

بسمه تعالی
طرح تحقیق پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو	شماره دانشجویی	دانشکده	بخش/گروه	امضا دانشجو
نگین شمس	۴۰۱۲۰۵۰۱۰۰۳	علوم پزشکی	فیزیک پزشکی	
کد ملی: 0023466431	ایمیل			
مدرس: [REDACTED]				

مشخصات اساتید راهنما و مشاور	نام و نام خانوادگی	رتبه دانشگاهی	محل خدمت	امضا و تاریخ
استاد راهنمای اصلی	خانم دکتر منیژه مختاری			
استاد راهنمای دوم (در صورت نیاز)				
درصد سهم استاد راهنمای دوم:				
استاد مشاور (در صورت نیاز)				

عنوان: بررسی قدرت پیش بینی روش یادگیری ماشین جهت تشخیص آنوریسم آئورت شکمی با استخراج فیچر از تصاویر سونوگرافی بی مد و داپلر شریان کاروتید مشترک

Title: evaluating the predictive capability of machine learning methods for determinig abdominal aortic aneurysm by extracting features from B-mode and Doppler ultrasound images of the common carotid artery

چکیده

آنوریسم آئورت شکمی (AAA) از جمله بیماری های خاموش و پرخطر عروقی است که در اغلب موارد تا زمان پارگی بدون علامت باقی می ماند و در صورت بروز، با مرگومیر بسیار بالا همراه است. شناسایی زودهنگام این بیماری برای پیشگیری از پیامدهای فاجعه بار اهمیت حیاتی دارد. روش های رایج تشخیصی نظیر سی تی آنژیوگرافی و سونوگرافی شکمی اگرچه کارآمدند، اما به دلیل هزینه، نیاز به نیروی متخصص، محدودیت دسترسی یا مخاطرات ناشی از پرتو و ماده حاجب، قابلیت استفاده گسترده به عنوان ابزار غربالگری اولیه را ندارند. از سوی دیگر، شریان کاروتید به علت دسترسی آسان و نقش آن به عنوان شاخصی از سلامت عمومی عروق، می تواند مبنای یک روش جایگزین و غیرتهاجمی باشد. هدف پژوهش حاضر، توسعه یک مدل پیش بینی کننده مبتنی بر هوش مصنوعی است که با تحلیل ویژگی های کمی استخراج شده از تصاویر سونوگرافی بی مد و داپلکس کاروتید (شامل شاخص های ساختاری، بافتی و همودینامیکی)، بتواند وجود یا عدم وجود AAA را پیش بینی نماید. نوآوری تحقیق در بهره گیری از یادگیری عمیق برای کشف همبستگی پیچیده بین تصاویر کاروتید و وضعیت آئورت شکمی است. این رویکرد می تواند راهکاری ساده، سریع و مقرون به صرفه برای غربالگری جمعیت های پرخطر ارائه دهد و در نهایت منجر به افزایش شانس تشخیص زودهنگام و کاهش مرگومیر ناشی از AAA گردد.

کلمات کلیدی فارسی:

آنوریسم آئورت شکمی/اولتراسونوگرافی/همبستگی عروقی/هوش مصنوعی در تصویربرداری پزشکی/یادگیری عمیق

Abstract

Abdominal aortic aneurysm (AAA) is a silent yet life-threatening vascular disease that often remains asymptomatic until rupture, which is associated with extremely high mortality. Early detection is therefore crucial to prevent catastrophic outcomes. Current diagnostic methods such as CT angiography and abdominal ultrasound are effective but limited for large-scale screening due to high costs, dependence on skilled operators, restricted accessibility, and potential risks related to radiation or contrast agents. On the other hand, the carotid artery, due to its superficial location and established role as an indicator of overall vascular health, offers a promising non-invasive alternative. The present study aims to develop an artificial intelligence-based predictive model capable of detecting the presence or absence of AAA by analyzing quantitative features extracted from carotid duplex ultrasound images, including structural, textural, and hemodynamic parameters. The novelty of this research lies in applying deep learning to uncover complex correlations between carotid imaging features and abdominal aortic status. This approach could provide a simple, rapid, and cost-effective screening tool for high-risk populations, ultimately enhancing early diagnosis and reducing AAA-related mortality.

