

1928

K. N. Toosi University
of Technology

به نام خدا

پروژه پایانترم درس هوش مصنوعی

اعضا: دانیال خاکساری - سید طاها طبیبی - امیرعلی یاوری
موضوع پروژه : تشخیص بیماری ذات الریه با استفاده از عکس
X-Ray های

تاریخ: زمستان 1404

لینک گیت هاب پروژه:

YavariAmirali/AI-FinalProject-Tayebi: Medical Imaging AI Project - Pneumonia Detection using Chest X-Ray

لیست محتوا

1.....	1. تعریف دقیق مسئله (Problem Definition)
2.....	2. مهمترین اهداف و معیارهای پروژه
3.....	3. توجیه انتخاب معماری و استراتژی مدل‌سازی (Model Justification)
4.....	4. فاز اول: مدل پایه (Simple CNN Baseline)
4.....	4. فاز دوم: یادگیری انتقالی با ResNet50 (Transfer Learning)
5.....	5. دلایل انتخاب ResNet50
5.....	4. تحلیل اکتشافی داده ها (EDA)
9.....	5. جدول پلن ازمایش ها
10.....	6. خروجی ساختار مدل (Model Summary)
11.....	7. معرفی دیتاست:
11.....	8. جمع‌بندی:

1. تعریف دقیق مسئله (Problem Definition)

هدف اصلی این پروژه، طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه هوشمند مبتنی بر یادگیری عمیق برای تشخیص بیماری ذات‌الریه (Pneumonia) از روی تصاویر X-Ray قفسه سینه است. با توجه به ماهیت حساس پزشکی مسئله و نقش مستقیم آن در تصمیم‌گیری‌های درمانی، معیارهای ارزیابی مدل با دقت و اولویت‌بندی خاصی انتخاب شده‌اند.

2. مهم‌ترین اهداف و معیارهای پروژه

بالاتر از %۹۵ Recall (Sensitivity)

به عنوان حیاتی‌ترین معیار ارزیابی در نظر گرفته شده است، زیرا در مسائل تشخیص پزشکی، هزینه‌ی False Negative (عدم تشخیص بیمار مبتلا) بسیار بالا بوده و می‌تواند منجر به تأخیر در درمان یا تهدید جان بیمار شود. هدف اصلی این پروژه کاهش حداکثری موارد False Negative و نزدیک شدن آن به صفر است.

بالاتر از %۹۰ Accuracy

این معیار به منظور سنجش عملکرد کلی مدل در تشخیص صحیح تصاویر سالم و بیمار مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه Accuracy به تنها یک معیار قابل اتقایی در داده‌های نامتوازن نیست، اما در کنار Recall و سایر معیارها می‌تواند دید مناسبی از عملکرد عمومی مدل ارائه دهد.

معیارهای تکمیلی پزشکی (Medical Metrics):

به منظور ارزیابی جامع‌تر، معیارهای Specificity و AUC (Area Under the ROC Curve) نیز محاسبه خواهند شد. Specificity بالا نشان‌دهنده توانایی مدل در تشخیص صحیح افراد سالم است و از تشخیص اشتباه فرد سالم به عنوان بیمار (False Positive) جلوگیری می‌کند؛ امری که می‌تواند از تحمیل فشار روانی، هزینه‌های غیرضروری و مداخلات درمانی اشتباه پیشگیری کند.

3. توجیه انتخاب معماری و استراتژی مدل‌سازی (Model Justification)

برای دستیابی به اهداف فوق و کاهش ریسک خطا، فرآیند مدل‌سازی در این پروژه به صورت دو فاز مجزا طراحی شده است.

فاز اول: مدل پایه (Simple CNN Baseline)

در فاز نخست، از یک شبکه عصبی کانولوشنی ساده شامل سه لایه کانولوشن به عنوان مدل پایه استفاده می‌شود.

