

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد  
گرایش کنترل

پردازش تصاویر CT Scan مغز به منظور قطعه‌بندی  
خونریزی داخلی مغز با استفاده از شبکه‌های عصبی  
عمیق

پایان نامه

نگارش

سید محمد حسینی

استاد راهنما

دکتر امیرحسین نیکوفرد

شهریور ۱۴۰۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## صفحه فرم ارزیابی و تصویب پایان نامه - فرم تأیید اعضاء کمیته

### دفاع

در این صفحه فرم دفاع یا تایید و تصویب پایان نامه موسوم به فرم کمیته دفاع - موجود در پرونده آموزشی - را قرار دهید.

### نکات مهم:

- نگارش پایان نامه/رساله باید به **زبان فارسی** و بر اساس آخرین نسخه دستورالعمل و راهنمای تدوین پایان نامه های دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی باشد.(دستورالعمل و راهنمای حاضر)
- رنگ جلد پایان نامه/رساله چاپی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا باید به ترتیب مشکی، طوسی و سفید رنگ باشد.
- چاپ و صحافی پایان نامه/رساله بصورت **پشت و رو(دورو)** بلامانع است و انجام آن توصیه می شود.

به نام خدا



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  
تهران

تاریخ: شهریور ۱۴۰۳

## تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سید محمد حسینی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

سید محمد حسینی

Vincent

امضا

نویسنده پایان نامه، در صورت تمایل میتواند برای پاسخگویی پایان نامه خود را به شخص یا اشخاص و یا ارگان خاصی تقدیم نماید.

پاس کزاری

نویسنده پایان نامه می تواند مراتب امتنان خود را نسبت به استاد راهنما و استاد مشاور و یا دیگر افرادی که طی انجام پایان نامه به نحوی او را یاری و یا با او همکاری نموده اند ابراز دارد.

سید محمد حسینی

شهریور ۱۴۰۳

## چکیده

تشخیص سریع و دقیق خونریزی‌های درون جمجمه‌ای با استفاده از تصاویر سی‌تی‌اسکن، همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پزشکی در زمینه درمان افراد دارای انواع آسیب‌های مغزی، سکته‌های مغزی و خونریزی‌های درون جمجمه‌ای، مطرح شده است. اهمیت این موضوع زمانی آشکار می‌شود که حتی تأخیر چنددقیقه‌ای در تشخیص می‌تواند منجر به پیامدهای جبران‌ناپذیری برای بیماران شود. باتوجه‌به پیچیدگی و حساسیت بالای تشخیص چنین آسیب‌هایی، این فرایند معمولاً نیازمند تخصص و تجربه‌ی بالای پزشکان و پرتوشناسان است. اما باتوجه‌به محدودیت منابع انسانی و احتمال خطاهای انسانی، نیاز به توسعه سامانه‌های خودکار تشخیص مبتنی بر یادگیری عمیق بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این زمینه چالش اصلی برای پزشکان خصوصاً در بخش فوریت‌های پزشکی، تشخیص دقیق و سریع نواحی خونریزی در تصاویر سه‌بعدی سی‌تی‌اسکن است که عملکرد متخصصین در تحلیل این تصاویر، تحت‌تأثیر میزان تجربه آنها و شرایط محیطی قرار دارد. توسعه یک دستیار هوشمند مبتنی بر شبکه عصبی عمیق، می‌تواند موجب بهبود فرایندهای پزشکی در این حوزه شود؛ اما توسعه این دستیار با چالش‌های متعددی روبرو است. از جمله این چالش‌ها می‌توان به عدم توازن داده‌ها، محدودیت در دسترسی به مجموعه داده‌های بزرگ، و تنوع کیفیت تصاویر سی‌تی‌اسکن در مراکز مختلف تصویربرداری اشاره کرد. این عوامل می‌توانند باعث کاهش دقت مدل‌ها در تشخیص نواحی دارای خونریزی شود. در این پایان‌نامه، یک روش دومرحله‌ای مبتنی بر طبقه‌بندی و قطعه‌بندی، به همراه یک پس‌پردازش توسعه داده شده است.

## واژه‌های کلیدی:

شبکه عصبی عمیق، طبقه‌بندی تصاویر سی‌تی‌اسکن، قطعه‌بندی تصاویر سی‌تی‌اسکن، خونریزی درون جمجمه‌ای

# فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	.....	۱ مقدمه
۲	.....	۱-۱ خونریزی درون جمجمه‌ای و اهمیت آن
۲	.....	۲-۱ انواع خونریزی درون جمجمه‌ای
۴	.....	۳-۱ روش‌های مرسوم در تشخیص خونریزی درون جمجمه‌ای
۵	.....	۴-۱ روش‌های رایانه‌ای در پردازش تصاویر پزشکی
۵	.....	۵-۱ مجموعه داده‌ها
۶	.....	۱-۵-۱ مجموعه داده‌ی انجمن پرتوشناسی آمریکای شمالی (RSNA)
۶	.....	۲-۵-۱ مجموعه داده‌ی MosMed
۶	.....	۳-۵-۱ مجموعه داده‌ی CQ500
۷	.....	۴-۵-۱ مجموعه داده‌ی PHE-SICH-CT-IDS
۸	.....	۵-۵-۱ مجموعه داده‌ی PhysioNet
۹	.....	۶-۱ تحقیقات اخیر در زمینه یادگیری ماشین
۱۰	.....	۱-۶-۱ نقاط ضعف موجود در پژوهش‌های گذشته
۱۱	.....	۲-۶-۱ دستاوردهای ما و نحوه حل مشکلات گذشته
۱۲	.....	منابع و مراجع
۱۷	.....	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی
۱۹	.....	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی



## فهرست اشکال

صفحه

شکل

۳	.....	۱-۱ خونریزی درون جمجمه‌ای [۱]
۸	.....	۲-۱ چند نمونه تصویر از مجموعه داده PHE-SICH-CT-IDS
۹	.....	۳-۱ چند نمونه تصویر از مجموعه داده PhysioNet

