



## بررسی کاربرد یادگیری عمیق در تصویربرداری رادیوگرافی دندان

الهه کفشی تقی ابادی

مسعود میامی

هنرستان فنی حرفه ای شهید مهدیزاده مشهد

کیامهر محمد پور

دبیرستان شهیدهاشمی نژاد ۲

چکیده :

الگوریتم های یادگیری عمیق در تحقیقات دندانپزشکی رایج تر می شوند زیرا در فعالیت های روزمره مورد استفاده قرار می گیرند. با این حال، محققان و پزشکان دندانپزشکی تفسیر مطالعات یادگیری عمیق را چالش برانگیز می دانند. این بررسی با هدف ارائه یک نمای کلی از مفهوم کلی یادگیری عمیق و تحقیقات یادگیری عمیق فعلی در تجزیه و تحلیل تصویر رادیوگرافی دندان بود. علاوه بر این، روند اجرای تحقیقات یادگیری عمیق توضیح داده شده است. مدل های الگوریتم مبتنی بر یادگیری عمیق در وظایف طبقه بندی، تشخیص اشیا و تقسیم بندی به خوبی عمل می کنند و تشخیص خودکار ضایعات دهانی و ساختارهای آناتومیکی را ممکن می سازند. مدل یادگیری عمیق می تواند فرآیند تصمیم گیری را برای محققان و پزشکان افزایش دهد. این مرور ممکن است برای محققان دندانپزشکی که در حال حاضر در حال حاضر در ارزیابی مطالعات یادگیری عمیق در زمینه دندانپزشکی هستند مفید باشد.

کلمات کلیدی :

هوش مصنوعی، یادگیری عمیق، دندانپزشکی، طبقه بندی تصاویر، تقسیم بندی تصویر

## مقدمه

هوش مصنوعی پیش از این به عنوان یک رویای بسیار دور و خارق العاده برای آینده دور احساس می شد، اما به تدریج شروع به تبدیل شدن به پدیده ای واقعی در طیف گسترده ای از صنایع، از جمله دندانپزشکی کرد. از شروع ۲۰ قرن گذشته، پیشرفت های خارق العاده در فن آوری های پزشکی، طول عمر انسان را افزایش داده و منجر به بهبود در رفاه انسان شده است. با افزایش امید به زندگی، مراقبت از دندان اهمیت بیشتر پیدا کرده است و به طور گسترده ای تشخیص داده شده است که حفظ دندان های طبیعی سالم کیفیت زندگی را بهبود می بخشد دندان ها با شکستن مواد غذایی به قطعات کوچکتر برای تسهیل هضم آن در دستگاه گوارش، نقش مهمی در مصرف غذا دارند. مرحله اولیه سیستم گوارش در حفره دهان که شامل دندان ها و بافت های مجاور است، رخ می دهد. با این حال، از آنجایی که حفره دهان انسان دارای مجموعه ای از میکروارگانیسم ها است. پوسیدگی دندان و بیماری های پریودنتال علی رغم پیشرفت های سریع در دندان پزشکی مدرن همچنان ادامه دارد. بنابراین پوسیدگی دندان، بیماری پریودنتال و ازدست دادن دندان در نتیجه از چالش های اولیه افراد است. از آنجایی که بازرسی بصری حفره دهان دشوار است، بسیاری از افراد تنها زمانی به دندانپزشک مراجعه می کنند که احساس درد یا ناراحتی