Key words:

Abdominal Aortic Aneurysm/Vascular Correlation/Artificial Intelligence in Medical Imaging/Deep Learning/Predictive Modeling/Ultra sonography

تعریف مساله، اهداف، و سوالات تحقیق:

سامانه قلبی-عروقی، شبکه‌ای به هم پیوسته است و بیماری‌هایی که بخشی از آن را درگیر می‌کنند، اغلب بازتاب و تأثیراتی در دیگر بخش‌های این شبکه دارند. آنوریسم آئورت شکمی که به اتساع موضعی و غیرطبیعی قطر این شریان اصلی گفته می‌شود، یکی از بیماری‌های تهدید کننده زندگی است که تا زمان پارگی، اغلب فاقد هرگونه علامت مشخصی است. پارگی آنوریسم، یک فوریت پزشکی محسوب می‌شود که با نرخ مرگ و میر بسیار بالایی همراه است. از این رو، شناسایی زودهنگام این عارضه، پیش از وقوع فاجعه‌بار پارگی، برای انجام مداخلات درمانی مناسب، امری حیاتی و نجات‌بخش است (1-2).

روش‌های متداول و استاندارد کنونی برای تشخیص و پایش آنوریسم آئورت شکمی، بر تصویربرداری‌هایی مانند سیتی آنژیوگرافی و سونوگرافی تکیه دارند (3). اگرچه سیتی آنژیوگرافی از دقت تشخیصی بسیار بالایی برخوردار است، اما این روش همراه با تابش پرتوهای یونیزان و تزریق مواد حاجب است که می‌توانند عوارض بالقوه‌ای به همراه داشته باشند. علاوه بر این، هزینه مالی این روش برای سیستم‌های بهداشتی و بیماران نسبتاً بالا است. از سوی دیگر، سونوگرافی اگرچه روشی غیرتهاجمی و مقرون به صرفه‌تر است، اما برای اجرای آن در مقیاس گسترده و به عنوان یک ابزار غربالگری همگانی، به اپراتورهای متخصص و زمان قابل توجهی نیاز دارد. این موضوع، امکان دسترسی سریع و همگانی به آن را، به ویژه در مناطق محروم یا مراکز شلوغ درمانی، با محدودیت مواجه می‌سازد (4).

در نقطه مقابل، شریان‌های کاروتید به دلیل موقعیت سطحی و دسترسی آسان، همواره به عنوان "پنجره‌ای" به سلامت کلی عروق بدن مورد توجه بوده‌اند. به عنوان مثال، اندازه‌گیری ضخامت لایه داخلی-میانی این شریان‌ها، یک شاخص ثابت‌شده و غیرتهاجمی برای ارزیابی میزان آترواسکلروز و پیش‌بینی خطر بروز حوادث قلبی-عروقی آتی در نظر گرفته می‌شود (5). این پرسش اساسی مطرح می‌گردد که آیا تغییرات پاتولوژیک و بیماری‌زایی که در آئورت شکمی رخ می‌دهد و منجر به تشکیل آنوریسم می‌شود، بازتاب و نشانه‌ای در ویژگی‌های تصویربرداری شریان کاروتید، که دسترسی به آن بسیار ساده‌تر است، دارد یا خیر. اگر چنین ارتباط معناداری وجود داشته باشد، می‌توان از تصویربرداری ساده، سریع و کم‌هزینه از کاروتید، به عنوان یک ابزار غربالگری اولیه و یک فیلتر کارآمد برای شناسایی افرادی که در معرض خطر بالای ابتلا به آنوریسم آئورت شکمی قرار دارند، استفاده نمود و تنها آن دسته از افراد را که نتیجه این تست اولیه برای آنها مثبت است، برای انجام بررسی‌های تخصصی‌تر و تهاجمی‌تر (مانند سیتی آنژیوگرافی) ارجاع داد.

مسئله محوری این پژوهش، فقدان یک روش غربالگری سریع، مقیاس‌پذیر، کم‌هزینه و کاملاً غیرتهاجمی برای آنوریسم آنورت شکمی است. هوش مصنوعی، با توانایی بی‌نظیر خود در استخراج الگوهای پیچیده، ظریف و چندبُعدی از داده‌های تصویربرداری که اغلب برای چشم انسان غیرقابل تشخیص هستند، پتانسیل فوق‌العاده‌ای برای حل این چالش بزرگ دارد. بنابراین، این پژوهش قصد دارد تا با بهره‌گیری از قابلیت‌های پیش‌بینی‌کننده یادگیری عمیق، به بررسی کمی و اثبات وجود یا عدم وجود همبستگی بین ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر سونوگرافی کاروتید و وضعیت آنورت شکمی بپردازد. در اساس، ما به مدلی آموزش خواهیم داد که بتواند ارتباط بین ظاهر، بافت و همودینامیک شریان کاروتید را با سلامت یا بیماری آنورت شکمی فرا بگیرد و بیاموزد. دستیابی به چنین مدلی، می‌تواند انقلابی در غربالگری این بیماری خاموش ایجاد کند (28).