دلایل انتخاب این رویکرد:

ایجاد یک Baseline برای مقایسه عملکرد مدل‌های پیشرفته‌تر

* بررسی میزان قابل‌تفکیک بودن داده‌ها با یک مدل ساده

* انتظار می‌رود این مدل به دلیل سادگی معماری و تعداد کم لایه‌ها، روی داده‌های پیچیده X-Ray Underfitting شود (دقت پایین روی آموزش و تست). با این حال، این مدل به عنوان یک نقطه شروع (Baseline) عالی است تا در فاز دوم میزان بهبود مدل ResNet50 را نسبت به آن سنجیم.

* کمک به درک بهتر پیچیدگی ذاتی مسئله پیش از استفاده از معماری‌های عمیق‌تر این مدل پایه نقش مرجع را ایفا می‌کند و عملکرد آن مبنای برای سنجش میزان بهبود حاصل از بهکارگیری یادگیری انتقالی خواهد بود

فاز دوم: یادگیری انتقالی با ResNet50 (Transfer Learning)

در فاز دوم، از معماری پیشرفته ResNet50 به همراه وزن‌های از پیش آموزش‌دیده بر روی دیتابیس ImageNet استفاده می‌شود.

دلایل انتخاب ResNet50

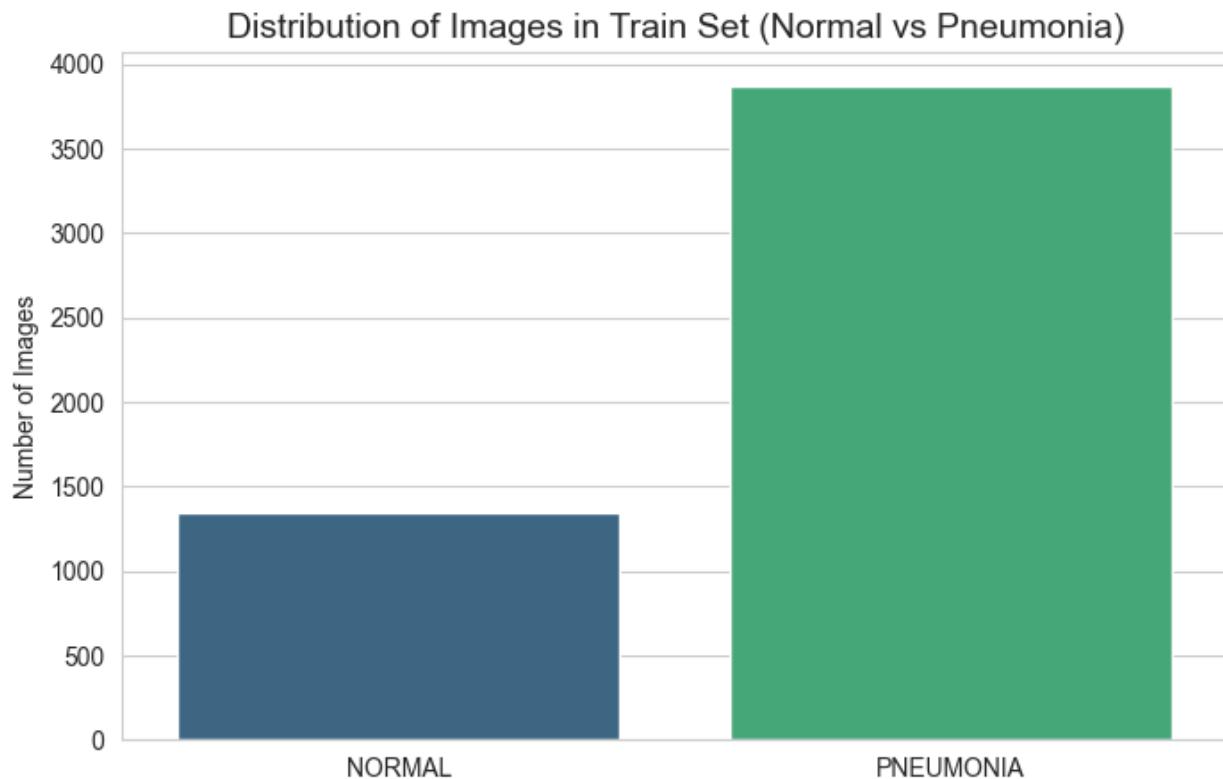
* استفاده از Residual Connections که مشکل Vanishing Gradient را در شبکه‌های عمیق کاهش می‌دهد