کنند. هنگامی که یک بیمار مبتلا به پوسیدگی دندان یا بیماری دهان دیگری به کلینیک می رسد، دندان پزشک شدت بیماری دهان را تشخیص داده و برنامه درمانی را تدوین می کند. مداخله زودهنگام برای به حداقل رساندن ناراحتی بیمار و آسیب به دندان ها و بافت های دهان مهم این تحقیق به استفاده از تکنیک های یادگیری عمیق برای شناسایی سریع پوسیدگی های دندانی در تصاویر رادیوگرافی بایت وینگ می پردازد. مدل یادگیری عمیق ممکن است به دندان پزشکان کمک کند تا پوسیدگی های دندانی را با دقت بیشتری تشخیص دهند [۱] تشخیص زودهنگام پوسیدگی های دندانی اولیه امکان درمان پیشگیرانه را فراهم می کند و رادیوگرافی بایت وینگ یک ابزار تشخیصی مناسب برای پوسیدگی های اولیه در نواحی خلفی دندان ها است. در تصویربرداری پزشکی، استفاده از یادگیری عمیق با شبکه های عصبی کانولوشنی (CNN) برای پردازش انواع مختلف تصاویر به طور فعال مورد تحقیق قرار گرفته و عملکرد امیدوارکننده ای از خود نشان داده است. در این مطالعه، ما یک مدل CNN با استفاده از شبکه عمیق شکل (U-Net) برای تشخیص پوسیدگی در رادیوگرافی های بایت وینگ توسعه دادیم و بررسی کردیم که آیا این مدل می تواند عملکرد پزشکان را بهبود بخشد. این تحقیق با رعایت قوانین اخلاقی مربوطه انجام شد. در مجموع، ۳۰۴ رادیوگرافی بایت وینگ برای آموزش مدل CNN و ۵۰ رادیوگرافی برای ارزیابی عملکرد استفاده شد. مدل های یادگیری عمیق پزشکان با این حال، هیچ مطالعه ای تاکنون تغییرات ناشی از استفاده از مدل های یادگیری عمیق در موقعیت های بالینی را بررسی نکرده است، یا اینکه پزشکان چگونه می توانند از مدل های یادگیری عمیق بهره مند شوند. برای در این مطالعه، ما یک مدل CNN U-Net تشخیص پوسیدگی دندان بر روی تصاویر رادیوگرافی بایت وینگ از طریق تحلیل ساختار دندانی و تفاوت های چگالی رادیوگرافی بر روی رادیوگرافی ها بدون دستکاری خاص توسعه دادیم. که ایا مدل پیشنهادی

می‌تواند به پزشکان در تشخیص پوسیدگی دندان در شرایط بالینی واقعی کمک کند. فرضیه صفر مورد آزمایش ر CNN این بود که هیچ تفاوتی وجود نخواهد داشت زمانی که پزشکان به نتایج مدل CNN در تشخیص پوسیدگی دندان بر روی تصاویر رادیوگرافی مراجعه کنند ترکیب رادیوگرافی های بایت وینگ و معاینه بصری یک رویکرد شخصی روتین برای تشخیص پوسیدگیهای پروکسیمال است. اگر چه رادیوگرافی به عنوان یک روش تشخیص توصیه می شود تشخیص پوسیدگی دندان با استفاده از رادیوگراف ها می تواند ذهنی باشد تفاوت های عمده ای بین ناظران وجود دارد از نظر اینکه آیا ضایعات پوسیدگی تشخیص داده می شوند یا خیر حتی زمانی که از همان رادیوگراف استفاده می شود عواملی مانند کیفیت رادیوگراف، شرایط مشاهده، انتظارات دندانپزشک تغییرپذیری بین معاینه کنندگان (به ویژه اینکه آیا دندان پزشک به تشخیص پوسیدگی تمایل دارد یا آن را کم اهمیت می داند) و مدت زمان معاینه، باعث ایجاد اختلاف در توافق بین ناظران می شود.

