glaucoma	NN	Detection

**Abbreviations:** AI: artificial intelligence; ALL: acute lymphoblastic leukemia; AML: acute myeloblastic leukemia; CAR-T: chimeric antigen receptor T- cells; DL: deep learning; DM: Data mining; ECG: electrocardiogram; HSCT: hematopoietic stem cell transplant; ML: machine learning; NN: neural networks; PV: polycythemia Vera.

## رادیولوژی

اینکه آیا تصویربرداری پزشکی انجام شده کامپیوتری بوده است یا خیر توموگرافی (CT) یا تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI)، AI تکنیک ها می توانند راهنمایی و کمک به پزشک ارائه دهند در استخراج بینش مفید از تصویر. به طور کلی، یک پزشک تصویر پزشکی را به عنوان ورودی وارد می کند به سیستم، سپس سیستم ویژگی های آن را استخراج خواهد کرد تصویر بر اساس مقادیر این ویژگی ها (معروف به ویژگی ها)، الف می توان در مورد تصویر پیش بینی کرد. این پیش بینی ها می توانند اشکال زیر را در نظر بگیرید تقسیم بندی: ترسیم مرزهای اطراف عناصر در تصویر برچسب زدن: شناسایی عناصر موجود در تصویر. تشخیص و تشخیص: تشخیص بیماری خاص و پیش بینی مرحله آن کمک به دیکته گزارش نهایی رادیولوژی. با ساده ترین و رایج ترین تصویربرداری پزشکی شروع کنید تکنیک، سونوگرافی، سیستمی اخیرا توسط وو و همکاران که از رگرسیون لجستیک برای طبقه بندی سرطان پستان سه گانه منفی (TN) بر روی تصاویر سونوگرافی با حساسیت استفاده می کند.

۸۶.۹۶ درصد و ویژگی ۸۲.۹۱ درصد. مثال دیگر یک کار اخیر است که از DL برای شناسایی استفاده می‌کند تصاویر اشعه ایکس نشان دهنده یک قفسه سینه سالم است. هرچند در این مثال استفاده از این سیستم همچنان به تخصص متخصص سلامت نیاز است

۵۰ درصد موارد قفسه سینه سالم را شناسایی کنید، بنابراین تعداد آنها کاهش می‌یابد مواردی که باید توسط متخصص طبقه بندی شود. تصاویر توموگرافی کامپیوتری (CT) نیز می‌توانند طبقه بندی شوند با استفاده از تکنیک های یادگیری عمیق در کار خود در مورد تمایز ندول های بدخیم و خوش خیم ریه، Uthoff و همکاران. از یک سیستم مبتنی بر ML استفاده کرد که از ویژگی های موجود در تصاویر CT گرفته شده از آن استفاده می‌کند پارانشیم اطراف گره های ریه برای طبقه بندی گره ها. آنها حساسیت ۱۰۰٪ و ویژگی ۹۶٪ گزارش شده است. در مورد MRI، یانگ و همکاران. سیستمی بر اساس یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی درجه گلیوبلاستوما با استفاده از MRI تصاویر. آنها به دقت ۹۲ درصد دست یافتند.

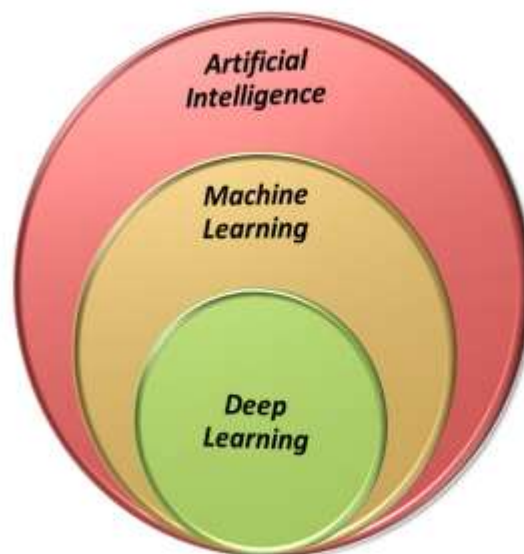


Fig. 2. Representing the inclusive relations between artificial intelligence, machine learning and deep learning.