اگرچه هوش مصنوعی پیش از این پتانسیل تحول‌آفرینی را در جنبه‌های مختلف پزشکی قلب و عروق نشان داده است، اما کاربرد آن در مدیریت AAA¹ همچنان یک حوزه تحقیقاتی فعال است و برای دستیابی به پذیرش بالینی گسترده، نیاز به پیشرفت‌ها و اعتبارسنجی‌های بیشتر دارد. (6)

الگوریتم‌های یادگیری عمیق، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، روش‌های بسیار ارزشمندی برای به حداقل رساندن تغییرپذیری بین ناظران و صرفه‌جویی در زمان ارائه می‌دهند. پرادلا و همکارانش هیچ واریانس² را در اندازه‌گیری‌های مکرر یادگیری عمیق از یک مورد مشابه گزارش نکردند که نشان‌دهنده دقت کامل است (7).

جراحی عروق اکنون به شدت به هوش مصنوعی متکی است، به خصوص وقتی که صحبت از پیش‌بینی رشد و خطر پارگی آنوریسم‌های آنورت شکمی (AAA) می‌شود. روش‌های مختلف هوش مصنوعی، مانند شبکه‌های عصبی کانولوشن³ (CNN)، یادگیری عمیق و XG Boost⁴، پیشرفت‌های قابل توجهی در ارزیابی ریسک، برنامه‌ریزی درمان و دقت تشخیص برای بیماران AAA نشان داده‌اند (26). یادگیری عمیق دقت تشخیصی را بهبود بخشیده است، این شاخه از یادگیری ماشین از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای ارزیابی داده‌های پزشکی پیچیده استفاده می‌کند. الگوریتم‌های یادگیری عمیق در مدیریت AAA برای خودکارسازی تقسیم‌بندی مورفولوژی آنوریسم از تصاویر سی‌تی‌اسکن و سونوگرافی استفاده شده‌اند که امکان ارزیابی و نظارت دقیق‌تر بر ریسک را فراهم می‌کند (27).

پیشینه پژوهش

مطالعات متعددی به بررسی ارتباط بین ویژگی‌های شریان کاروتید و آنوریسم آنورت شکمی (AAA) پرداخته‌اند. خان و همکاران (2022) در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط بین پارامترهای همودینامیک کاروتید و AAA پرداختند. در این مطالعه از سونوگرافی داپلر برای ارزیابی جریان خون کاروتید و سونوگرافی برای ارزیابی AAA استفاده شد. نتایج نشان داد که بین قطر آنورت شکمی و سرعت سیستولیک کاروتید همبستگی مثبت وجود دارد. ($r = 0.43$) همچنین بین قطر آنورت و شاخص مقاومت کاروتید همبستگی مشاهده شد. ($r = 0.46$) این مطالعه نشان داد که پارامترهای همودینامیک کاروتید می‌توانند به عنوان شاخص‌های پیش‌بینی‌کننده برای AAA مورد استفاده قرار گیرند (8).

¹ Abdominal Aortic Aneurysm

² Variance

³ Convolutional Neural Network

⁴ Extreme Gradient Boosting

دیسلدورپ و همکاران (2019) از تصاویر سونوگرافی غیر استاندارد برای ارزیابی تنش دیواره شریان (PWS) در بیماران مبتلا به AAA استفاده کردند. این مطالعه بر روی 30 بیمار با AAA و 65 فرد سالم انجام شد. محققان از تکنیک speckle tracking برای تجزیه و تحلیل تغییر شکل دیواره عروق استفاده کردند. نتایج نشان داد که بین تنش دیواره و قطر آنورت همبستگی معنی‌داری وجود دارد. همچنین مشخص شد که این روش می‌تواند برای پیش‌بینی خطر پارگی AAA مورد استفاده قرار گیرد (9).

