



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<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 [۱]. 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 [۲]. این طبقه‌بندی شامل خونریزی اپیدورال (EDH)<sup>۳</sup>، خونریزی ساب‌دورال (SDH)<sup>۴</sup>، خونریزی ساب‌آرآکنوئید (SAH)<sup>۵</sup>، خونریزی پارانشیم مغزی (CPH)<sup>۶</sup>، و خونریزی داخل بطنی (IVH)<sup>۷</sup> 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<sup>۸</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 [۱۰، ۱، ۵، ۱۱].

<sup>1</sup>Intracranial Hemorrhage<sup>2</sup>Traumatic Brain Injury<sup>3</sup>Epidural<sup>4</sup>Subdural<sup>5</sup>Subarachnoid<sup>6</sup>Cerebral Parenchymal<sup>7</sup>Intraventricular<sup>8</sup>Computed Tomography Scan

## ۱-۱-۲ روش‌های مرسوم در تشخیص خونریزی درون‌جمجمه‌ای

در حال حاضر تصاویر سی‌تی‌اسکن، به‌عنوان استاندارد اصلی و غیر تهاجمی<sup>۱</sup> برای تشخیص خونریزی درون‌جمجمه‌ای است. سی‌تی‌اسکن یک نوع تصویر پرتونگاری<sup>۲</sup> سه بعدی می‌باشد که متشکل از تصاویر دو بعدی از اندام بدن است. روش عمومی پردازش تصاویر سی‌تی‌اسکن به صورت دستی انجام می‌پذیرد که به‌موجب آن متخصصین رادیولوژی و پزشکی، با بررسی برش‌های<sup>۳</sup> سی‌تی‌اسکن را به صورت 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 به شدت به دردسترس بودن رادیولوژیست‌های<sup>۴</sup> با تجربه بستگی دارد [۳]. در شرایط اضطراری، خصوصاً در مراکز فوریت‌های پزشکی، زمانی که برای پردازش برش‌های سی‌تی‌اسکن صرف می‌شود، می‌تواند به طور قابل توجهی 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 رادیولوژیست‌هایی 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 رادیولوژیست‌هایی که در مرحله اول تصاویر را بررسی می‌کنند و پزشکان و رادیولوژیست‌هایی که در ادامه این تصاویر را بررسی می‌کنند، اختلاف نظر 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 سه بعدی سی‌تی‌اسکن، از دیگر نقاط ضعف روش معمول پردازش این تصاویر است، به ویژه در محیط‌های شلوغ و پر استرس که رادیولوژیست‌ها ممکن است تحت فشار زیاد باشند [۱۰].

## مروری بر ادبیات تحقیق

در سال‌های اخیر، استفاده از روش‌های یادگیری عمیق در تشخیص خودکار<sup>۵</sup> مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. مدل‌هایی مانند<sup>۶</sup> [۱] و یک مدل سه‌بعدی مشترک از شبکه‌های

<sup>1</sup>Non-invasive

<sup>2</sup>Radiography

<sup>3</sup>Slice

<sup>4</sup>Radiologist

عصبی پیچشی و بازگشتی [۱۰] از جمله مدل‌هایی هستند که توانسته‌اند با دقت بالا و عملکرد قابل مقایسه با رادیولوژیست‌ها،  $\square\square$  را تشخیص دهند.

## 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 ( $\square\square\square\square$ ) ( $\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square\square$ ) 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.

## پیوست

موضوعات مرتبط با متن گزارش پایان نامه که در یکی از گروه‌های زیر قرار می‌گیرد، در بخش پیوست‌ها آورده شوند:

۱. اثبات‌های ریاضی یا عملیات ریاضی طولانی.

۲. داده و اطلاعات نمونه (های) مورد مطالعه (Case Study) چنانچه طولانی باشد.

۳. نتایج کارهای دیگران چنانچه نیاز به تفصیل باشد.

۴. مجموعه تعاریف متغیرها و پارامترها، چنانچه طولانی بوده و در متن به انجام نرسیده باشد.

## کد میپل

```
with(DifferentialGeometry):  
with(Tensor):  
DGsetup([x, y, z], M)  
frame name: M  
a := evalDG(D_x)  
D_x  
b := evalDG(-2 y z D_x+2 x D_y/z^3-D_z/z^2)
```

در این قسمت با نحوه‌ای دیگر از درج انواع کدها و برنامه‌ها آشنا می‌شوید:

```
1 # This program prints Hello, world!
2
3 print('Hello, world!')
```

Code 1: My Caption (Python)

```
1 clc; clear all; close all;
2 disp('Hello world!')
```

Code 2: My Caption (MATLAB)

```
1 // Your First C++ Program
2
3 #include <iostream>
4
5 int main() {
6     std::cout << "Hello World!";
7     return 0;
8 }
```

Code 3: My Caption (C++)

```
1 #include <stdio.h>
2 int main()
3 {
4     printf("Hello world!\n");
5     return 0;
```

6 }

Code 4: My Caption (C)

# واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

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

# 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, ..