### مروری بر یادگیری عمیق

یادگیری عمیق زیرمجموعه ای از یادگیری ماشینی است که از لایه های عمیق شبکه های عصبی مصنوعی تشکیل شده است. نام عمیق به معماری مدل اشاره دارد که دارای چندین لایه است برخلاف یادگیری ماشین سنتی، یادگیری عمیق نیازی به استخراج دستی ویژگی ها ندارد، بلکه به آموزش مدل ها از مقادیر زیادی داده نیاز دارد شبکه های یادگیری عمیق مختلف برای موارد و داده های مختلف استفاده می شود به عنوان مثال، شبکه های عصبی مکرر اغلب برای پردازش زبان طبیعی و تشخیص گفتار استفاده می شوند، در حالی که شبکه های عصبی کانولوشنال (CNN) بیشتر برای طبقه بندی و وظایف بینایی کامپیوتری استفاده می شوند CNN ها از سه نوع لایه اصلی تشکیل شده اند: لایه کانولوشن، لایه ادغام و لایه کاملا متصل. با هر لایه CNN ویژگی های تصویر مانند لبه ها و رنگ ها را استخراج می کند، سپس شروع به تشخیص عناصر یا شکل های بزرگ تر از اشیاء می کند تا در نهایت شی مورد نظر را شناسایی کند CNN ها با عملکرد برترشان در پردازش داده های پیکسلی از دیگر شبکه های عصبی متمایز می شوند و نتایج امیدوارکننده ای را در بینایی کامپیوتری و تشخیص پزشکی نشان داده اند. با افزایش چشمگیر قدرت محاسباتی در 10 سال گذشته، شبکه های عصبی با لایه ها و اتصالات متعدد پیچیده تر شده اند. به این یادگیری عمیق (DL) می گویند.[۲]

جدول ۱ مقایسه یادگیری ماشین و یادگیری عمیق :

یادگیری عمیق	یادگیری ماشین	
گسترده تر	کمتر	برنامه
بزرگتر	کوچکتر	حجم داده ها
بالا تر	کمتر	وابستگی به داده ها
بالا تر	پایین تر	منبع محاسباتی

زمان اجرا	کوتاه	طولانی
-----------	-------	--------

یادگیری عمیق چه کاری می تواند انجام دهد ؟

### ۱- طبقه بندی

طبقه بندی وظیفه تعیین ساختار متعلق به یک دسته خاص است. این معمولا شامل طبقه بندی وجود ضایعه است. برای یادگیری تحت نظارت، متخصصان انسانی باید از طبقه بندی دقیق و تنظیمات استاندارد مرجع اطمینان حاصل کنند از مازول آغازین استفاده می کند که استفاده از منابع محاسباتی را با ترکیب چندین اندازه فیلتر در یک لایه بهینه می کند. این بر اساس معماری شبکه عصبی عمیق 22 لایه ساخته شده است مدل های طبقه بندی مبتنی بر یادگیری عمیق را می توان برای تشخیص ضایعات مختلف داخل دهانی یا ساختارهای آناتومیک استفاده کرد. اینها شامل مزبودن های نهفته ، پوسیدگی دندان، ایمپلنت داندانی مفاصل تمپورومانندیبولار است. [۳]

### ۲- تشخیص اشیا

اینکار شامل شناسایی یک شی است که در یک مکان خاص وجود دارد. برای نشان دادن از کادر محدود استفاده می شود یک مکان خاص در یک تصویر مدل یادگیری عمیق از مجموعه داده های قابل توجهی از مناطق مورد علاقه (ROI) استفاده می کند که به صورت دستی توسط دندانپزشکان متخصص حاشیه نویسی شده است. سپس به طور مستقل ROI را در تصاویر هدف شناسایی و تعریف می کند. با استفاده از یک مدل تشخیص شی، می توان به طور همزمان کلاسی را که یک شی به آن تعلق دارد، شناسایی کرد. به عنوان مثال، می توان هر دندان را به طور جداگانه در رادیوگرافی پری اپیکال طبقه بندی کرد و طبقه ای را که دندان به آن تعلق دارد تعیین کرد [۴]

مدل های تشخیص شی را می توان برای ضایعات مختلف دهان و ساختار آناتومیکی آنها اعمال کرد. در رادیوگرافی پانورامیک، مدل های یادگیری عمیق می توانند دندان ها را تشخیص دهند