## هماتولوژی

کاربرد جدی هوش مصنوعی در هماتولوژی را می‌توان در نظر گرفت به عنوان نسبتاً اخیر شناسایی سلولی یکی از جدی ترین موارد است مناطق تسریع شده در این زمینه، سه اثر عمده سه اثر را به بار آورده است سیستم های قابل استفاده برای موارد زیر: فلوسیتومتری ایمونوفنوتایپ، آنالیز مغز استخوان و خون محیطی تحلیل و بررسی.

این سه سیستم با یکدیگر تعامل دارند و به پزشکی مربوط می‌شوند تاریخچه با نتایج آزمایشگاهی موجود در پایگاه های داده هنگام ارزیابی ۱۰۰ بیمار سرطان خون، این سه سیستم به توافق رسیدند در ۹۴ مورد با تشخیص نهایی و با نظر پزشک تفسیر، در ۹۹ مورد.

روش‌های یادگیری ماشین اخیراً برای تشخیص اختلالات خونی تنها بسته به یافته‌های آزمایشگاهی دو رویکرد اعمال شد، یکی از همه استفاده کرد آزمایش خون موجود و دیگری فقط از یک مجموعه محدود بیشتر استفاده می‌کند به طور معمول در طول مصرف بیمار اندازه گیری می‌شود، به دست آوردن مربوطه دقت پیش‌بینی ۸۸ درصد و ۸۶ درصد هنگام در نظر گرفتن لیست پنج بیماری محتمل و ۵۹٪ و ۵۷٪ هنگام در نظر گرفتن تنها محتمل ترین بیماری . با استفاده از ML، آرای و همکاران. یک گروه ژاپنی ۲۶۶۹۵ نفری را تحلیل کرد بیماران برای پیش‌بینی خطر بیماری حاد پیوند در مقابل میزبان ((aGVHD، الگوریتم درخت تصمیم متناوب ML (ADTree) بود برای توسعه مدل‌ها با استفاده از گروه آموزشی و ۱۵ عامل استفاده شد برای تشکیل مدل نهایی انتخاب شدند. مقاله نشان می‌دهد که نمرات پیش‌بینی aGVHD نیز ارتباط بین خطر GVHD و بقای کلی پس از HSCT به طور خلاصه، الگوریتم‌ها نمرات طبقه‌بندی ریسک منطقی و قوی را از نظر بالینی تولید کردند. حوزه دیگر استفاده از شبکه‌های عصبی در خدمت بود تجزیه و تحلیل خون محیطی، که در آن دو رویکرد قابل توجه است، مورد توجه قرار گیرد. اولین مورد مربوط به تشخیص اختلال هموگلوبین است از طریق سیتومتری لیزری با یک کروم هم حجمی یکپارچه سیستمی که تقریباً در تمام موارد HbE، HbE دقیق است.

مرتبط با صفت تالاسمی b، IDA مرتبط با صفت تالاسمی b، و IDA مرتبط با a-تالاسمی . مدل دوم یک مدل هوش مصنوعی است که بر اساس سیتومتری بسته به آن است ارزیابی نور حجم گلبول‌های سفید و پراکندگی فعالیت در کانال پراکس و چگالی هسته ای در بازو کانال برای تمایز، با توجه به طبقه بندی FAB، بین نمونه‌های لوسمی میلوبلاستیک حاد هنگامی که بر روی پاتولوژیک آزمایش می‌شود در نمونه‌ها، این سیستم به بازده تشخیصی ۹۱ درصد رسید . یکی دیگر از کاربردهای ارزشمند، مدل داده کاوی است که تشخیص پلی سیتی ورا (PV) بر اساس هشت را افزایش می‌دهد پارامترهای معیارهای گروه مطالعه PV (PVSG)، به علاوه جنسیت و مقدار هماتوکریت (Hct). این سیستم مورد آزمایش قرار گرفته است و تفاوت معنی داری در این مدل مشاهده نشد نتایج طبقه بندی تشخیصی در مقابل معیارهای تشخیصی PVSG (۹۸.۱ درصد). علاوه بر این، سیستم همان دقت را نشان داد نرخ فقط با استفاده از ۴ پارامتر (هماتوکریت، تعداد پلاکت، طحال، و WBC) در همین زمینه، گروه اروپایی خون و مغز پیوند EBMT یک مطالعه داده کاوی را روی گروهی از افراد انجام داد ۲۸۲۳۶ بیمار در این کار مدلی بر اساس ده انتخاب شد برای ارزیابی و پیش‌بینی کلی از متغیرها استفاده شد مرگ و میر در ۱۰۰ روز پس از allo-HSCT. این مدل ثابت شد برای این منظور کارآمدتر از امتیاز EBMT منطقه زیر منحنی ویژگی‌های عملکرد گیرنده ۰.۷۰۱ در مقابل ۰.۶۴۶ ( $P < .001$ ).