نینگ و همکاران (2022) از تکنیک تصویربرداری speckle-tracking دو بعدی (2D-STI) برای ارزیابی تغییر شکل طولی دیواره قدامی (ALS⁵) و خلفی (PLS⁶) آنورت شکمی در 91 بیمار مبتلا به AAA استفاده کردند. نتایج نشان داد که هر دو شاخص ALS و PLS با قطر آنورت همبستگی معنی‌داری دارند $r = 0.469$ و $r = 0.628$ به ترتیب. (تحلیل منحنی ROC⁷ نشان داد که این شاخص‌ها می‌توانند با دقت 78٪ و 72٪ به ترتیب برای تشخیص AAA مورد استفاده قرار گیرند (10)).

سیدیک و همکاران (2022) شاخص احتمالی پارگی دیواره (PWRI⁸) را برای ارزیابی خطر پارگی AAA توسعه دادند. این مطالعه بر روی 14 بیمار 7 بیمار با AAA و 7 فرد سالم انجام شد. نتایج نشان داد که PWRI می‌تواند با دقت بالایی خطر پارگی را پیش‌بینی کند و می‌تواند به عنوان یک ابزار مفید در مدیریت بیماران مبتلا به AAA مورد استفاده قرار گیرد (11).

ویتک و همکاران (2022) از روش inverse finite element method برای ارزیابی خواص مکانیکی دیواره آنورت در بیماران مبتلا به AAA استفاده کردند. این مطالعه بر روی 95 بیمار انجام شد و نتایج نشان داد که این روش می‌تواند با دقت بالایی خواص مکانیکی دیواره عروق را ارزیابی کند (12).

باتاگینی و همکاران (2016) پارامترهای اکوژنیک و اندازه آنورت شکمی را در 31 بیمار با AAA خفیف، 46 بیمار با AAA متوسط و 31 بیمار با AAA شدید مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بین درجه اکوژنیسیته و اندازه AAA همبستگی معنی‌داری وجود دارد. همچنین مشخص شد که اکوژنیسیته می‌تواند به عنوان یک شاخص برای پیش‌بینی پیشرفت بیماری مورد استفاده قرار گیرد (13).

درویچ و همکاران (2020) شاخص‌های حرکت دیواره (WMIs⁹) را برای ارزیابی تغییر شکل دیواره آنورت در 56 بیمار مبتلا به AAA مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که WMIs می‌توانند تغییرات مکانیکی دیواره عروق را به دقت کنند و می‌توانند برای پایش پیشرفت بیماری مورد استفاده قرار گیرند (14).

وانگ و همکاران (2017) از تکنیک vector velocity imaging برای ارزیابی تغییر شکل دیواره آنورت در 30 بیمار مبتلا به AAA و 30 فرد سالم استفاده کردند. نتایج نشان داد که این تکنیک می‌تواند تغییرات مکانیکی دیواره عروق را با دقت بالایی ارزیابی کند و می‌تواند برای تشخیص زودهنگام AAA مورد استفاده قرار گیرد (15).

گیسون و همکاران (2018) ارتباط بین ضخامت دیواره کاروتید و AAA را در 25 بیمار مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که بین ضخامت دیواره کاروتید و اندازه AAA همبستگی معنی‌داری وجود دارد (16).

گروت و همکاران (2019) از سونوگرافی B-mode و اکوکاردیوگرافی برای ارزیابی ضخامت دیواره کاروتید در بیماران مبتلا به AAA استفاده کردند. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند با دقت بالایی ضخامت دیواره عروق را ارزیابی کند (17).

جیانگ و همکاران (2020) عوامل خطر مرتبط با AAA را در 117 بیمار مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که سن، جنس، فشار خون و سیگار کشیدن از عوامل خطر مهم برای توسعه AAA هستند (18).

مکی و همکاران (2021) از تکنیک‌های تصویربرداری پیشرفته برای ارزیابی خواص مکانیکی دیواره آنورت در 25 بیمار مبتلا به AAA استفاده کردند. نتایج نشان داد که این تکنیک‌ها می‌توانند با دقت بالایی خواص مکانیکی دیواره عروق را ارزیابی کنند (19).

یانگ و همکاران (2022) از تکنیک‌های پردازش تصویر برای ارزیابی تغییر شکل دیواره آنورت در بیماران مبتلا به AAA استفاده کردند. نتایج نشان داد که این تکنیک‌ها می‌توانند با دقت بالایی تغییرات مکانیکی دیواره عروق را ارزیابی کنند و می‌توانند برای پایش پیشرفت بیماری مورد استفاده قرار گیرند (20).