## فهرست جداول

صفحه

جدول

۱-۱ انواع زیرگروه‌های خونریزی درون جمجمه‌ای [۲] ..... ۴

# فهرست نمادها

نماد	مفهوم
$\mathbb{R}^n$	فضای اقلیدسی با بعد $n$
$\mathbb{S}^n$	کره $n$ یکه بعدی
$M^m$	خمینه $m$ -بعدی $M$
$\mathfrak{X}(M)$	جبر میدان‌های برداری هموار روی $M$
$\mathfrak{X}^1(M)$	مجموعه میدان‌های برداری هموار $1$ یکه روی $(M, g)$
$\Omega^p(M)$	مجموعه $p$ -فرمی‌های روی خمینه $M$
$Q$	اپراتور ریچی
$\mathcal{R}$	تانسور انحنای ریمان
$ric$	تانسور ریچی
$L$	مشتق لی
$\Phi$	$2$ -فرم اساسی خمینه تماسی
$\nabla$	التصاق لوی-چویتای
$\Delta$	لاپلاسین ناهموار
$\nabla^*$	عملگر خودالحاق صوری القا شده از التصاق لوی-چویتای
$g_s$	متر ساساکی
$\nabla$	التصاق لوی-چویتای وابسته به متر ساساکی
$\Delta$	عملگر لاپلاس-بلترامی روی $p$ -فرم‌ها

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ خونریزی درون جمجمه‌ای و اهمیت آن

خونریزی درون جمجمه‌ای<sup>۱</sup> یک وضعیت اضطراری پزشکی است که تشخیص سریع و دقیق آن به‌منظور درمان مؤثر بیمار و کاهش خطر ناتوانی شدید یا مرگ، حیاتی است [۳]. خونریزی درون جمجمه‌ای می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله آسیب مغزی تروماتیک<sup>۲</sup>، بیماری‌های عروقی، یا مشکلات مادرزادی ایجاد شود و بر اساس محل خونریزی در مغز طبقه‌بندی می‌شود [۴]. به‌صورت تقریبی سالانه بین ۴۰۰۰۰ تا ۶۷۰۰۰ بیمار دارای خونریزی درون جمجمه‌ای در ایالات متحده آمریکا شناسایی می‌شوند که نرخ مرگ‌ومیر آنها در ۳۰ روز اول حادثه در حدود ۴۰ درصد است که در نتیجه آن، خونریزی درون جمجمه‌ای به یکی از بیماری‌ها با بیشترین آمار مرگ و میر تبدیل شده است. این در حالی است که عوارض دیگر این بیماری نیز بسیار خطرناک است، به‌عنوان مثال بیشتر از ۴۶ درصد بیماران که دارای نوع خاصی از خونریزی درون جمجمه‌ای هستند، پس از بهبود به‌صورت دائمی دچار اختلالات شناختی می‌شوند [۵، ۶، ۷، ۸، ۹].

باتوجه به نرخ بالای مرگ‌ومیر مرتبط با خونریزی درون جمجمه‌ای، تشخیص سریع و دقیق خونریزی درون جمجمه‌ای با استفاده از روش‌های تصویربرداری ضروری است [۱۰]. سی‌تی‌اسکن<sup>۳</sup> شایع‌ترین روش برای تشخیص سریع خونریزی خصوصاً در مراکز فوریت‌های پزشکی به‌حساب می‌آید که دقت مناسب را برای تشخیص این بیماری به متخصصین می‌دهد [۱۱، ۳، ۵، ۱۲].

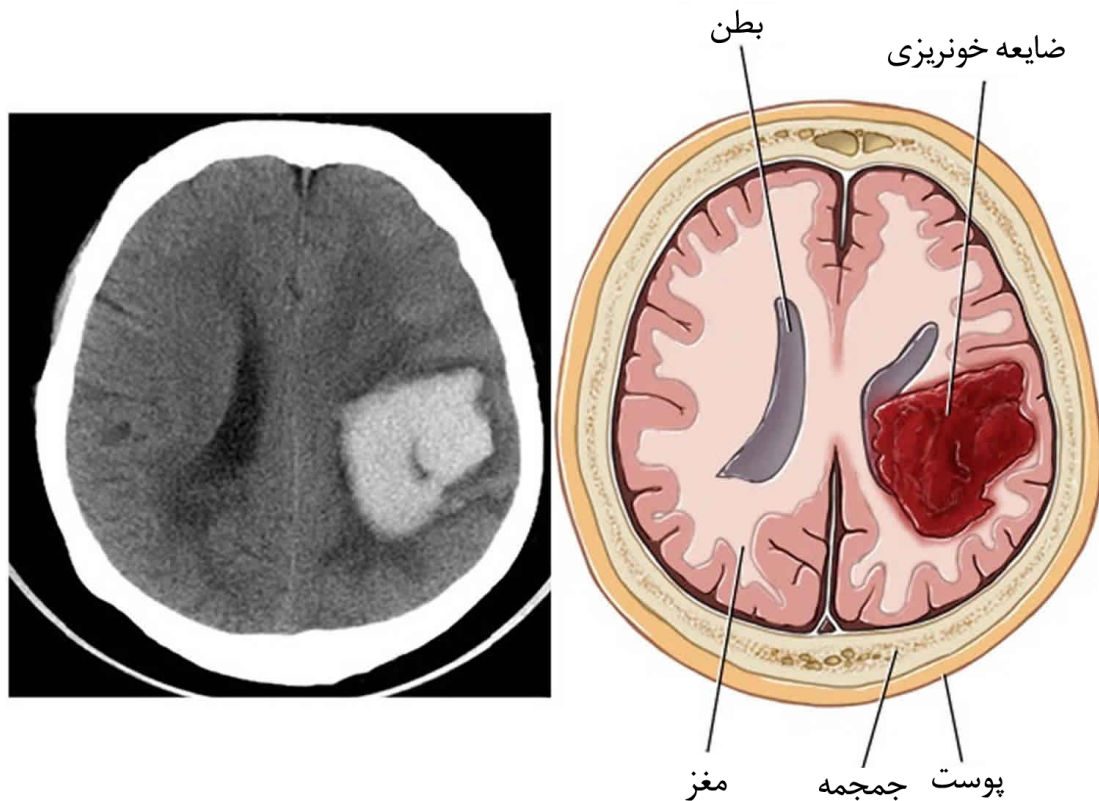
## ۲-۱ انواع خونریزی درون جمجمه‌ای

با پاره شدن عروق شریانی مغز، خون از درون عروق اصلی وارد بافت مغز می‌شود؛ این مسئله در حالی است که لخته شدن خون در داخل بدن سخت‌تر انجام می‌شود و به‌موجب آن خون وارد بافت مغز شده و با افزایش فشار داخل جمجمه، به بافت‌های حیاتی صدمات جدی وارد می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱-۱ مشخص است، با پاره شدن شریان‌های خونی درون مغز، خونی که وارد بافت مغز شده است و یک ضایعه بزرگ خونریزی را ایجاد کرده و این ضایعه در تصویر سی‌تی‌اسکن به‌صورت یک بافت که رنگ روشن‌تری نسبت به محیط اطراف دارد قابل‌شناسایی است.