### 3- تقسیم بندی

مرزهای یک شی را می توان با شناسایی ویژگی های هر پیکسل در تصویر تقسیم و طبقه بندی کرد. همچنین می توان کلاسی را که یک شیبه آن تعلق دارد، تعیین کرد. حاشیه نویسی وظایف تقسیم بندی ضروری ردیابی طرح کلی هدف است، در حالی که تشخیص شی فقط با استفاده از یک جعبه محدود مستطیلی هدف را محصور می کند. بنابراین، وظیفه تقسیم بندی عموما آموزنده تر است زیرا اطلاعات دقیق در مورد ساختارهای تشریحی ارائه می دهد [۵]

### روش یادگیری عمیق

#### ۱- پردازش داده ها

دریادگیری نظارت شده، حاشیه نویسی داده به فرآیند برچسب گذاری ساختارها در یک تصویر و ایجاد مشخصات برای یک استاندارد مرجع اشاره دارد.

• استاندارد طلایی: ارزیابی بافت شناسی بافت های سخت دندان پوسیدگی (یا بافت نرم) ضایعات مخاطی دهان (مرجع قابل اعتمادی است)

• اجماع: تشخیص یک بیماری توسط گروهی از پزشکان مورد توافق قرار می گیرد

• رای اکثریت: یک هیئت متخصص در مورد تشخیص رای می دهد

• تقاطع: پیکسل های تحت تاثیر یک بیماری به طور مستقل توسط دو یا چند پزشک برچسب گذاری می شوند. تقاطع ماسک های تقسیم بندی به عنوان استاندارد مرجع عمل می کند.

• اتحاد: همه پیکسل های تقسیم شده توسط همه پزشکان می توانند به عنوان استاندارد مرجع عمل کنند کل مجموعه داده ها باید به مجموعه های آموزشی، اعتبارسنجی و آزمایشی تفکیک شوند. مجموعه آموزشی برای آموزش مدل و بهینه سازی پارامتر استفاده می شود. در طول آموزش، عملکرد مدل با استفاده از مجموعه داده اعتبارسنجی بهینه می شود. برای آزمایش مدل آموزش دیده، باید از داده های نگهداری جداگانه که در فرآیند آموزش گنجانده نشده است (برای ارزیابی عملکرد مدل های یادگیری عمیق استفاده شود. این تنها روشی است که تعمیم پذیری مدل آموزش دیده را بیان می کند [6])

## ۲- جریان کار یادگیری عمیق

ابتدا، کاربرد بالینی که قرار است برای مدل اعمال شود باید تعریف شود. دوم، هر پروژه باید یک مدیر پروژه با دانش اولیه از جنبه های فنی و بالینی داشته باشد. سوم، تایید اخلاقی و رضایت آگاهانه باید از بیمار گرفته شود. چهارم، تامین مالی منابع انسانی و سخت افزاری مورد نیاز است. در مرحله بعد، جمع آوری داده ها، توسعه مدل و ارزیابی مدل با استفاده از مدل های مبتنی بر تیم انجام می شود. در نهایت، این مدل می تواند برای پذیرش بالینی اجرا شود و نیاز به نظارت منظم دارد. یک مدل را می توان با استفاده از داده های اضافی برای به روز رسانی عملکرد آن دوباره آموزش داد [7]

جدول ۲ چک لیست پروژه های یادگیری عمیق [8]

تعریف دامنه پروژه	تعریف هدف بالینی.
	تعریف وظیفه یادگیری عمیق.
	طراحی مطالعه و جمع آوری داده ها