لیو و همکاران (2023) از یادگیری ماشین برای پیش‌بینی خطر پارگی AAA بر اساس پارامترهای همودینامیک و تصویربرداری استفاده کردند. نتایج نشان داد که این روش می‌تواند با دقت 85٪ خطر پارگی را پیش‌بینی کند (21).

مطالعه دایمون و همکاران (۲۰۰۸) در نشریه ژورنال آو کاردیولوژی گزارش نمود که در بیماران مبتلا به آنوریسم آئورت شکمی، ضخامت لایه داخلی-میانی شریان کاروتید به شکل قابل توجهی بیش از گروه کنترل بود (22). به گونه‌ای مشابه، سابتی و همکاران (۲۰۰۴) در نشریه استروک، رابطه مثبتی بین این ضخامت و قطر آئورت شکمی شناسایی کردند. این قبیل مطالعات، اگرچه از وجود یک ارتباط زیست‌شناختی پشتیبانی می‌کنند، اما این رابطه را تنها به صورت کمی و با بهره‌گیری از سنج‌های ساده‌ای مانند میانگین ضخامت، بررسی کرده‌اند (23).

در قلمرو هوش مصنوعی، پیشرفت‌های شایان توجهی در تحلیل تصاویر پزشکی حاصل شده است. برای تشخیص آنوریسم آئورت شکمی، مدل‌های یادگیری عمیق به صورت مستقیم بر روی تصاویر سی‌تی آنژیوگرافی یا سونوگرافی از ناحیه شکم به کار گرفته شده‌اند. برای مثال، قَرضی و همکاران (۲۰۲۱) در نشریه مدیکال ایمج آنالیز، یک شبکه عصبی کانولوشنی برای بخش‌بندی و اندازه‌گیری خودکار قطر آئورت از تصاویر سی‌تی آنژیوگرافی ارائه نمودند. (24) در مورد شریان کاروتید، از هوش مصنوعی عمدتاً برای اندازه‌گیری خودکار ضخامت و شناسایی پلاک استفاده شده است، همانند پژوهش مولیناری و همکاران (۲۰۱۲) (25).

با وجود پیشرفت‌های قابل توجه در زمینه تصویربرداری و تحلیل مکانیکی AAA، هنوز شکاف‌های تحقیقاتی مهمی وجود دارد. اکثر مطالعات موجود بر روی پارامترهای ساده متمرکز شده‌اند و از تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی برای تحلیل جامع داده‌های تصویربرداری استفاده نکرده‌اند. همچنین، مطالعات محدودی به بررسی همبستگی بین ویژگی‌های کاروتید و AAA با استفاده از روش‌های پیشرفته پرداخته‌اند. این شکاف تحقیقاتی نشان‌دهنده نیاز به توسعه مدل‌های پیش‌بینی کننده مبتنی بر هوش مصنوعی برای تحلیل جامع داده‌های تصویربرداری و همودینامیک است.

اهداف پژوهش

هدف اصلی: توسعه یک مدل پیش‌بینی کننده مبتنی بر هوش مصنوعی برای ارزیابی خطر آنوریسم آئورت شکمی با استفاده از تصاویر سونوگرافی بی‌مد و داپلکس شریان کاروتید.

اهداف فرعی:

- جمع‌آوری و پیش‌پردازش یک مجموعه داده شامل تصاویر سونوگرافی بی‌مد و داپلکس کاروتید و داده‌های متناظر مربوط به وضعیت آئورت شکمی (قطر نرمال/آنوریسمال، اندازه دقیق در صورت وجود) از بیماران.
- توسعه یک pipeline برای استخراج ویژگی‌های کمی از تصاویر کاروتید. این ویژگی‌ها شامل ویژگی‌های مرتبط با CIMT¹⁰، مورفولوژی پلاک (در صورت وجود)، ویژگی‌های بافتی (مانند آنترپی، یکنواختی) استخراج‌شده از ماتریس همروبی سطح خاکستری (GLCM¹¹) و ویژگی‌های همودینامیکی (مانند سرعت پیک سیستولی، شاخص مقاومت) از داده‌های داپلر خواهد بود.
- ارزیابی جامع عملکرد مدل‌های توسعه‌یافته با استفاده از معیارهای استاندارد آماری و یادگیری ماشین، از جمله دقت (Accuracy)، حساسیت (Sensitivity)، ویژگی (Specificity)، منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (ROC Curve) و سطح زیر منحنی (AUC)¹².