<sup>1</sup>Intracranial Hemorrhage

<sup>2</sup>Traumatic Brain Injury

<sup>3</sup>Computed Tomography Scan



شکل ۱-۱: خونریزی درون جمجمه‌ای [۱]

خونریزی درون جمجمه‌ای متناسب با محل وقوع به زیرگروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند؛ این طبقه‌بندی شامل خونریزی اپیدورال (EDH)<sup>۱</sup>، خونریزی ساب‌دورال (SDH)<sup>۲</sup>، خونریزی ساب‌آراکنوئید (SAH)<sup>۳</sup>، خونریزی پارانشیم مغزی (CPH)<sup>۴</sup>، و خونریزی داخل بطنی (IVH)<sup>۵</sup> است [۶، ۱۳]. در جدول ۱-۱ نمونه‌هایی از زیرگروه‌های خونریزی درون جمجمه‌ای، محل خونریزی، زمینه، علت وقوع، شکل و علائم بالینی نشان داده شده است؛ همانطور که از تصاویر مشخص است، تشخیص بعضی از انواع خونریزی درون جمجمه‌ای به علت حضور در اطراف بقیه بافت‌های مغز، خصوصاً جمجمه که از تراکم بیشتری برخوردار است و یا شکل پیچیده‌ای که دارند، حتی برای متخصصین نیز دشوار است.


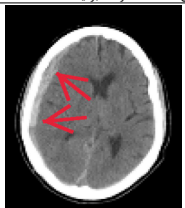



<sup>1</sup>Epidural

<sup>2</sup>Subdural

<sup>3</sup>Subarachnoid

<sup>4</sup>Cerebral Parenchymal

<sup>5</sup>Intraventricular

EDH	SDH	SAH	IVH	CPH	محل
بین سخت شامه و جمجمه	بین سخت شامه و عنکبوتیه	بین عنکبوتیه و نرم شامه	داخل بطن	داخل مغز	تصویر
					
ضربه یا پس از جراحی	ضربه	پارگی آنوریسم یا ناهنجاری های شریانی - وریدی یا ضربه	می تواند با خونریزی های درون مغزی و زیر عنکبوتیه همراه باشد	قشار خون بالا، ضربه، ناهنجاری های شریانی - وریدی، تومور، و غیره	زمینه ها
شریانی	وریدی (وریدهای یلزن)	عمدتاً شریانی	شریانی یا وریدی	شریانی یا وریدی	علت وقوع
عدسی شکل	هلالی	در امتداد شیارها و شکاف ها	مطابق با شکل بطن	معمولاً گرد	شکل
حاد (شکستگی جمجمه و تغییر وضعیت ذهني)	ممکن است تدریجی باشد (بدتر شدن سردرد)	حاد (بدترین سردرد زندگی)	حاد (شروع ناگهانی سردرد، حالت تهوع، استفراغ)	حاد (شروع ناگهانی سردرد، حالت تهوع، استفراغ)	علامت بالینی

جدول ۱-۱: انواع زیرگروه های خونریزی درون جمجمه ای [۲]

### ۳-۱ روش های مرسوم در تشخیص خونریزی درون جمجمه ای

در حال حاضر تصاویر سی تی اسکن، به عنوان استاندارد اصلی و غیرتهاجمی<sup>۱</sup> برای تشخیص خونریزی درون جمجمه ای است. سی تی اسکن یک نوع تصویر پرتونگاری<sup>۲</sup> سه بعدی است که متشکل از تصاویر دوبعدی از اندام بدن است. روش عمومی پردازش تصاویر سی تی اسکن به صورت دستی انجام می پذیرد که به موجب آن متخصصین پرتونگاری<sup>۳</sup> و پزشکی، با بررسی برش های<sup>۴</sup> سی تی اسکن را به صورت مجزا بررسی می کنند و مناطق خونریزی را تشخیص می دهند. این فرایند به دلیل وابستگی به تخصص و تجربه فردی، شرایط محیطی و فشار کاری، زمان بر و مستعد خطا است. [۵، ۳، ۱۱، ۱۲، ۱۰]. فرایند بررسی دستی تصاویر سی تی اسکن، زمان بر بوده و به شدت به در دسترس بودن پرتونگارهای<sup>۵</sup> با تجربه بستگی دارد [۶]. در شرایط اضطراری، خصوصاً در مراکز فوریت های پزشکی، زمانی که برای پردازش برش های سی تی اسکن صرف می شود، می تواند به طور قابل توجهی در نتایج درمان بیمارها تأثیر بگذارد؛ این مسئله در مواردی از اهمیت بیشتری برخوردار می شود که درمان بیمار نیازمند مداخله فوری گروه پزشکی است [۱۲]. نکته حائز اهمیت در روش معمول برای بررسی تصاویر سی تی اسکن در مراکز پزشکی این است که بررسی اولیه تصاویر، توسط پزشکان و پرتونگارهایی با تجربه کمتر انجام می شود و در مراحل بعدی این تصاویر توسط متخصصینی با تجربه بیشتر بررسی می شود. تعدادی از مطالعات نشان داده اند که در روش مذکور، بین پزشکان و پرتونگارهایی که در مرحله اول تصاویر را بررسی می کنند و پزشکان و پرتونگارهایی که در ادامه این تصاویر را بررسی می کنند، اختلاف نظر وجود دارد که این مسئله می تواند منجر به عواقب جبران ناپذیر گردد [۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷]. احتمال خطای انسانی در بررسی دستی تصاویر پیچیده و

<sup>1</sup>Non-invasive<sup>2</sup>Radiography<sup>3</sup>Radiology<sup>4</sup>Slice<sup>5</sup>Radiologist

سه بعدی سی تی اسکن، از دیگر نقاط ضعف روش معمول پردازش این تصاویر است، به ویژه در محیط های شلوغ و پرتنش که پرتونگاریها ممکن است تحت فشار زیاد باشند [۱۱].