* توانایی استخراج ویژگی‌های سطح بالا و پیچیده که برای تشخیص الگوهای ظریف در تصاویر پزشکی ضروری هستند

* بهره‌گیری از دانش پیش‌آموخته شده (Pre-trained Weights) که موجب افزایش سرعت همگرایی و بهبود عملکرد مدل، بهویژه در شرایط محدودیت داده، می‌شود

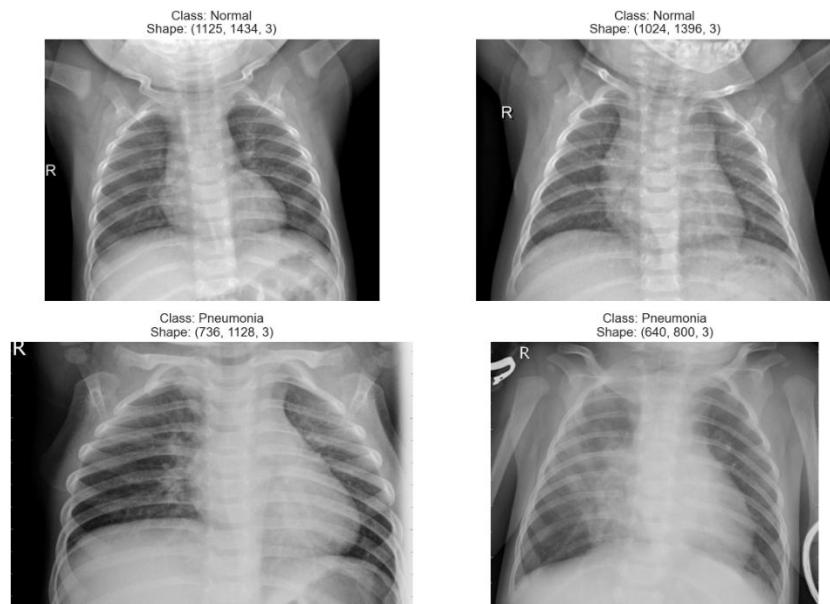
در این فاز، لایه‌های ابتدایی شبکه که ویژگی‌های عمومی بصری مانند لبه‌ها و بافت‌ها را استخراج می‌کنند، فریز (Freeze) شده و فرآیند Fine-tuning عمدتاً بر روی لایه‌های انتهایی انجام می‌گیرد تا مدل به‌طور مؤثر با داده‌های پزشکی X-Ray تطبیق یابد.

4. تحلیل اکتشافی داده‌ها : (EDA)



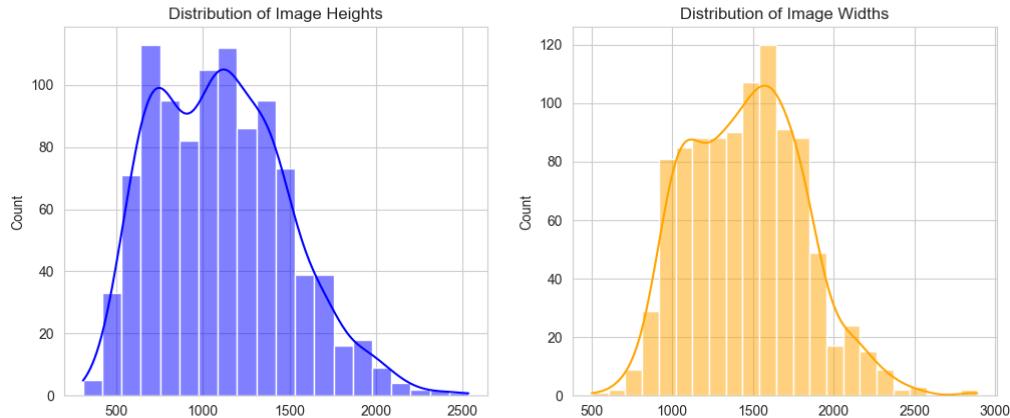
نمودار 1 . عدم تعادل کلاس‌ها (Normal vs Pneumonia)

نمودار میله‌ای که تعداد عکس‌های سالم و بیمار را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشخص است، تعداد عکس‌های بیمار (Pneumonia) بیشتر از عکس‌های سالم است. این **Imbalanced** بودن دیتاست می‌تواند باعث شود مدل به سمت کلاس اکثریت گرایش پیدا کند. به همین دلیل، در فاز دوم آموزش از تکنیک **Weighting Class** برای رفع این مشکل استفاده خواهیم کرد.