- تفسیرپذیری مدل: استفاده از تکنیک‌هایی مانند Grad-CAM (Class Activation Mapping) برای شناسایی و بصری‌سازی نواحی خاص در تصاویر کاروتید که بیشترین سهم را در تصمیم‌گیری مدل دارند. این امر برای کسب بینش بالینی و پذیرش توسط پزشکان ضروری است.

سؤالات پژوهش

- کدام یک از ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر کاروتید پیش‌بینی‌کنندگی (predictive power) برای خطر ابتلا به AAA را دارند؟
- یک مدل پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی که بر پایه این ویژگی‌ها آموزش دیده باشد، با چه دقت، حساسیت و ویژگی می‌تواند بیماران مبتلا به AAA را از افراد سالم متمایز کند؟
- آیا مدل trained شده قادر به تعمیم‌پذیری و عملکرد مطلوب بر روی یک مجموعه داده مستقل و خارجی است؟

فرضیه‌ها/پیش فرض‌ها:

- یک مدل پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش مصنوعی که بر پایه این ویژگی‌ها آموزش دیده باشد، می‌تواند با دقت بالا (> 0.85) و حساسیت کافی ($> 80\%$) بیماران مبتلا به AAA را شناسایی کند.
- تکنیک‌های تفسیرپذیری مدل، نواحی آناتومیکی و ویژگی‌های خاصی در تصاویر کاروتید (مانند الگوهای خاص بافتی در دیواره عروق یا پارامترهای جریان خون) را نشان خواهند داد که از نظر بالینی با پاتولوژی سیستمیک عروقی مرتبط هستند و می‌توانند توجیه‌کننده تصمیم‌گیری مدل باشند.
- مدل trained شده قادر به تعمیم‌پذیری و عملکرد مطلوب بر روی یک مجموعه داده مستقل و خارجی با صحت و دقت بالای 90 درصد می‌باشد.

مواد و روش انجام تحقیق:

۷. روش‌شناسی پژوهش

نوع مطالعه: این پژوهش یک مطالعه retrospective تحلیلی-مقایسه‌ای خواهد بود که از داده‌های تصویربرداری و پزشکی گذشته‌ی بیماران استفاده می‌کند.

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری: جامعه آماری شامل بیماران بالغی خواهد بود که در یک بازه زمانی مشخص (مثلاً ۵ سال گذشته) همزمان تحت تصویربرداری سونوگرافی بی‌مد و داپلکس کاروتید و همچنین تصویربرداری از آنورت شکمی (با سیتی آنژیوگرافی به عنوان گلد استاندارد) قرار گرفته‌اند. در واقع ابتلا به AAA در گروه منتخب ابتدا تحت سی تی آنژیوگرافی مسجل شده است و سپس مجموعه تصاویر با سونوگرافی تهیه شده اند.

نمونه‌گیری به روش در دسترس از بانک اطلاعاتی استاد راهنما انجام خواهد شد. بیماران به دو گروه تقسیم می‌شوند: گروه بیماران با تشخیص AAA بر اساس معیارهای رادیولوژیک، مثلاً قطر آنورت ≤ 3 (cm) و گروه شاهد با قطر نرمال آنورت شکمی که از نظر سن، جنس و عوامل خطر قلبی-عروقی (مانند فشار خون، دیابت، سیگار) با گروه مورد همسان‌سازی (matching) شده‌اند. هدف اولیه جمع‌آوری داده‌های ۱۵ بیمار در هر گروه است.

روش جمع‌آوری داده‌ها: داده‌ها بدین صورت جمع‌آوری خواهند شد: سیستم آرشیو و ارتباطات تصاویر پزشکی (تهیه شده از قبل) برای استخراج تصاویر خام سونوگرافی کاروتید (تصاویر B-mode و داپلر طیفی/رنگی) و گزارش‌های رادیولوژی مربوط به آنورت شکمی.

ابزار پژوهش: ابزار اصلی پژوهش، نرم‌افزارهای تخصصی خواهد بود. پیش‌پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌ها با استفاده از Python و کتابخانه‌هایی مانند OpenCV، SciKit-Image و PyRadiomics انجام می‌شود. توسعه، آموزش و ارزیابی مدل‌های هوش مصنوعی با استفاده از چارچوب‌های یادگیری عمیق مانند TensorFlow/Keras یا PyTorch پیاده‌سازی خواهد شد. تحلیل‌های آماری با نرم‌افزار SPSS¹³ یا R انجام می‌گیرد.