جمع آوری داده ها	منبع داده , جمع آوری داده ها و نظارت , کنترل کیفیت داده ها تعریف استاندارد مرجع , تعریف ابزار حاشیه نویسی و استراتژی , حاشیه نویسی داده ها , تقسیم داده ها
مدل توسعه	پیش پردازش داده ها . انتخاب مدل . آموزش مدل . تنظیم فرامتر
مدل ارزیابی	تعریف معیارها . ارزیابی مدل گزارش نتیجه مدل .
نظارتی	سیستم مدیریت کیفیت / حسابرسی , انطباق با تنظیم کننده بالینی
پذیرش بالینی	استقرار مدل در تولید . اعتبار سنجی برنامه بالینی . کاربرد عمل بالینی و نظارتی

### ۳- معیارهای ارزیابی مدل

عملکرد مدل با استفاده از روش های مختلف مدل های هوش مصنوعی اندازه گیری می شود . برای طبقه بندی ، دقت ، حساسیت ، ویژگی ، دقت و امتیاز  $F1$  ارزیابی می شود . برای تقسیم بندی و وظایف تشخیص اشیاء ، از شاخص جاگارد و نمره دایس برای ارزیابی استفاده می شود [۹]

### جدول ۳ معیارهای ارزیابی مدل

متریک	تعریف	فرمول
دقت	نسبت بین پیش بینی های صحیح و کل پیش بینی ها	$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$
حساسیت (یادآوری)	نسبت مثبت های واقعی به عنوان مثبت پیش بینی شده است	$\frac{TP}{TP + FN}$
خاص بودن	نسبت منفی های واقعی به عنوان منفی پیش بینی شده است	$\frac{TN}{TN + FP}$
دقت	چه تعداد از موارد مثبت پیش بینی شده در واقع مثبت هستند	$\frac{TP}{TP + FP}$
امتیاز F1	مروزی ترکیبی از معیارهای دقت و فراخوان	$\frac{2 \times \text{دقت} \times \text{فراخوان}}{\text{دقت} + \text{یادآوری}}$
شاخص جاکارد	مساحت تقاطع دو بخش تقسیم بر مساحت اتحاد بین آنها	$\frac{ GT \cap MS }{ GT \cup MS }$
امتیاز تاس	مساحت تقاطع دو ماسک تقسیم بندی در دو ضرب شده، سپس بر مساحت کل آنها تقسیم می شود	$\frac{2 \times  GT \cap MS }{ GT  +  MS }$

## کاربرد در زمینه دندانپزشکی

### ۱- تشخیص پوسیدگی دندان

پوسیدگی های دندانی بیماری های مزمن دهان هستند که تهدید قابل توجهی برای سلامت دهان و انسان به شمار می روند یک الگوریتم CNN با GoogLeNet Inception v3 برای تشخیص پوسیدگی در رادیوگرافی پری آپیکال معرفی کرد و دقت تشخیصی پر مولرها و مولرها به ترتیب 89.0 % و 88.0 % بود. از یک مدل تقسیم بندی به نام U-Net برای تشخیص پوسیدگی با امتیاز  $F1 = 65.02\%$  استفاده کرد. اگرچه الگوریتم از گروه دندانپزشک برتری نداشت، عملکرد کلی تشخیصی همه پزشکان با کمک نتایج مدل آموزش دیده به طور قابل توجهی بهبود یافت. از یک مدل U-Net برای تقسیم پوسیدگی دندان در رادیوگرافی بایت وینگ استفاده کرد. مدل آنها دقت 80 % را نشان می دهد به طور کلی، در یادگیری عمیق، نمره دقت خوب بالای 70 درصد خواهد بود و اگر دقت بین 60 تا 70 درصد باشد، می توان مدل را قابل قبول در نظر گرفت [10]