مطالعه دیگری که توسط EBMT با گروهی از حاد انجام شده است بیماران لوسمی نشان داده اند که تنها چند متغیر از جمله رژیم تهویه، نوع اهداکننده، و مرحله بیماری، حامل وزن مرگ و میر مربوط به درمان و اینکه بر روی لبه برش در این زمینه احتمالاً به انواع ورودی‌های بیشتری نیاز دارد. در نهایت، به نظر می‌رسد پروفایل ژن یک زمینه مفید برای طبقه بندی است آسیب شناسی خاص جفت کردن مدل‌های هوش مصنوعی با ریزآرایه DNA رویکرد به ایجاد کلاس‌های آسیب شناسی جدید و حتی کمک کرده است تجزیه و تحلیل سلول‌های بنیادی با استفاده از یادگیری بدون نظارت و نظارت. یادگیری بدون نظارت در کشف کلاس استفاده شده است مانند طبقه بندی مولتیپل میلوما به ۵ زیر گروه با استفاده از جابجایی بیان انکوژن و سیکلین . یادگیری تحت نظارت بوده است برای پیش بینی کلاس استفاده می‌شود، مانند مورد میلوبلاستیک حاد سرطان خون. روش بعدی احتمالاً به منظور اعمال می‌شود کمک به تمایز سلول‌های بنیادی به خطوط خاص با استفاده از ژنتیک اولیه نمایه سازی .



## عصب شناسی

یکی از ابزارهای تشخیصی مفید در نورولوژی، قرائت‌های الکتروانسفالوگرافی ( EEG) است که ایده‌ای در مورد جریان الکتریکی ارائه می‌کند. فعالیت مغز بسیاری از تکنیک‌های ML پیاده سازی شده اند برای تجزیه و تحلیل این سیگنال‌ها و ارائه یک پیش بینی. در سال ۲۰۱۷ سوباسی و همکاران الگوریتمی برای تشخیص تشنج‌های صرع در EEG پیشنهاد کرد با استفاده از دو تکنیک یادگیری ماشینی به نام SVM ضبط می‌کند ( Support Vector Machines و GAS الگوریتم‌های ژنتیک) که دقت ۹۹.۳۸ درصد را در مجموعه داده EEG مورد استفاده ثابت کرد. با این حال، در یک انتشار اخیر، Avcu و همکاران. ML دیگری ارائه کرد تکنیکی به نام CNN ( شبکه‌های عصبی کانولوشنال) که می‌تواند تشنج را تنها با استفاده از دو کانال با دقت ۹۳.۳ درصد تشخیص دهد. برای دیدن راه‌های دیگری که تکنیک‌های ML کمک کرده اند متخصصان مغز و اعصاب، ما به عنوان مثال مورد پارکینسون را در نظر می‌گیریم بیماری ( PD) شروع از پیش آگهی اولیه PD، یک کار اخیر توسط پرashant و همکاران یک سیستم ML ارائه کرد که می‌تواند به دقت پیش بینی PD با دقت ۹۶.۴۰٪ این روش علاوه بر مایع مغزی نخاعی، از ویژگی‌های غیر حرکتی و از دست دادن بویایی استفاده می‌کند اندازه‌گیری‌ها و داده‌های ( CSF) از تصویربرداری دوپامینرژیک نشانگرها اکنون پس از تشخیص بیماری، ML دیگر سیستم می‌تواند برای پیش بینی پیشرفت بیماری استفاده شود. سیستم ارائه شده توسط رستگار و همکاران. از سیتوکین‌های سرم یکی استفاده کرد نقطه زمانی (خط پایه)؛ سپس، پس از یک سال، برای پیش بینی نتیجه برای دو سال.