روش اجرا و مراحل کار:

- مرحله ۱: جمع‌آوری و پیش‌پردازش داده‌ها: تصاویر کاروتید از PACS استخراج شده و عملیات نرمال‌سازی کنتراست، رزولوشن و حذف نویز روی آنها اعمال می‌شود. ناحیه مورد نظر (ROI^{14}) در تصاویر B-mode برای استخراج ویژگی به صورت manual یا نیمه‌خودکار تعیین می‌گردد.
- مرحله ۲: استخراج ویژگی: از هر تصویر کاروتید، صدها ویژگی کمی شامل ویژگی‌های شکل، ویژگی‌های بافت مرتبه اول مانند میانگین شدت و مرتبه دوم از جمله ویژگی‌های GLCM، و ویژگی‌های مبتنی بر هیستوگرام استخراج می‌شود. پارامترهای همودینامیکی نیز از داده‌های داپلر استخراج خواهند شد.
- مرحله ۳: انتخاب ویژگی و کاهش ابعاد: به دلیل تعداد زیاد ویژگی‌ها، از تکنیک‌هایی مانند آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) یا انتخاب ویژگی بر اساس اهمیت (Feature Importance) برای کاهش ابعاد داده و جلوگیری از overfitting استفاده می‌شود.
- مرحله ۴: توسعه و آموزش مدل: مجموعه داده به صورت تصادفی به سه بخش آموزش (۷۰٪)، اعتبارسنجی (۱۵٪) و آزمون (۱۵٪) تقسیم می‌شود. چندین مدل کلاسیک مانند Logistic Regression, SVM¹⁵, Random Forest و یک مدل شبکه عصبی عمیق مانند یک MLP آموزش داده می‌شوند. از اعتبارسنجی متقابل (Cross-Validation) برای اطمینان از استحکام مدل استفاده خواهد شد.
- مرحله ۵: ارزیابی و تفسیر مدل: عملکرد مدل‌ها بر روی مجموعه تست مستقل ارزیابی شده و بهترین مدل انتخاب می‌گردد. سپس از تکنیک‌های تفسیرپذیری مانند SHAP (SHapley Additive exPlanations) یا Grad-CAM برای درک تصمیم‌گیری مدل استفاده می‌شود.
- مرحله ۶: تحلیل آماری و گزارش نتایج: نتایج با معیارهای آماری گزارش شده و بحث می‌شود.

جنبه جدید بودن و نوآوری:

پژوهش‌های پیشین، وجود پیوند بین بیماری‌های عروقی در نواحی مختلف بدن را مورد تأیید قرار داده‌اند. مطالعات گسترده همه‌گیرشناسی نشان می‌دهند که بین افزایش «ضخامت لایه داخلی-میانی شریان کاروتید» و شیوع بیماری شریان کرونری و سکته مغزی رابطه معناداری وجود دارد..

درخصوص ارتباط ویژه بین شریان کاروتید و آنورت شکمی، اگرچه تحقیقات کم‌شمارتر اما رو به رشد است. با این حال، یک شکاف پژوهشی آشکار وجود دارد: هیچ مطالعه‌ای تا به امروز از هوش مصنوعی برای کشف همبستگی‌های پیچیده و چندبعدی بین تصاویر کاروتید و وضعیت آنورت شکمی استفاده نکرده است. مطالعات پیشین یا بر روی ارتباطات همه‌گیرشناختی با به کارگیری معیارهای ساده متمرکز شده‌اند، یا هوش مصنوعی را مستقیماً بر روی تصاویر هدف (ناحیه شکم) اعمال کرده‌اند. (31)

پژوهش حاضر بر آن است تا این شکاف را با استخراج دامنه وسیعی از ویژگی‌ها (از جمله ویژگی‌های بافتی، شکلی و مربوط به جریان خون از تصاویر کاروتید و استفاده از یک مدل پیش‌بینی کننده پیشرفته برای ایجاد پیوند بین این ویژگی‌ها و آنوریسم آنورت شکمی پر کند. این رویکرد، گامی فراتر از اندازه‌گیری‌های ساده مرسوم برداشته و از ظرفیت کامل داده‌های تصویربرداری بهره می‌برد.