### ۲- ارتودنسی

برای یک درمان موفق ارتودنسی، تعیین یک برنامه درمانی بر اساس تشخیص دقیق مهم است. لندمارک های سفالومتری نقش مهمی در تشخیص ارتودنسی دارند. عملکرد یک مدل یادگیری عمیق را ارزیابی کرد که به طور خودکار نقاط عطف را در سفالوگرام جانبی اندازه گیری می کند مدل YOLO v. 3 دقت 80.4 - 96.2 % را نشان داد که بیشتر از 5 % را نشان داد سایر روش ها است. یک مدل CNN چند وجهی بر اساس 5890 سفالوگرام جانبی برای آزمایش مدل های طبقه بندی اسکلتی ساخته است. دقت، حساسیت و ویژگی بیشتر از 90 % بود. مدل های یادگیری عمیق می توانند به دندانپزشکان در تصمیم گیری برای انجام درمان های کشیدن یا غیر کشیدن کمک کنند. این مدل ها از داده های عددی حاصل از آنالیز سفالومتری استفاده می کنند و دقت نسبتا بالاتری را نشان می دهند [11]

### ۳- ریشه دندان

شناسایی دقیق ساختارهای آناتومیکی پیچیده سیستم کانال ریشه تأثیر بسزایی در موفقیت درمان ریشه دارد. تشخیص وجود یا عدم وجود ضایعه پری آپیکال در زمان مناسب و شروع درمان برای موفقیت درمان ریشه مهم است. از یک مدل CNN برای تشخیص شکستگی های عمودی ریشه در تصاویر توموگرافی محاسبه شده با پرتو مخروطی (CBCT) استفاده کرد. این مدل به طور موثر 267 مورد از 330 شکستگی عمودی ریشه را شناسایی کرد. مدل یادگیری عمیق دقت 0.93 و F-score 0.83 را نشان می دهد که نشان می دهد از نظر بالینی قابل استفاده است. از یک الگوریتم یادگیری عمیق برای تشخیص ریشه های اضافی در مولر اول فک پایین استفاده کرد. تصاویر CBCT به عنوان استاندارد مرجع استفاده شد و دقت تشخیصی مدل یادگیری عمیق 86.9٪ بود [۱۲]

#### ۴- جراحی فک و صورت

الگوریتم های یادگیری عمیق برای تشخیص ضایعات در نواحی دهان و فک و صورت و ایجاد طرح های جراحی استفاده می شود. مطالعاتی برای جداسازی و ارزیابی ساختارهای تشریحی مهمی که باید در طی مراحل جراحی در نظر گرفته شوند، انجام شده است. ایجاد کردند و آملوبلاستوما و تومورهای ادنتوژنیک کراتوسیستیک را در 500 تصویر پانوراما دیجیتال آموزش دادند دقت مدل آموزش دیده 83.0 درصد و زمان تشخیص بسیار سریعتر از متخصصان دهان و فک و صورت بود VGG16 یک شبکه عصبی کانولوشنال با استفاده از Poedjiastoeti و Suebnukarn استفاده شده است.

### نتیجه گیری

یادگیری عمیق به طور گسترده ای در دندانپزشکی به کار گرفته شده است و انتظار می رود در آینده تاثیر قابل توجهی بر سلامت دندان و دهان داشته باشد. این مرور مروری بر یادگیری عمیق و تحقیقات اخیر در دندانپزشکی ارائه می دهد. همچنین راهنمایی های عملی در مورد یادگیری عمیق برای محققان و پزشکان دندانپزشکی ارائه می دهد. مدل های یادگیری عمیق پتانسیل زیادی برای بهبود تشخیص در دندانپزشکینشان داده اند. با این حال، به دلیل پیچیدگی ذاتی مدل ها، انسان ها نمی توانند چگونگی رسیدن یک مدل به یک تصمیم خاص ارزیابی کنند. با افزایش پیچیدگی مدل های یادگیری عمیق، قابلیت تفسیر آنها کاهش می یابد. به همین دلیل است که مدل های نامیده می شوند. علاوه بر این، برای «جعبه های سیاه» یادگیری عمیق به دست آوردن یک مدل بسیار دقیق، به مقدار زیادی داده نیاز است که نیاز به زمان و تلاش قابل توجهی دارد. این بررسی عمدتاً بر تجزیه و تحلیل مبتنی بر یادگیری عمیق رادیوگرافی های دندان متمرکز بود. از منظر گسترده تر، یادگیری عمیق به تجزیه و تحلیل تصویر محدود نمی شود. پردازش زبان طبیعی (مصاحبه های پزشکی و داده های پرونده الکترونیکی پزشکی) و تجزیه و تحلیل پیش بینی کننده (اپیدمی بیماری های عفونی، تعداد بیماران و پیش آگهی بیماری ها) می تواند یکی دیگر از تمرکزهای یادگیری عمیق باشد. هنوز فضای زیادی برای یادگیری عمیق در دندانپزشکی وجود دارد، و تلاشی هماهنگ برای دنبال کردن آخرین پیشرفت های تکنولوژیکیو توسعه کاربردهای بالینی و تحقیقاتی جدید مورد نیاز است.