## انکولوژی

استفاده از هوش مصنوعی و ML در مبارزه با سرطان دارد عمدتاً به عنوان یک رویکرد جذاب در نظر گرفته شده است دوران مهارکننده‌های مولکول کوچک، ژن درمانی و مهندسی شده بیوتراپی‌ها این تکنیک‌ها در حال حاضر در زمینه استفاده می‌شود انکولوژی پرتو در تقسیم بندی تصویر و دوز رادیوتراپی بهینه‌سازی در جایی که هوش مصنوعی و ML به اندازه کافی استانداردهای معمول را برآورده کرده‌اند استانداردها و ثابت شده است که کارآمدتر از برنامه ریزی دستی است اکثر موقعیت‌ها . توسعه نانوربات نمونه‌ای از کاربردهای فیزیکی است هوش مصنوعی در انکولوژی نانوربات‌ها برای رسیدگی به موارد زیر استفاده می‌شوند: (۱) مشکل کم نفوذ و عدم انتشار هدف عوامل درمانی در محل کاربرد؛ (۲) هدف قرار دادن تومورها کمبود در عروق اما نشان دادن تکثیر فعال . برای بیمارانی که تحت عمل گاسترکتومی قرار می‌گیرند، یک تکنیک خاص ML ثابت کرده است که در فردی کردن و مشخص کردن قشر بندی مبتنی بر ریسک در مورد پیش‌بینی بقا بهترین است . یک الگوریتم آسیب شناسی Google Research DL آموزش داده شده است، با استفاده از تصاویر، برای شناسایی گسترش سرطان سینه به همسایگان گره‌های لنفاوی. این الگوریتم امتیاز محلی سازی ۸۹ درصد را به دست آورد. در مقابل میزان دقت ۷۳ درصد برای پاتولوژیست‌ها CNN. ها رایج ترین شکل یادگیری تحت نظارت هستند. آنها کاربرد در اندازه گیری و ردیابی تومورهای مغزی مورد بررسی قرار گرفت، گلیوم، و تومورهای کبدی در دو بعدی مانند تصاویر سه بعدی، با جالب توجه است دقت در بسیاری از آزمایش‌ها در مقایسه با روش‌های نیمه خودکار مبتنی بر RECIST نتیجه می‌گیرد .