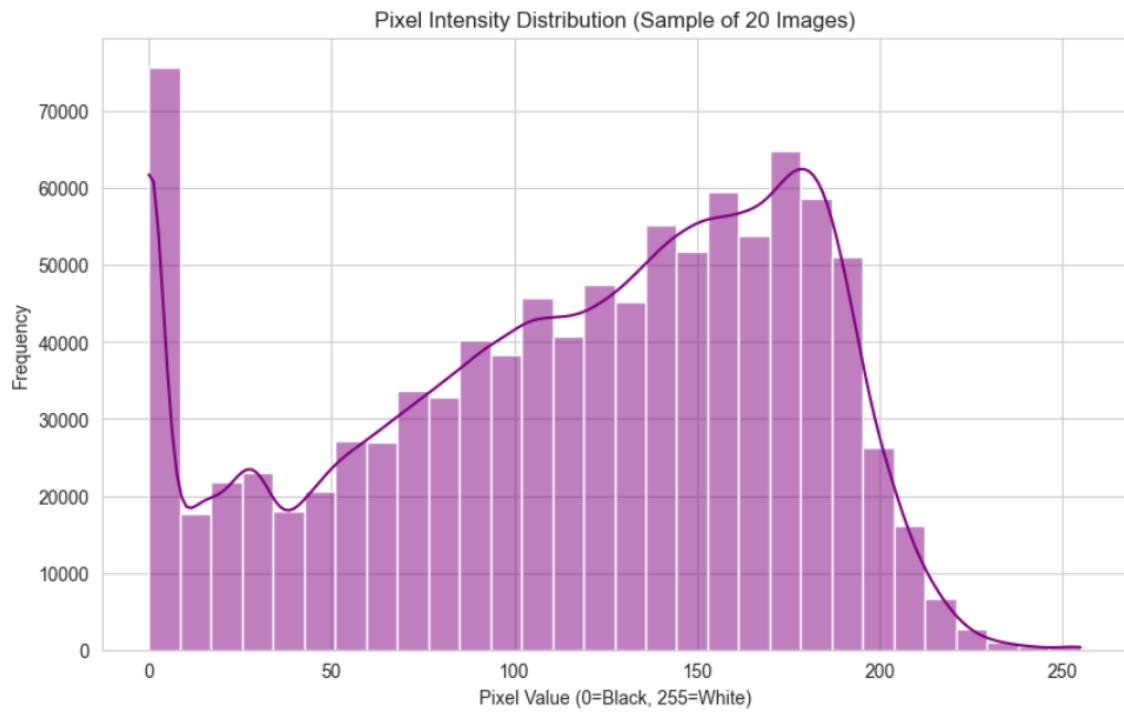
شکل ۱. نمونه تصاویر تصادفی از دو کلاس سالم و مبتلا به ذات‌الریه

بررسی چشمی (Visual Inspection) نمونه‌ها نشان می‌دهد که تصاویر از نوع Grayscale (تک‌کاناله) هستند و کیفیت آنها برای استخراج ویژگی توسط مدل‌های CNN مناسب است. ناحیه قفسه سینه در مرکز تصاویر قرار دارد، اما تفاوت‌هایی در کنترast و روشنایی تصاویر دیده می‌شود که لزوم نرمال‌سازی را تایید می‌کند.