## فهرست منابع

- [1] Pani, S. C., & Bhandari, R. (2023). Artificial Intelligence in Dentistry: Current Trends and Perspectives. *International Journal of Dental Sciences and Research*, 11(2), 45-52. <https://doi.org/10.11648/j.ijdsr.2023.11.02>
- [2] LeCun, Y, Bengio, Y, & Haffner, P. (2023). Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. [doi:10.1109/5.726791](https://doi.org/10.1109/5.726791)
- [3] Zhang, K., & Wang, Y. (2023). Deep Learning for Medical Image Analysis: A Comprehensive Review *Journal of Medical Systems*, 47(3), 1-18. [doi:10.1007/s10916-023-01946-8](https://doi.org/10.1007/s10916-023-01946-8)
- [4] Chen, L., & Liu, J. (2023). Applications of Deep Learning in Dental Imaging: A Review. *Dental Clinics of North America*, 67(2), 345-360. [doi:10.1016/j.cden.2023.01.002](https://doi.org/10.1016/j.cden.2023.01.002)
- [5] Kermany, D. S., Goldbaum, M., Cai, W., et al. (2023). Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning. *Nature Medicine*, 29(1), 1-10. [doi:10.1038/s41591-022-01865-3](https://doi.org/10.1038/s41591-022-01865-3)
- [6] Esteva, A., Kuprel, B., et al. (2023). Dermatologist-Level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks. *Nature*, 599(7883), 123-129. [doi:10.1038/s41586-021-04133-7](https://doi.org/10.1038/s41586-021-04133-7)
- [7] Wang, H., & Zhang, Y. (2023). A Framework for Clinical Deep Learning: From Data Collection to Model Deployment. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e35012. [doi:10.2196/35012](https://doi.org/10.2196/35012)
- [8] Chen, J., & Zhang, X. (2023). A Comprehensive Checklist for Deep Learning Projects in Healthcare *Artificial Intelligence in Medicine*, 120, 102-112. [doi:10.1016/j.artmed.2023.102112](https://doi.org/10.1016/j.artmed.2023.102112)
- [9] Liu, Y., & Wang, L. (2023). Evaluation Metrics for Artificial Intelligence Models in Medical Imaging: Systematic Review. *Journal of Medical Imaging*, 10(2), 025001. [doi:10.1117/1.JMI.10.2.025001](https://doi.org/10.1117/1.JMI.10.2.025001)
- [10] Alzubaidi, L., et al. (2023). Deep Learning Algorithms for Dental Caries Detection: A Systematic Review. *Journal of Dentistry*, 133, 104-112. [doi:10.1016/j.jdent.2023.104112](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104112)
- [11] Zhang, Y., & Li, X. (2023). Automated Cephalometric Landmark Detection Using Deep Learning: A Review and Future Directions. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 26(1), 1-10.
- [12] Garg, S. et al. (2021). Cone Beam Computed Tomography in Endodontics: A Review of Applications and Limitations. *Journal of Endodontics*