## زیست شناسی سلولی و سلول درمانی

در زیست شناسی سلولی و سلول درمانی، تعداد زیادی سلول وجود دارد انواع و تکنیک های غربالگری و تجزیه و تحلیل تصویر. در نتیجه، استفاده از ML برای شناسایی بهترین غربالگری تصویر ضروری بود تکنیک تجزیه و تحلیل / ترکیبات نوع سلول به طوری که ما می توانیم بین خطوط سلولی تمایز قائل شویم بنابراین، پیشرفت های بسیاری در این زمینه وجود دارد میدانی ساخته شده اند. برای مثال، برخی از میکروسکوپ های خودکار ML که در حال حاضر تجاری شده اند، می توانند بیش از ۱۰۰۰۰۰ مورد را تجزیه و تحلیل کنند. تصاویر سلولی در روز فناوری تصویربرداری زیستی می تواند به طور موثر انجام وظایف خاص تجزیه و تحلیل تصویر، مانند تشخیص اشیاء، تجزیه و تحلیل حرکت، و اندازه گیری ویژگی های مورفومتریک. یادگیری ماشینی به جای تنظیم دستی پارامترها برای شناسایی سلول ها و اشیاء از تجربه استفاده می کند. قوی تر است نسبت به ابزارهای پردازش مرسوم در هنگام انجام وظایف پیچیده تجزیه و تحلیل داده های چند بعدی. وظیفه مهم ML در زیست شناسی سلولی تعیین این است که آیا یک اختلال تجربی (مثلاً اصلاح ژنتیکی) منجر به الف فنوتیپ سلولی خاص (تشخیص با فلورسانس). یکی روش ML اخیراً بر روی فلورسانس نشاندار شده با اکتین مورد ارزیابی قرار گرفت تصاویر میکروسکوپی از یک رده سلولی اپیتلیال یک انسان طبیعی پستان و دو خط سرطان سینه انسان با سطوح مختلف پرخاشگری مطالعه نشان داد که این تکنیک بهتر عمل می کند در مورد وظیفه طبقه بندی سلولی در مقایسه با یک متخصص انسانی. چنین فناوری ممکن است برای ایجاد و ارتقای جدید استفاده شود روش های تولید و کنترل کیفیت سلول درمانی مانند گیرنده آنتی ژن کایمیریک سلول های (CAR-T)، رویکردی که دارد اعمال شده است و به طور موثر ویژگی های آن را نشان داده است CAR-T فعال بالینی (به عنوان مثال وضعیت گلیکولیز، حافظه اولیه فنوتیپ، و فرسودگی با مشخصات کم).

ML همچنین می تواند برای درمان سلول های بنیادی استفاده شود، رویکردی که اخیراً آزمایش شده است که تنوع بالایی در هویت سلولی را نشان می دهد که می تواند به طور طبیعی توسط تغییرات در دینامیک نظارتی ایجاد شود. این تکنیک در درک قوی تر است. زیست شناسی سلولی فردی، و پویایی جمعی خطوط سلولی، جوامع و محیط ها.

## قلب و زندگی

کلیدهای تشخیصی اصلی در درمان متخصصان قلب عبارتند از سیگنال های الکتریکی قلب الکتروکاردیوگرافی ECG و قلب سمع ابزارهای ML به تجزیه و تحلیل و تجزیه و طبقه بندی نقطه هم برای اولی و هم برای بعدی کمک می کنند. متخصص قلب عموم سمع قلب را انجام می دهد با استفاده از گوشی پزشکی آنها گوشی پزشکی دیجیتالی، فونوکاردیوگرام PCG، همچنین می توان این تصمیم را ضبط کرد، که از آن می تواند باشد پردازش با استفاده از تکنیک های ML برای تشخیص صداهای غیر طبیعی. در سال ۲۰۱۸، یاسن و همکاران یک سیستم مبتنی بر ML ارائه می کند که طبقه بندی می کند قلب می دهد و بیماری های قلبی را با دقت ۹۷ درصد تشخیص می دهد. برای اضافه کردن موارد فوق، ECG نشان می دهد که متخصصان قلب روی کاغذ می خوانند در واقع می توان به صورت آنلاین وارد رایانه ها شد نشان دهنده دامنه خط در هر مهر زمان. این تمام می تواند به عنوان ورودی الگوریتم/ساختاری که می تواند آنالیز کند استفاده شود ثبت شده و سپس طبقه بندی آن. در اوایل سال جاری، آلفارس و همکاران. یک مدل ML ارائه کرد که می تواند ECG را طبقه بندی کند و با استفاده از یک لید، آرمی را تشخیص دهد، در حالی که متخصصان

قلب معمولاً باید مجموعه ۱۲ سرنخ را بخوانند رکورد ECG را به طور کامل بخوانید. این مدل به یک گزارش ۹۲.۷ درصد و ارزش اخبار مثبت ۸۶.۱ درصد برای ضربان نابجای بطنی با استفاده از سرب II و طبیعت 95.7 درصد و ارزش اخباری مثبت ۷۵.۱ درصد هنگام استفاده از سرب .