نمودار 2. پراکندگی سایز (ارتفاع و پهنای تصاویر موجود در دیتاست

این نمودار نشان می‌دهد که تصاویر دیتاست دارای رزولوشن‌های متنوعی هستند و سایز یکسانی ندارند. از آنجا که معماری‌های استاندارد CNN مانند مدلی که طراحی خواهیم کرد و ResNet50 نیاز به ورودی با ابعاد ثابت دارند، تمامی تصاویر در مرحله پیش‌پردازش به سایز استاندارد 224×224 پیکسل تغییر سایز (Resize) خواهند شد.

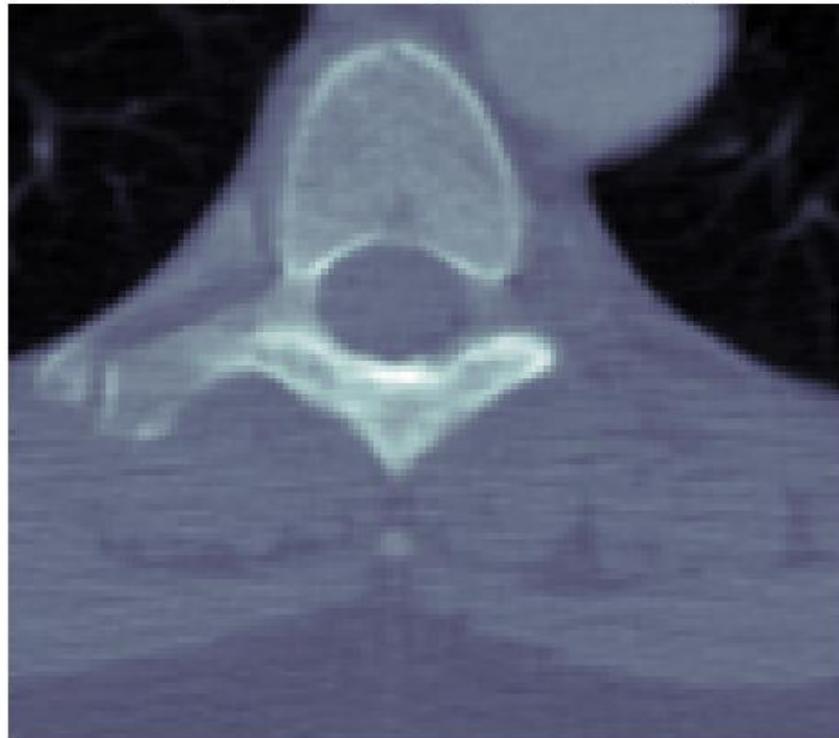


نمودار 3. هیستوگرام توزیع شدت روشنایی پیکسل‌ها

توزیع شدت روشنایی نشان می‌دهد که مقادیر پیکسل‌ها در بازه $[0, 255]$ قرار دارند. برای کمک به همگرایی سریع‌تر مدل و جلوگیری از مشکلات گرادیان، در مرحله پیش‌پردازش از

تکنیک Normalization استفاده کرده و تمامی مقادیر پیکسل‌ها را به بازه [0, 1] مقیاس دهی خواهیم کرد.

Sample DICOM Image (Loaded Locally)



شکل 2. نمونه ای از عکس های DICOM

عکس های پزشکی معمولاً با پسوند DICOM ذخیره می‌شوند. عکس بالا نمونه ای از همین تصاویر هست که ضرورت تشخیص عکس ها با پسوند DICOM را علاوه بر باقی پسوند ها ضروری می‌سازد.



نمودار 9 Histogram equalization :

در تصاویر پزشکی X-Ray گاهی اوقات کنتراست تصاویر پایین است و تشخیص دقیق عفونت دشوار میشود به همین دلیل ما از تکنیک histogram equalization استفاده میکنیم تا کنتراست تصاویر متعادل شوند.