## ۴-۱ روش های رایانه ای در پردازش تصاویر پزشکی

اهمیت مسئله خونریزی درون جمجمه ای و چالش های مرتبط با آن در بخش قبل مورد بررسی قرار گرفت، روش های مبتنی بر پردازش رایانه ای<sup>۱</sup> تصاویر پزشکی، می تواند یک راه حل مناسب برای رفع نقاط ضعف روش کنونی بررسی تصاویر پزشکی باشد [۳، ۵، ۱۱، ۱۸، ۱۹، ۱۲، ۲۰، ۱۰]. ابزارهای خودکار برای تشخیص و کمیت سنجی خونریزی، از پیشرفت های روش های یادگیری ماشین<sup>۲</sup> و یادگیری عمیق<sup>۳</sup> و سامانه های<sup>۴</sup> تشخیص به کمک رایانه<sup>۵</sup> استفاده می کنند تا تجزیه و تحلیل سریع و دقیقی از تصاویر سی تی اسکن ارائه دهند. با خودکارسازی تشخیص خونریزی درون جمجمه ای و استفاده از آنها به صورت نظر ثانویه<sup>۶</sup>، این سامانه ها می توانند بار کاری پرتونگاریها را کاهش دهند، دقت تشخیص را افزایش دهند از اشتباهات متخصصین جلوگیری کنند، زمان تشخیص را به حداقل برسانند، بعضی از هزینه های فرایند درمان را به علت کاهش دخالت انسانی کاهش دهند و به صورت کلی فرایند تشخیص را بهبود ببخشند که این موارد به بهبود نتایج بیماران منجر خواهد شد. با این حال، ضمن اینکه سامانه های تشخیص به کمک رایانه نویدبخش هستند؛ اما امکان خطا در آنها وجود دارد که می تواند تصمیم گیری بالینی را با مشکلاتی روبرو کند؛ بنابراین، ادغام این ابزارها در عمل باید با دقت انجام شود [۲۰].

## ۵-۱ مجموعه داده ها

در سال های اخیر، مجموعه داده های متعددی برای پشتیبانی از توسعه مدل های<sup>۷</sup> یادگیری عمیق در حوزه تصویربرداری پزشکی، به ویژه برای طبقه بندی خونریزی درون جمجمه ای ایجاد شده اند. در ادامه به بررسی برخی از مهم ترین مجموعه داده هایی که در این حوزه مورد استفاده قرار گرفته اند، می پردازیم.

<sup>1</sup>Computer

<sup>2</sup>Machine Learning

<sup>3</sup>Deep Learning

<sup>4</sup>System

<sup>5</sup>Computer-aided Diagnosis

<sup>6</sup>Second Opinion

<sup>7</sup>Model



## ۱-۵-۱ مجموعه داده‌ی انجمن پرتوشناسی آمریکای شمالی (RSNA)

مجموعه داده‌ی RSNA Intracranial Hemorrhage Detection [۲، ۲۱] که برای چالش یادگیری ماشین سال ۲۰۱۹ انجمن پرتونگاری آمریکای شمالی جمع‌آوری شده است، یکی از منابع برجسته در زمینه طبقه‌بندی خونریزی درون جمجمه‌ای محسوب می‌شود. این مجموعه داده، از چند مرکز پرتونگاری جمع‌آوری شده است که سه مؤسسه دانشگاه استنفورد در ایالات متحده، دانشگاه فدرال سائو پائولو در برزیل و بیمارستان دانشگاه توماس جفرسون در ایالات متحده شامل آنها می‌باشد. این مجموعه شامل تصویر سی‌تی‌اسکن مغزی ۲۵۳۱۲ بیمار است که از این میان، ۸۸۸۹ بیمار دارای انواع مختلف خونریزی درون جمجمه‌ای هستند. تصاویر سی‌تی‌اسکن درون این مجموعه داده در سطح برش، حاشیه‌نویسی<sup>۱</sup> شده‌اند. تصاویر سی‌تی‌اسکن در این مجموعه داده به فرمت DICOM<sup>۲</sup> ارائه شده‌اند که استاندارد برای تصویربرداری پزشکی است. این مجموعه داده به‌طور گسترده‌ای در طبقه‌بندی انواع خونریزی مورد استفاده قرار گرفته و به‌عنوان منبعی بنیادی برای آموزش و اعتبارسنجی مدل‌های یادگیری ماشین که به طبقه‌بندی خونریزی درون جمجمه‌ای تبدیل شده است.

## ۲-۵-۱ مجموعه داده‌ی MosMed

مجموعه داده‌ی MosMed [۲۲]، یک مجموعه داده خونریزی درون جمجمه‌ای می‌باشد که در روسیه جمع‌آوری شده است. این مجموعه داده به‌طور خاص برای تسهیل توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی به‌منظور تشخیص و طبقه‌بندی خونریزی درون جمجمه‌ای طراحی شده است. این مجموعه شامل سی‌تی‌اسکن مغزی ۸۰۰ بیمار است که ۴۰۰ بیمار دارای خونریزی درون جمجمه‌ای هستند. این مجموعه داده در سطح بیمار حاشیه‌نویسی شده است و تصاویر آن به صورت فایل‌های DICOM در دسترس قرار دارد.

## ۳-۵-۱ مجموعه داده‌ی CQ500

مجموعه داده‌ی CQ500 [۲۳]، یک مجموعه داده مهم است که از چند مرکز متفاوت شامل پنج مرکز مختلف در هند می‌باشد. این مجموعه داده حاوی ۴۹۱ سی‌تی‌اسکن سر است که برای انواع خونریزی‌های درون جمجمه‌ای در سطح بیمار حاشیه‌گذاری شده‌اند. تصاویر سی‌تی‌اسکن در این مجموعه داده به صورت

