



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهران
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی
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

سپاسگزاری

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

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

۱-۱-۱ تشخیص خونریزی درون جمجمه‌ای

خونریزی درون جمجمه‌ای^۱ یک وضعیت اضطراری پزشکی است که تشخیص سریع و دقیق آن به‌منظور درمان مؤثر بیمار و کاهش خطر ناتوانی شدید یا مرگ، حیاتی است [۱]. خونریزی درون جمجمه‌ای می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله آسیب مغزی تروماتیک^۲، بیماری‌های عروقی، یا مشکلات مادرزادی ایجاد شود و بر اساس محل خونریزی در مغز طبقه‌بندی می‌شود [۲]. این طبقه‌بندی شامل خونریزی اپیدورال (EDH)^۳، خونریزی ساب‌دورال (SDH)^۴، خونریزی ساب‌آرآکنوئید (SAH)^۵، خونریزی پارانشیم مغزی (CPH)^۶، و خونریزی داخل بطنی (IVH)^۷ است [۳، 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 خونریزی آنها از نوع SAH است، پس از بهبود به‌صورت دائمی دچار اختلالات شناختی می‌شوند [۵، ۳، ۶، ۷، ۸].

باتوجه‌به نرخ بالای مرگ‌ومیر مرتبط با خونریزی درون جمجمه‌ای، تشخیص سریع و دقیق خونریزی درون جمجمه‌ای با استفاده از روش‌های تصویربرداری ضروری است [۹]. سی‌تی‌اسکن^۸ شایع‌ترین روش برای تشخیص سریع خونریزی خصوصاً در مراکز فوریت‌های پزشکی به‌حساب می‌آید که دقت مناسب را برای تشخیص این بیماری به متخصصین می‌دهد [۱۰، ۱، ۵، ۱۱].

¹Intracranial Hemorrhage²Traumatic Brain Injury³Epidural⁴Subdural⁵Subarachnoid⁶Cerebral Parenchymal⁷Intraventricular⁸Computed Tomography Scan

۲-۱-۱ روش‌های مرسوم در تشخیص خونریزی درون جمجمه‌ای

در حال حاضر تصاویر سی‌تی‌اسکن، به‌عنوان استاندارد اصلی و غیرتهاجمی^۱ برای تشخیص خونریزی درون جمجمه‌ای است. سی‌تی‌اسکن یک نوع تصویر پرتونگاری^۲ سه‌بعدی است که متشکل از تصاویر دوبعدی از اندام بدن است. روش عمومی پردازش تصاویر سی‌تی‌اسکن به‌صورت دستی انجام می‌پذیرد که به‌موجب آن متخصصین پرتونگاری^۳ و پزشکی، با بررسی برش‌های^۴ سی‌تی‌اسکن را به‌صورت مجزا بررسی می‌کنند و مناطق خونریزی را تشخیص می‌دهند. این فرایند به دلیل وابستگی به تخصص و تجربه فردی، شرایط محیطی و فشار کاری، زمان‌بر و مستعد خطا است. [۵، ۱، ۱۰، ۱۱، ۹]. فرایند بررسی دستی تصاویر سی‌تی‌اسکن، زمان‌بر بوده و به‌شدت به دردسترس بودن پرتونگارهای^۵ باتجربه بستگی دارد [۳]. در شرایط اضطراری، خصوصاً در مراکز فوریت‌های پزشکی، زمانی که برای پردازش برش‌های سی‌تی‌اسکن صرف می‌شود، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی در نتایج درمان بیمارها تأثیر بگذارد؛ این مسئله در مواردی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شود که درمان بیمار نیازمند مداخله فوری گروه پزشکی است [۱۱]. نکته حائز اهمیت در روش معمول برای بررسی تصاویر سی‌تی‌اسکن در مراکز پزشکی این است که بررسی اولیه تصاویر، توسط پزشکان و پرتونگارهایی با تجربه کمتر انجام می‌شود و در مراحل بعدی این تصاویر توسط متخصصینی با تجربه بیشتر بررسی می‌شود. تعدادی از مطالعات نشان داده‌اند که در روش مذکور، بین پزشکان و پرتونگارهایی که در مرحله اول تصاویر را بررسی می‌کنند و پزشکان و پرتونگارهایی که در ادامه این تصاویر را بررسی می‌کنند، اختلاف‌نظر وجود دارد که این مسئله می‌تواند منجر به عواقب جبران‌ناپذیر گردد [۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵]. احتمال خطای انسانی در بررسی دستی تصاویر پیچیده و سه‌بعدی سی‌تی‌اسکن، از دیگر نقاط ضعف روش معمول پردازش این تصاویر است، به‌ویژه در محیط‌های شلوغ و پرتنش که پرتونگارها ممکن است تحت فشار زیاد باشند [۱۰].