### چشم پزشکی

خواه ناهنجاری بینایی باشد یا یک بیماری که بر چشم تأثیر می گذارد رشته حساس چشم پزشکی سهم مناسبی از ML دریافت کرده است برنامه های کاربردی. چشم پزشکان در حال حاضر از دستگاه هایی برای شناسایی سریع و کارآمد ناهنجاری های بینایی استفاده می کنند. وقتی صحبت از بیماری های دیگر می شود، شکایات مربوط به عوارض ناشی از دیابت است چشم ها، عمدتاً رتینوپاتی دیابتی DR. Sayers و همکاران دارند نشان داد که چگونه استفاده از یک الگوریتم یادگیری عمیق می تواند به متخصصان کمک کند درجه DR سریعتر و با دقت بیشتر. علاوه بر این، لی و همکاران. اخیراً یک مدل CNN ارائه کرده اند که با استفاده از رویکرد مبتنی بر توجه، گلوکوم را تشخیص می دهد از روش های پیشرفته پیشی می گیرد. خواه ناهنجاری بینایی باشد یا تأثیر بر چشم، رشته حساس چشم پزشکی سهم مناسبی از ML را دریافت کرده است برنامه های کاربردی چشم پزشکان در حال حاضر از ماشین هایی برای شناسایی هر یک استفاده می کنند ناهنجاری های بینایی به سرعت و کارآمد. وقتی نوبت به دیگری می رسد بیماری ها، شکایات زیادی در مورد عوارض آن است دیابت قندی روی چشم، عمدتاً رتینوپاتی دیابتی DR. Sayers و همکاران نحوه استفاده از یادگیری عمیق را نشان دادند الگوریتم می تواند به متخصصان کمک کند تا DR را سریعتر و دقیق تر ارزیابی کنند. از سوی دیگر، لی و آل. اخیراً الف را ارائه کرده اند مدل شبکه عصبی کانولوشن که می تواند گلوکوم را تشخیص دهد استفاده از رویکرد مبتنی بر توجه به روشی بهتر از روش های پیشرفته.

### نتیجه

از دیدگاه پزشکی که مرحله فعلی را بررسی می کنند در مورد ML و AI در مراقبت های بهداشتی، سوال این است که آیا ما آماده ایم؟ به طور کامل از کمک این فناوری در ما استفاده کنید حرفه؟ پاسخ این است که هنوز محدودیت های زیادی وجود دارد به طور کامل این سیستم ها را در حوزه مراقبت های بهداشتی گنجانده است. اینها شامل نیاز به دستورالعمل ها و چارچوب های قانونی و اخلاقی است که به موارد بحرانی می پردازد. آموزش چند سطحی که می تواند زمینه مناسبی را در این زمینه در اختیار پزشکان قرار دهد.

تکنولوژی ضروری است و سپس این سوال وجود دارد که چگونه باید آن را با خیال راحت و دلسوزانه در عمل بالینی روزانه ادغام کنید. و چه زیرساختی برای اجرای اینها وجود دارد سیستم های؟ برای اضافه کردن به این، بار مالی به همان اندازه یک موضوع است حداقل در مرحله راه اندازی در نظر گرفته شود. به دنبال مثبت، چنین سیستم هایی به پزشکان در صرفه جویی در زمان و تلاش کمک می کند و به پزشکان در فرآیند تصمیم گیری کمک خواهد کرد. داده شده تعداد بسیار زیادی از نمونه هایی که این سیستم ها با آنها آموزش دیده اند، مشاهدات آنها فراتر از آن چیزی است که هر پزشک به تنهایی شاهد بوده است در طول زندگی حرفه ای خود و می تواند سود زیادی داشته باشد. هوش مصنوعی به تنهایی یا در مشارکت با ML به نظر می رسد یک راه حل موثر برای افزایش

کیفیت پزشکی شخصی و برای تسریع ریتم تکامل برای تشخیصی و درمانی پیچیده تکنیک هایی مانند در زمینه ژنتیک، مولکول های کوچک و درمان های فوق هدف به نظر ما تحول دیجیتال در خدمت پزشکی است باید هر دو بر اساس تخصص بالینی - برای تضمین حداکثر اثربخشی - و راهنمایی دقیق IT به منظور غلبه بر محدودیت ها.