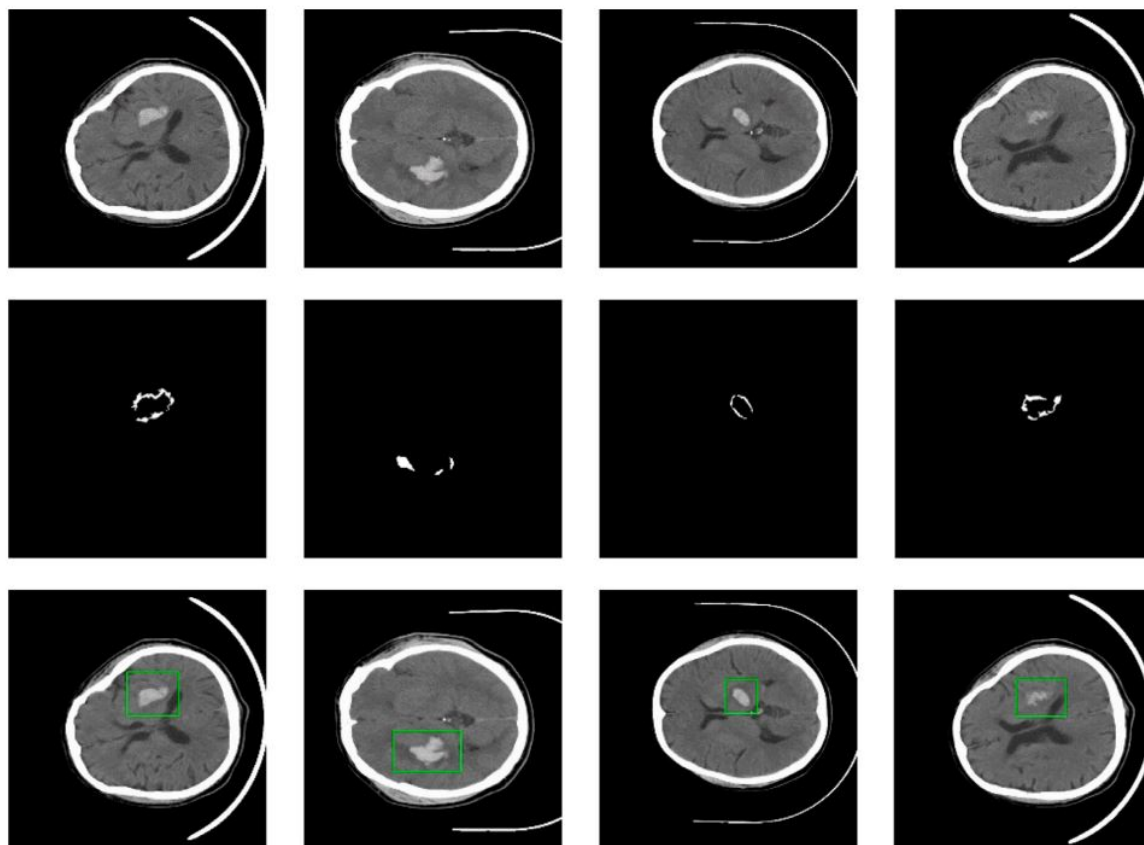
<sup>۱</sup> Annotation

<sup>۲</sup> Digital Imaging and Communications in Medicine

فایل DICOM ارائه شده.

## ۴-۵-۱ مجموعه داده‌ی PHE-SICH-CT-IDS

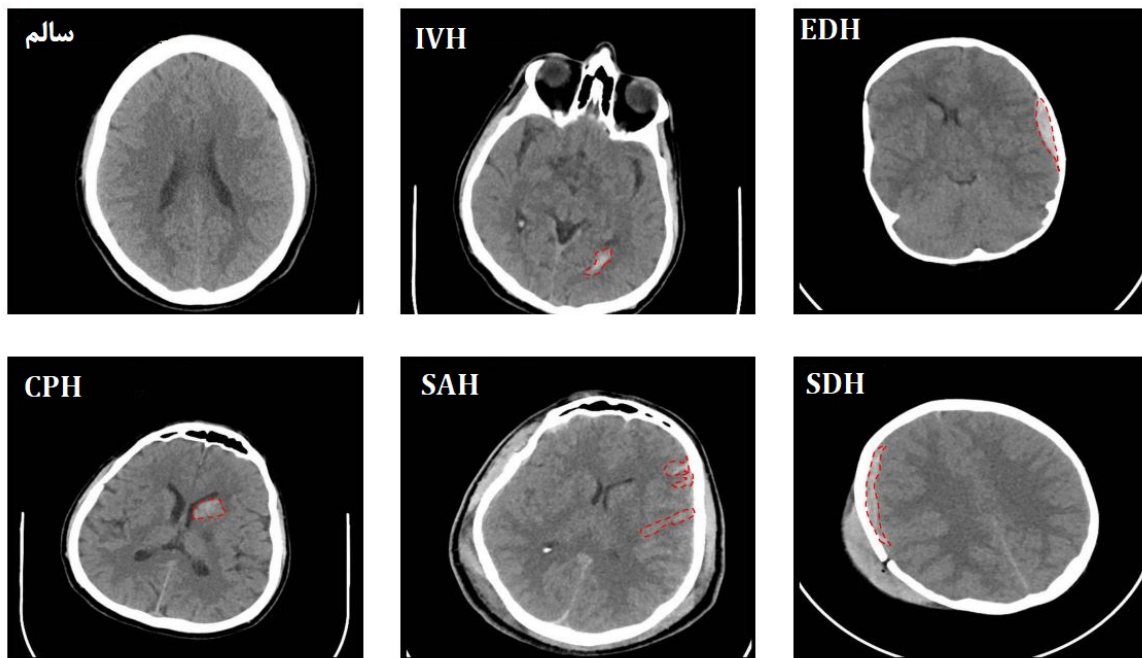
مجموعه داده‌ی PHE-SICH-CT-IDS [۲۴]، اگرچه به‌طور خاص برای خونریزی درون‌جمجمه‌ای جمع‌آوری نشده است، اما به دلیل تمرکز آن بر وظایف طبقه‌بندی، تشخیص و قطعه‌بندی مرتبط به Perihematomal Edema در خونریزی درون‌جمجمه‌ای قابل توجه است. این مجموعه داده از بیمارستان Shengjing در چین جمع‌آوری شده است که شامل تصویر سی‌تی‌اسکن ۱۲۰ بیمار است که تمامی آنها خونریزی درون‌جمجمه‌ای دارند و حاشیه‌نویسی آنها در سطح برش انجام شده است. تصاویر سی‌تی‌اسکن در این مجموعه داده به صورت فایل‌های NIFTI، JPG و PNG ارائه شده است. مجموعه داده‌ی PHE-SICH-CT-IDS منبعی ارزشمند برای توسعه مدل‌های یادگیری عمیق که هدف آنها طبقه‌بندی، تشخیص یا قطعه‌بندی می‌باشد، است. در شکل ۱-۲ چند برش از تصاویر مجموعه داده PHE-SICH-CT-IDS است، همانطور که در این تصویر مشخص است، در اطراف ضایعه خونریزی، یک حاشیه تیره‌تر وجود دارد که به آن Edma گفته می‌شود و این ضایعه قطعه‌بندی شده است؛ همچنین این مجموعه داده حاشیه‌نویسی مناسب برای وظیفه تشخیص را نیز دارد.



شکل ۱-۲: چند نمونه تصویر از مجموعه داده PHE-SICH-CT-IDS

### ۵-۵-۱ مجموعه داده‌ی PhysioNet

مجموعه داده‌ی خونریزی درون جمجمه‌ای PhysioNet [۲۵]، مجموعه داده‌ای می‌باشد که در ادامه این مطالعه از آن استفاده شده است. این مجموعه داده از بیمارستان Al Hilla در عراق جمع‌آوری شده است و شامل ۸۲ تصویر سی‌تی‌اسکن از بیماران است که ۳۶ نفر از آنها دارای خونریزی درون جمجمه‌ای می‌باشند. این مجموعه داده، شامل حاشیه‌نویسی‌های مناسب برای وظایف طبقه‌بندی و قطعه‌بندی است که آن را به تنها مجموعه داده با دسترسی عمومی تبدیل می‌کند که امکان قطعه‌بندی خونریزی درون جمجمه‌ای را فراهم می‌کند. جزییات بیشتر در مورد این دیتاست در؟؟ توضیح داده شده است. تصویر شکل ۱-۳ چند نمونه از برش‌های خونریزی درون این مجموعه داده را مشخص می‌کند.