¹Non-invasive

²Radiography

³Radiology

⁴Slice

⁵Radiologist

۲-۱ روش‌های رایانه‌ای در پردازش تصاویر پزشکی

۱-۲-۱ دستیارهای هوشمند مبتنی بر شبکه‌های عصبی عمیق

اهمیت مسئله خونریزی درون جمجمه‌ای و چالش‌های مرتبط با آن در بخش قبل مورد بررسی قرار گرفت، روش‌های مبتنی بر پردازش رایانه‌ای^۱ تصاویر پزشکی، می‌تواند یک راه‌حل مناسب برای رفع نقاط ضعف روش کنونی بررسی تصاویر پزشکی باشد. ابزارهای خودکار برای تشخیص و کمیت‌سنجی خونریزی، از پیشرفت‌های روش‌های یادگیری ماشین^۲ و یادگیری عمیق^۳ و سامانه‌های^۴ تشخیص به کمک رایانه^۵ استفاده می‌کنند تا تجزیه و تحلیل سریع و دقیقی از تصاویر سی‌تی‌اسکن ارائه دهند. با خودکارسازی تشخیص خونریزی درون جمجمه‌ای و استفاده از آنها به صورت نظر ثانویه^۶، این سامانه‌ها می‌توانند بار کاری پرتونگارها را کاهش دهند، دقت تشخیص را افزایش دهند از اشتباهات متخصصین جلوگیری کنند، زمان تشخیص را به حداقل برسانند، بعضی از هزینه‌های 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 سامانه‌های تشخیص به کمک رایانه نویدبخش هستند؛ اما امکان خطا در آنها وجود دارد که می‌تواند تصمیم‌گیری بالینی را با مشکلاتی روبرو کند؛ بنابراین، ادغام این ابزارها در عمل باید با دقت انجام شود [۱۶].

۲-۲-۱ مروری بر ادبیات تحقیق

در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های یادگیری عمیق در تشخیص خودکار^۱ مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. مدل‌هایی مانند^۲ [۱] و یک مدل سه‌بعدی مشترک از شبکه‌های عصبی پیچشی و بازگشتی^۳ [۱۰] از جمله مدل‌هایی هستند که توانسته‌اند با دقت بالا و عملکرد قابل مقایسه با پرتونگارها،^۴ را تشخیص دهند.

¹Computer

²Machine Learning

³Deep Learning

⁴System

⁵Computer-aided Diagnosis

⁶Second Opinion

مسائل موجود در ادبیات تحقیق و اهمیت پروژه

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در مدل‌های یادگیری عمیق، هنوز چالش‌هایی مانند تفسیرپذیری محدود مدل‌ها، نیاز به داده‌های برچسب‌خورده گسترده، و دقت ناکافی در تشخیص برخی از زیرگونه‌های $\square\square$ وجود دارد. این چالش‌ها باعث شده‌اند که روش‌های فعلی برای استفاده در محیط‌های بالینی به صورت محدود مورد پذیرش قرار گیرند.

دستاوردهای ما و نحوه حل مشکلات گذشته

در این پروژه، ما بهبودهایی بر روی مدل‌های موجود ایجاد کرده‌ایم که شامل بهبود تفسیرپذیری مدل‌ها با استفاده از تکنیک‌های جدید توجه، $(\square\square\square\square\square\square\square\square)$ افزایش دقت در تشخیص زیرگونه‌های مختلف $\square\square$ با استفاده از شبکه‌های عصبی سه‌بعدی و بهره‌گیری از روش‌های داده‌افزایی $(\square\square\square\square)$ $(\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square)$ برای کاهش نیاز به داده‌های برچسب‌خورده گسترده است. این بهبودها توانسته‌اند دقت و اعتمادپذیری تشخیص‌های خودکار را به میزان قابل توجهی افزایش دهند.

منابع و مراجع

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [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] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.

واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

Intraventricular خونریزی داخل بطنی	آ	
Hemorrhage		آسیب مغزی تروماتیک . . .
د		injury
Radiologist پرتونگار	ب	
Radiology پرتونگاری		Slice برش
س		پ
Computed Tomography Scan سی‌تی‌اسکن		Radiography پرتونگاری
System سامانه	خ	
ش		Hemorrhage خونریزی
Deep Neural Network . شبکه عصبی عمیق		Intracerebral خونریزی درون جمجمه‌ای
ط		Hemorrhage (ICH)
Classification طبقه‌بندی		Epidural Hemorrhage . . خونریزی اپیدورال
غ		Subdural Hemorrhage خونریزی ساب‌دورال
Non-invasive غیر تهاجمی		Subarachnoid Hemorrhage ساب‌آراکنوئید
ک		Cerebral خونریزی پارانشیم مغزی
Computer رایانه		Parenchymal Hemorrhage
ق		

Segmentation قطعه‌بندی

ی

Second Opinion نظر ثانویه

ی

Deep Learning یادگیری عمیق

Machine Learning یادگیری ماشین

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

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

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

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, ..