## منابع

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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](http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-4474-8_22).
- [4] StanfordMedicineHealthTrendsWhitePaper2017.pdf [Internet]. [cited 2019 Oct 12]. Available from: <https://med.stanford.edu/content/dam/sm/sm-news/documents/StanfordMedicineHealthTrendsWhitePaper2017.pdf>.
- [5] Kumar MA, Vimala R, Britto KRA. A cognitive technology based healthcare monitoring system and medical data transmission. *Measurement* 2019;146 (November):322–32.
- [6] Goodwin S. Data rich, information poor (DRIP) syndrome: is there a treatment? *Radiol Manage* 1996;18(June (3)):45–9.
- [7] Computer-Based Medical Consultations: Mycin [Internet]. Elsevier; 1976 [cited 2019 Dec 7]. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780444001795X5001X>.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Patanella D, Ebanks C, Kosorok Mellor J, Kilanowski-Press L, Reicherzer S, Nadal KL, et al. Gardner's theory of multiple intelligences. In: Goldstein S, Naglieri JA, editors. *Encyclopedia of child behavior and development* [internet]. Boston, MA: Springer US; 2011. p. 681–2. . [cited 2019 Dec 2] Available from: [http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-79061-9\\_1870](http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-79061-9_1870).
- [12] Jackson S. *Human, Machine Thinking* P. N. Johnson-Laird, 1993 Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates ISBN 0-8058-0921, £19.95. *Connect Sci.* 6 (1994) January(1):107–9.
- [13] HaenleinM, KaplanA. A brief history of artificial intelligence: on the past, present, and future of artificial intelligence. *Calif Manage Rev* 2019;61(August (4)):5–14.

- [14] Panch T, Szolovits P, Atun R. Artificial intelligence, machine learning and health systems. J Glob Health [Internet] 2018;8(December (2)). . [cited 2019 Dec 2];. Available from: <http://jogh.org/documents/issue201802/jogh-08-020303.pdf>
- [15] Doya K. Reinforcement learning: computational theory and biological mechanisms. HFSP J 2007;1(1):30.
- [16] Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, Rozzi S, Chersi F, Rizzolatti G. Parietal lobe: from action organization to intention understanding. Science 2005;308(April (5722)):662–7.
- [17] Chen D, Liu S, Kingsbury P, Sohn S, Storlie CB, Habermann EB, et al. Deep learning and alternative learning strategies for retrospective real-world clinical data. Npj Digit Med [Internet] 2019;2(December (1)). . [cited 2019 Dec 2] Available from: <http://www.nature.com/articles/s41746-019-0122-0>.
- [18] De Fauw J, Ledsam JR, Romera-Paredes B, Nikolov S, Tomasev N, Blackwell S, et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. Nat Med 2018;24(September (9)):1342–50.
- [19] Yang X, Jeong JJ, Lei Y, Liu T, Curran WJ, Mao H, et al. Machine-learning-based classification of glioblastoma using MRI-based radiomic features. In: Hahn HK, Mori K, editors. Medical imaging 2019: computer-aided diagnosis [internet]. San Diego, United States: SPIE; 2019. p. 152. . [cited 2019 Oct 13]. Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10950/2513110/Machine-learning-based-classification-of-Glioblastoma-using-MRI-based-radiomic/10.1117/12.2513110.full>.
- [20] Xiao C, Choi E, Sun J. Opportunities and challenges in developing deep learning models using electronic health records data: a systematic review. J Am Med Inform Assoc 2018;25(October (10)):1419–28.
- [21] Shameer K, Johnson KW, Glicksberg BS, Dudley JT, Sengupta PP. Machine learning in cardiovascular medicine: are we there yet? Heart 2018;104(July (14)):1156–64.
- [22] Wiens J, Shenoy ES. Machine learning for healthcare: on the verge of a major shift in healthcare epidemiology. Clin Infect Dis 2018;66(January (1)):149–53.
- [23] Miotto R, Wang F, Wang S, Jiang X, Dudley JT. Deep learning for healthcare: review, opportunities and challenges. Brief Bioinform. 2018;19(November (6)):1236–46.
- [24] Miotto R, Li L, Kidd BA, Dudley JT. Deep patient: an unsupervised representation to predict the future of patients from the electronic health records. SciRep 2016;6 (May (1)):26094.
- [25] Subramani K, Mehta M. Nanodiagnosics in microbiology and dentistry. Emerging nanotechnologies in dentistry [Internet]. Elsevier; 2018. p. 391–419. . [cited 2019 Dec 7] Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128122914000194>.
- [26] Baird HW, Garfunkel JM. Electronic data processing of medical records. N Engl J Med 1965;272(June (23)):1211–5.
- [27] Savova GK, Masanz JJ, Ogren PV, Zheng J, Sohn S, Kipper-Schuler KC, et al. Mayo clinical text Analysis and Knowledge Extraction System (cTAKES): architecture, component evaluation and applications. J Am Med Inform Assoc 2010;17(September (5)):507–13.
- [28] Ashfaq A, Sant’Anna A, Lingman M, Nowaczyk S. Readmission prediction using deep learning on electronic health records. J Biomed Inform 2019;97 (September)103256. [29] Lee J-G, Jun S, Cho Y-W, Lee H, Kim GB, Seo JB, et al. Deep learning in medical imaging: general overview. Korean J Radiol 2017;18(August (4)):570–84.
- [30] Wu T, Sultan LR, Tian J, Cary TW, Sehgal CM. Machine learning for diagnostic ultrasound of triple-negative breast cancer. Breast Cancer Res Treat 2019;173 (January (2)):365–73.