شکل ۱-۳: چند نمونه تصویر از مجموعه داده PhysioNet

## ۶-۱ تحقیقات اخیر در زمینه یادگیری ماشین

در سال‌های اخیر، یادگیری عمیق پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه طبقه‌بندی و قطعه‌بندی خونریزی درون‌جمجمه‌ای داشته است و مطالعات متعددی به بررسی این موضوع پرداخته‌اند. این مدل‌ها نه تنها از نظر نوآوری فنی قابل توجه هستند، بلکه پتانسیل بالای آنها می‌تواند باعث استفاده از آنها در سیستم‌های تشخیص و درمان بیمارستان‌ها بشود که می‌تواند بهبود عملکرد کادر درمان، کاهش هزینه‌ها و زمان تشخیص و افزایش دقت در طبقه‌بندی خونریزی درون‌جمجمه‌ای را به همراه داشته باشد. برخی از این مطالعات، از جمله تحقیقات Titano [۲۰]، Arbabshirani [۵] و Kuo [۱۰]، و همکارانشان مدل‌های پیشنهادی خود را در محیط‌های بیمارستانی آزمایش کرده‌اند و نتایج آن‌ها نشان داده است که این سیستم‌ها می‌توانند به طور مؤثری در بهبود نتایج درمان برای بیماران نقش داشته باشند. به طور خاص، Titano و همکاران یک سیستم یادگیری عمیق خودکار با دقت ۸۷٪ و حساسیت ۹۴٪ معرفی کرده‌اند که عملکرد آن با کارشناسان انسانی مقایسه شده و در محیط‌های بالینی به کار گرفته شده است. همچنین، Kuo و همکاران یک شبکه عصبی پیچشی برای طبقه‌بندی خونریزی حاد درون‌جمجمه‌ای با دقت ۹۹٪ و AUC برابر با ۹۹٪ توسعه داده‌اند که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان بالا در شرایط بالینی است. سایر مطالعات، مانند Chang [۱۹] و Chilamkurthy [۱۲] نیز نتایج قابل توجهی در زمینه طبقه‌بندی

خونریزی‌ها با استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق ارائه کرده‌اند. Neethi [۲۶] و همکاران مروری بر روش‌های مختلف یادگیری عمیق انجام داده‌اند که از مجموعه داده‌های مختلفی از جمله PhysioNet و مجموعه داده RSNA استفاده کردند. آنها از مجموعه داده RSN که شامل ۲۵۳۱۲ تصویر سی تی اسکن از بیماران است، برای آموزش مدل‌های یادگیری عمیق بهره بردند و عملکرد آن را بر روی مجموعه داده PhysioNet ارزیابی کردند. آنها با استفاده از مدل ResNet50-V2 بر روی مجموعه داده PhysioNet به ۷۶٪ Recall و F1 Score برابر با ۶۷٪ دست یافتند که این نتایج به صورت برش محور<sup>۱</sup> گزارش شده است. در میان کارهایی که روی مجموعه داده PhysioNet انجام شده است، Kyung [۲۷] و همکاران شبکه‌ای به نام SMART-Net را پیشنهاد کردند که به کمک روش انتقال یادگیری<sup>۲</sup> توانسته‌اند به F1 Score برابر با ۸۴٪، Sensitivity برابر با ۹۷٪ و Specificity برابر با ۷۴٪ بیمار محور<sup>۳</sup> دست یابند.

## ۱-۶-۱ نقاط ضعف موجود در پژوهش‌های گذشته

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در مدل‌های یادگیری عمیق، هنوز چالش‌هایی در تفسیرپذیری مدل‌های شبکه عصبی وجود دارد که می‌توان از آن به عنوان یکی از نقاط ضعف ادبیات موجود در این زمینه دانست زیرا تفسیرپذیر بودن یک سیستم هوش مصنوعی، یکی از معیارهای اساسی برای متخصصین حوزه پزشکی است تا از این ابزار استفاده کنند. از دیگر نقاط ضعف در ادبیات خونریزی درون جمجمه‌ای، دردسترس نبودن مجموعه داده‌های بزرگ با حاشیه نویسی مناسب و مجموعه داده‌های مربوط به بیمارستان‌ها و دستگاه‌های موجود در ایران است؛ وجود یک مجموعه داده با ابعاد مناسب از دستگاه‌های موجود در ایران، می‌تواند مسیر توسعه یک سیستم هوش مصنوعی در زمینه خونریزی درون جمجمه‌ای را در ایران وجود هموار سازد. از دیگر نقاط ضعف موجود در ادبیات موجود در این مسئله، استفاده از شبکه‌هایی با ابعاد بسیار بزرگ توسط محققین می‌باشد که نیازمند پردازشگرهایی با هزینه بیشتر هستند. از مهم‌ترین مشکلات موجود در تحقیقات گذشته، توجه نکرده به بیمار محور بودن داده‌ها هنگام تفکیک آنها به زیرمجموعه‌های آموزش و ارزیابی اشاره کرد که در نتیجه آن برش‌هایی از یک بیمار که شباهت بسیار زیادی به یکدیگر دارند، در زیرمجموعه‌های آموزش و ارزیابی قرار گیرد که در نتیجه آن همبستگی بین این دو مجموعه داده زیاد خواهد شد. استفاده نکردن از روش مرسوم K-Fold-Cross-Validation، یکی

<sup>1</sup> Slice-wise

<sup>2</sup> Transfer Learning

<sup>3</sup> Patient-wise

دیگر از معایب موجود در تحقیقات گذشته است که به موجب آن، تعمیم‌پذیری مدل بدست آمده از این تحقیقات محل ابهام می‌باشد. به عنوان یکی از اشکالات مهم در ادبیات موجود، عدم ارائه معیارهای مناسب و کافی برای ارزیابی عملکرد مدل‌های یادگیری ماشین است که در نتیجه آن، نتایج بدست آمده از شفافیت کافی برخوردار نیست.