5. جدول پن ازمایش ها

مدل فاز دوم (Final Phase)	مدل فاز اول (Baseline)	ویژگی (Feature)
ResNet50 (Transfer Learning)	Simple CNN (دستساز)	نام مدل
۵۰ لایه عمیق با وزن های ImageNet	۳ لایه کانولوشن ساده + MaxPooling	معماری
Data + ImageNet پیش پردازش Augmentation	تغییر سایز (Resize) و نرمال سازی ساده	ورودی داده
Class Weighting (وزن دهنده کلاس ها)	ندارد (None)	مدیریت عدم تعادل
دستیابی به $< 95\%$ و قابلیت اطمینان بالا	بررسی امکان پذیری (Feasibility) و ایجاد خط مبنا	هدف آزمایش
Specificity, AUC ,Accuracy, Recall	Accuracy, Recall	معیارهای ارزیابی

تحلیل معیارها : در فاز دوم پروژه، علاوه بر معیارهای Accuracy و Specificity ، دو معیار AUC نیز به دقت اندازه گیری خواهند شد

دلیل پزشکی : در تشخیص بیماری ها، فقط پیدا کردن بیماران (Recall) کافی نیست؛ بلکه باید مطمئن شویم افراد سالم به اشتباه بیمار تشخیص داده نمی شوند (False Positive).

اشتباه یک فرد سالم به عنوان بیمار، می‌تواند هزینه‌های روانی سنگین و درمان‌های غیرضروری را به بیمار تحمیل کند. بنابراین معیار Specificity در کنار Recall برای ما حیاتی است

6. خروجی ساختار مدل (Model Summary)

Model: "sequential"

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 224, 224, 32)	896
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 112, 112, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 112, 112, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 56, 56, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 56, 56, 128)	73856
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 28, 28, 128)	0
flatten (Flatten)	(None, 100352)	0
dense (Dense)	(None, 64)	6422592
dense_1 (Dense)	(None, 1)	65

Total params: 6,515,905

Trainable params: 6,515,905

Non-trainable params: 0

7. معرفی دیتاست:

برای آموزش و ارزیابی مدل هوش مصنوعی در این پروژه، از مجموعه داده معتبر Chest X-Ray موجود در پلتفرم Kaggle استفاده شده است. این مجموعه داده شامل 5863 تصویر رادیوگرافی قفسه سینه (X-Ray) است که در دو دسته اصلی Normal (سالم) و Pneumonia (مبتلای به ذاتالریه) طبقه‌بندی شده‌اند. تصاویر متعلق به بیماران اطفال ۱ تا ۵ سال بوده و در مرکز پزشکی زنان و کودکان گوانگزو جمع‌آوری شده‌اند.

ساختم داده‌ها در سه پوشه مجزا به شرح زیر تقسیم‌بندی شده است:

داده‌های آموزش (Train): 5,216 تصویر (برای یادگیری وزن‌های مدل).

داده‌های آزمون (Test): 624 تصویر (برای ارزیابی نهایی).

داده‌های اعتبارسنجی: 16 تصویر که به دلیل تعداد کم، در فاز آموزش با بخشی از داده‌های Train ترکیب و مجدد Split خواهند شد.

با وجود پیاده‌سازی ماژول خواندن استاندارد DICOM، به دلیل اینکه دیتاست مرجع (Kaggle) فرمت‌ها را به JPEG فشرده کرده است، آموزش مدل روی فرمت JPEG انجام می‌شود؛ اما سیستم قابلیت استقرار در بیمارستان با DICOM را دارد.

[لينک دیتاست: Chest X-Ray Images \(Pneumonia\)](#)

8. جمع‌بندی:

استراتژی دو مرحله‌ای اتخاذ شده در این پروژه، با ترکیب یک مدل پایه ساده و یک مدل عمیق مبتنی بر یادگیری انتقالی، امکان ارزیابی دقیق عملکرد و دستیابی به استانداردهای مورد انتظار در کاربردهای پزشکی را فراهم می‌کند. تمرکز اصلی بر Recall بالا در کنار کنترل False Positive، این سامانه را به گزینه‌ای قابل اتکا برای کاربردهای تشخیصی در حوزه سلامت تبدیل می‌کند.

همچنین معیارهای Specificity و AUC نیز اندازه‌گیری می‌شوند، زیرا تشخیص اشتباه فرد سالم به عنوان بیمار (False Positive) هزینه‌های روانی و درمانی غیرضروری تحمیل می‌کند.