- [31] Moradi M, Wong KCL, Syeda-Mahmood T, Wu JT. Identifying disease-free chest x-ray images with deep transfer learning. In: Hahn HK, Mori K, editors. Medical imaging 2019: computer-aided diagnosis [internet]. San Diego, United States: SPIE; 2019. p. 24. . [cited 2019 Oct 13] Available from: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10950/2513164/Identifying-disease-free-chest-x-ray-images-with-deep-transfer/10.1117/12.2513164.full>.
- [32] Uthoff J, Stephens MJ, Newell JD, Hoffman EA, Larson J, Koehn N, et al. Machine learning approach for distinguishing malignant and benign lung nodules utilizing standardized perinodular parenchymal features from CT. Med Phys 2019(June) mp.13592.
- [33] Diamond LW, Mishka VG, Seal AH, Nguyen DT. Multiparameter interpretative reporting in diagnostic laboratory hematology. Int J Biomed Comput 1994;37 (November (3)):211–24.
- [34] Diamond LW, Nguyen DT, Andreeff M, Maiese RL, Braylan RC. A knowledgebased system for the interpretation of flow cytometry data in leukemias and lymphomas. Cytometry 1994;17(November (3)):266–73.
- [35] Nguyen DT, Diamond LW, Cavenagh JD, Parameswaran R, Amess JA. Haematological validation of a computer-based bone marrow reporting system. J Clin Pathol 1997;50(May (5)):375–8.
- [36] Guncar G, Kukar M, Notar M, Brvar M, Cernelc P, Notar M, et al. An application of machine learning to haematological diagnosis. Sci Rep [Internet] 2018;8 (January). . [cited 2019 Oct 13] Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5765139/>.
- [37] Arai Y, Kondo T, Fuse K, Shibasaki Y, Masuko M, Sugita J, et al. Using a machine learning algorithm to predict acute graft-versus-host disease following allogeneic transplantation. Blood Adv 2019;3(November (22)):3626–34.
- [38] d’Onofrio G, Zini G. Morphology of the blood. Oxford: Butterworth Heinemann; 1998.
- [39] Zini G. Artificial intelligence in Hematology. Hematology 2005;10(October (5)):393–400.
- [40] d’Onofrio G, Zini G. Diagnostic value of peroxidase and size parameters from a new hematological analyzer. . p. 238–9. [41] Kantardzic M, Djulbegovic B, Hamdan H. A data-mining approach to improving Polycythemia Vera diagnosis. Comput Ind Eng. 2002;43(September (4)):765–73.