## ۱-۶-۲ دستاوردهای ما و نحوه حل مشکلات گذشته

در این پژوهش تلاش شده تا در گام نخست یک روش دو مرحله‌ای شامل یک مدل طبقه‌بندی و یک مدل قطعه‌بندی که به صورت متوالی استفاده می‌شوند توسعه داده شود که این روش، موجب بهبود عملکرد مدل‌های پردازش تصویر در قطعه‌بندی شده است؛ نکته حائز اهمیت در این روش این است که با کاهش امکان ایجاد False Positive در پیش‌بینی‌های مدل قطعه‌بندی، باعث بهبود عملکرد مدل‌های قطعه‌بندی خواهد شد. در گام بعدی یک پس‌پردازش<sup>۱</sup> در لایه تصمیم‌گیری توسعه داده شده است که این پس‌پردازش نیز موجب بهبود عملکرد مدل طبقه‌بندی شده است. در انتها با استفاده از انواع معیارهای موجود، آموزش مدل با استفاده از روش 5-Fold-Cross-Validation، طراحی یک ضابطه تصمیم‌گیری<sup>۲</sup> و استفاده از روش‌هایی برای تفسیرپذیر کردن مدل، امکان تحلیل جامع از عملکرد مدل فراهم شده است.

<sup>1</sup>Post-process

<sup>2</sup>Decision Policy

## منابع و مراجع

- [1] Team, Health Jade. Intracerebral hemorrhage causes, symptoms, diagnosis, treatment & recovery, October 18 2019. Accessed: 2024-08-26.
- [2] Rsna intracranial hemorrhage detection. <https://www.kaggle.com/competitions/rsna-intracranial-hemorrhage-detection/overview>, 2019. Accessed: 2024-08-26.
- [3] Grewal, Monika, Srivastava, Muktabh Mayank, Kumar, Pulkit, and Varadarajan, Srikrishna. Radnet: Radiologist level accuracy using deep learning for hemorrhage detection in ct scans. in 2018 IEEE 15th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2018), pp. 281–284. IEEE, 2018.
- [4] Monica Jenefer, Balraj M, Senathipathi, K, Aarthi, and Annapandi. Detection and categorization of acute intracranial hemorrhage subtypes using a multilayer densenet-resnet architecture with improved random forest classifier. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 34(22):e7167, 2022.
- [5] Arbabshirani, Mohammad R, Fornwalt, Brandon K, Mongelluzzo, Gino J, Suever, Jonathan D, Geise, Brandon D, Patel, Aalpen A, and Moore, Gregory J. Advanced machine learning in action: identification of intracranial hemorrhage on computed tomography scans of the head with clinical workflow integration. NPJ digital medicine, 1(1):9, 2018.

- [6] Burduja, Mihail, Ionescu, Radu Tudor, and Verga, Nicolae. Accurate and efficient intracranial hemorrhage detection and subtype classification in 3d ct scans with convolutional and long short-term memory neural networks. *Sensors*, 20(19):5611, 2020.
- [7] Morgenstern, Lewis B, Hemphill III, J Claude, Anderson, Craig, Becker, Kyra, Broderick, Joseph P, Connolly Jr, E Sander, Greenberg, Steven M, Huang, James N, Macdonald, R Loch, Messé, Steven R, et al. Guidelines for the management of spontaneous intracerebral hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the american heart association/american stroke association. *Stroke*, 41(9):2108–2129, 2010.
- [8] Van Asch, Charlotte JJ, Luitse, Merel JA, Rinkel, Gabriël JE, van der Tweel, Ingeborg, Algra, Ale, and Klijn, Catharina JM. Incidence, case fatality, and functional outcome of intracerebral haemorrhage over time, according to age, sex, and ethnic origin: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Neurology*, 9(2):167–176, 2010.
- [9] Hackett, Maree L and Anderson, Craig S. Health outcomes 1 year after subarachnoid hemorrhage: an international population-based study. *Neurology*, 55(5):658–662, 2000.
- [10] Kuo, Weicheng, Häne, Christian, Mukherjee, Pratik, Malik, Jitendra, and Yuh, Esther L. Expert-level detection of acute intracranial hemorrhage on head computed tomography using deep learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(45):22737–22745, 2019.
- [11] Ye, Hai, Gao, Feng, Yin, Youbing, Guo, Danfeng, Zhao, Pengfei, Lu, Yi, Wang, Xin, Bai, Junjie, Cao, Kunlin, Song, Qi, et al. Precise diagnosis of intracranial hemorrhage and subtypes using a three-dimensional joint convolutional and recurrent neural network. *European radiology*, 29:6191–6201, 2019.
- [12] Chilamkurthy, Sasank, Ghosh, Rohit, Tanamala, Swetha, Biviji, Mustafa, Campeau, Norbert G, Venugopal, Vasantha Kumar, Mahajan, Vidur, Rao, Pooja, and Warier,



- Prashant. Deep learning algorithms for detection of critical findings in head ct scans: a retrospective study. *The Lancet*, 392(10162):2388–2396, 2018.
- [13] Hssayeni, Murtadha D, Croock, Muayad S, Salman, Aymen D, Al-Khafaji, Hassan Falah, Yahya, Zakaria A, and Ghoraani, Behnaz. Intracranial hemorrhage segmentation using a deep convolutional model. *Data*, 5(1):14, 2020.
- [14] Alfaro, Dennis, Levitt, M Andrew, English, David K, Williams, Virgil, and Eisenberg, Ronald. Accuracy of interpretation of cranial computed tomography scans in an emergency medicine residency program. *Annals of emergency medicine*, 25(2):169–174, 1995.
- [15] Lal, Nirish R, Murray, Uwada M, Eldevik, O Petter, and Desmond, Jeffrey S. Clinical consequences of misinterpretations of neuroradiologic ct scans by on-call radiology residents. *American journal of neuroradiology*, 21(1):124–129, 2000.
- [16] Erly, William K, Berger, William G, Krupinski, Elizabeth, Seeger, Joachim F, and Guisto, John A. Radiology resident evaluation of head ct scan orders in the emergency department. *American journal of neuroradiology*, 23(1):103–107, 2002.
- [17] Strub, WM, Leach, JL, Tomsick, T, and Vagal, A. Overnight preliminary head ct interpretations provided by residents: locations of misidentified intracranial hemorrhage. *American journal of neuroradiology*, 28(9):1679–1682, 2007.
- [18] Lee, Hyunkwang, Yune, Sehyo, Mansouri, Mohammad, Kim, Myeongchan, Tajmir, Shahein H, Guerrier, Claude E, Ebert, Sarah A, Pomerantz, Stuart R, Romero, Javier M, Kamalian, Shahmir, et al. An explainable deep-learning algorithm for the detection of acute intracranial haemorrhage from small datasets. *Nature biomedical engineering*, 3(3):173–182, 2019.
- [19] Chang, Peter D, Kuoy, Edward, Grinband, Jack, Weinberg, Brent D, Thompson, Matthew, Homo, Richelle, Chen, Jefferson, Abcede, Hermelinda, Shafie, Mohammad,

- Sugrue, Leo, et al. Hybrid 3d/2d convolutional neural network for hemorrhage evaluation on head ct. *American Journal of Neuroradiology*, 39(9):1609–1616, 2018.
- [20] Titano, Joseph J, Badgeley, Marcus, Schefflein, Javin, Pain, Margaret, Su, Andres, Cai, Michael, Swinburne, Nathaniel, Zech, John, Kim, Jun, Bederson, Joshua, et al. Automated deep-neural-network surveillance of cranial images for acute neurologic events. *Nature medicine*, 24(9):1337–1341, 2018.
- [21] Rsna intracranial hemorrhage detection, 2024. Accessed: 2024-08-27.
- [22] Khoruzhaya, Anna N, Bobrovskaya, Tatiana M, Kozlov, Dmitriy V, Kuligovskiy, Dmitriy, Novik, Vladimir P, Arzamasov, Kirill M, and Kremneva, Elena I. Expanded brain ct dataset for the development of ai systems for intracranial hemorrhage detection and classification. *Data*, 9(2):30, 2024.
- [23] Chilamkurthy, Sasank, Ghosh, Rohit, Tanamala, Swetha, Biviji, Mustafa, Campeau, Norbert G, Venugopal, Vasantha Kumar, Mahajan, Vidur, Rao, Pooja, and Warier, Prashant. Development and validation of deep learning algorithms for detection of critical findings in head ct scans. *arXiv preprint arXiv:1803.05854*, 2018.
- [24] Ma, Deguo, Li, Chen, Du, Tianming, Qiao, Lin, Tang, Dechao, Ma, Zhiyu, Shi, Liyu, Lu, Guotao, Meng, Qingtao, Chen, Zhihao, et al. Phe-sich-ct-ids: A benchmark ct image dataset for evaluation semantic segmentation, object detection and radiomic feature extraction of perihematoma edema in spontaneous intracerebral hemorrhage. *Computers in Biology and Medicine*, 173:108342, 2024.
- [25] Hssayeni, Murtadha D, Croock, Muayad S, Salman, Aymen D, Al-Khafaji, Hassan Falah, Yahya, Zakaria A, and Ghoraani, Behnaz. Intracranial hemorrhage segmentation using a deep convolutional model. *Data*, 5(1):14, 2020.
- [26] Neethi, AS, Niyas, S, Kannath, Santhosh Kumar, Mathew, Jimson, Anzar, Ajimi Mol, and Rajan, Jeny. Stroke classification from computed tomography scans using 3d

convolutional neural network. Biomedical Signal Processing and Control, 76:103720, 2022.

- [27] Kyung, Sunggu, Shin, Keewon, Jeong, Hyunsu, Kim, Ki Duk, Park, Jooyoung, Cho, Kyungjin, Lee, Jeong Hyun, Hong, GilSun, and Kim, Namkug. Improved performance and robustness of multi-task representation learning with consistency loss between pre-texts for intracranial hemorrhage identification in head ct. Medical Image Analysis, 81:102489, 2022.

# واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

Subdural Hemorrhage	خونریزی ساب‌دورال	الف
Subarachnoid Hemorrhage	ساب‌آراکنوئید	آسیب مغزی تروماتیک . . . injury
Cerebral . . . . .	خونریزی پارانشیم مغزی	انتقال یادگیری . . . . .
Parenchymal Hemorrhage		ب
Intraventricular . . . . .	خونریزی داخل بطنی	Slice . . . . .
Hemorrhage		برش
د		Slice-wise . . . . .
Radiologist . . . . .	پرتونگار	برش‌محور
Radiology . . . . .	پرتونگاری	Patient-wise . . . . .
ز		بیمارمحور
Real Time . . . . .	زمان واقعی	پ
س		Radiography . . . . .
Computed Tomography Scan	سی‌تی‌اسکن	پرتونگاری
System . . . . .	سامانه	پس‌پردازش . . . . .
ش		خ
Deep Neural Network	شبکه عصبی عمیق	Hemorrhage . . . . .
		خونریزی
		Intracerebral . . . . .
		خونریزی درون جمجمه‌ای
		Hemorrhage (ICH)
		خونریزی اپیدورال . .
		Epidural Hemorrhage

شبکه عصبی پیچشی Convolutional Neural Network

ح

طبقه‌بندی Classification . . . . .

ح

حاشیه‌نویسی Annotation . . . . .

غ

غیر تهاجمی Non-invasive . . . . .

ک

رایانه Computer . . . . .

ق

قطعه‌بندی Segmentation . . . . .

م

مدل Model . . . . .

ی

نظر ثانویه Second Opinion . . . . .

ی

یادگیری عمیق Deep Learning . . . . .

یادگیری ماشین Machine Learning . . . . .

# واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

<b>A</b>	Homomorphism . . . . . همریختی
KNTUomorphism . . . . . خودریختی	<b>I</b>
<b>B</b>	Invariant . . . . . پایا
Bijection . . . . . دوسویی	<b>L</b>
<b>C</b>	Lift . . . . . بالابر
Cycle group . . . . . گروه دوری	<b>M</b>
<b>D</b>	Module . . . . . مدول
Degree . . . . . درجه	<b>N</b>
<b>E</b>	Natural map . . . . . نگاشت طبیعی
Edge . . . . . یال	<b>O</b>
<b>F</b>	One to One . . . . . یک به یک
Function . . . . . تابع	<b>P</b>
<b>G</b>	Permutation group . . . . . گروه جایگشتی
Group . . . . . گروه	<b>Q</b>
<b>H</b>	

Quotient graph . . . . .	گراف خارج‌قسمتی	Trivial character . . . . .	سرشت بدیهی
<b>R</b>		<b>U</b>	
Reducible . . . . .	تحویل پذیر	Unique . . . . .	منحصربفرد
<b>S</b>		<b>V</b>	
Sequence . . . . .	دنباله	Vector space . . . . .	فضای برداری
<b>T</b>			

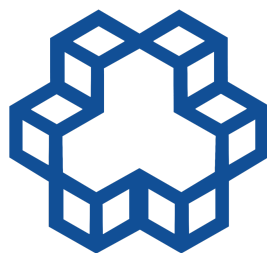
# Abstract

This page is accurate translation from Persian abstract into English.

## **Key Words:**

Write a 3 to 5 KeyWords is essential. Example: KNTU, M.Sc., Ph. D, ..





**K. N. Toosi University of Technology**  
**Department of ...**

**M. Sc. Thesis**

**Title of Thesis**

**By**

**Name Surname**

**Supervisor**

**Dr.**

**Advisor**

**Dr.**

**Month & Year**