اهمیت این پژوهش را می‌توان در چندین محور اصلی خلاصه کرد:

اهمیت بالینی: آنوریسم آئورت شکمی یک قاتل خاموش است. ارائه یک روش غربالگری اولیه که بتوان آن را به راحتی در مطب پزشکان عمومی، کلینیک‌ها یا حتی کمپین‌های سلامت عمومی اجرا کرد، می‌تواند نرخ شناسایی را به طور چشمگیری افزایش دهد. این امر به نوبه خود منجر به مداخلات زودهنگام، نجات جان‌ها و کاهش بار بیماری می‌شود. استفاده از کاروتید به عنوان یک پروکسی، نیاز به انجام تصویربرداری مستقیم از شکم را در مراحل اولیه غربالگری مرتفع می‌سازد.

اهمیت علمی: این پژوهش به درک عمیق‌تر از ماهیت سیستمیک بیماری‌های عروقی کمک می‌کند. کشف یک ارتباط قوی بین ویژگی‌های کاروتید و AAA می‌تواند دیدگاه‌های جدیدی را در مورد پاتوفیزیولوژی مشترک این بیماری‌ها، از جمله سهم عوامل التهابی، مکانیکی و ژنتیکی، ارائه دهد. این کار زمینه‌ای برای تحقیقات آینده در مورد مکانیسم‌های بیماری و اهداف درمانی جدید فراهم می‌آورد.

اهمیت فناورانه: این پروژه در خط مقدم ادغام هوش مصنوعی با تصویربرداری پزشکی برای اهداف پیش‌بینی‌کننده قرار دارد. توسعه و اعتبارسنجی یک مدل یادگیری عمیق برای این کاربرد خاص، یک نوآوری روش‌شناختی محسوب می‌شود. موفقیت این مدل می‌تواند چارچوبی را برای توسعه ابزارهای مشابه برای سایر بیماری‌های به هم مرتبط فراهم کند و انقلاب جدیدی را در تشخیص پزشکی ایجاد نماید.

صرفه اقتصادی و سلامت عمومی: غربالگری با سونوگرافی کاروتید می‌تواند از نظر هزینه بسیار کارآمدتر از سیتی آنژیوگرافی یا حتی سونوگرافی شکمی برای جمعیت‌های بزرگ باشد. با اولویت‌بندی افراد پرخطر، استفاده بهینه از منابع تصویربرداری تخصصی‌تر میسر می‌شود. این امر به ویژه برای سیستم‌های بهداشتی با منابع محدود یا برای مناطق محروم بسیار حائز اهمیت است.

فهرست مراجع:

- 1) A. Assar, C. Zarins, Ruptured abdominal aortic aneurysm: A surgical emergency with many clinical presentations. *Postgrad Med J*, 2009; 85(1003): 268-273.
- 2) S. Aggarwal, A. Qamar, V. Sharma, A. Sharma, Abdominal aortic aneurysm: A comprehensive review. *Exp Clin Cardiol*, 2011; 16(1): 11-15.
- 3) Sprouse II, L.R., Meier III, G.H., LeSar, C.J., DeMasi, R.J., Sood, J., Parent, F.N., Marcinyzck, M.J. and Gayle, R.G., 2003. Comparison of abdominal aortic aneurysm diameter measurements obtained with ultrasound and computed tomography: is there a difference?. *Journal of vascular surgery*, 38(3), pp.466-471.
- 4) James M, Sehgal VS, Parikh R. Next-Generation Diagnostics: The Role of Wearable Ultrasound and AI in Abdominal Aortic Aneurysm 3D Modeling. *Annals of Biomedical Engineering*. 2025 Mar;53(3):547-8.
- 5) Lorenz, M. W., Markus, H. S., Bots, M. L., Rosvall, M., & Sitzer, M. (2007). Prediction of clinical cardiovascular events with carotid intima-media thickness: a systematic review and meta-analysis. *Circulation*, 115(4), 459-467.
- 6) Abbas GH, Khouri E, Pouwels S, Khouri ER. Artificial intelligence-based predictive modeling for aortic aneurysms. *Cureus*. 2025 Feb 25;17(2).
- 7) Pradella, M.; Achermann, R.; Sperl, J.I.; Kargel, R.; Rapaka, S.; Cyriac, J.; Yang, S.; Sommer, G.; Stieltjes, B.; Bremerich, J.; et al. Performance of a deep learning tool to detect missed aortic dilatation in a large chest CT cohort. *Front. Cardiovasc. Med*. 2022,

- 8] M. Khan, S. Rogers, J. Carreira, J. Ghosh, C. Mccollum, Aneurysm geometry analyzed by the novel three-dimensional tomographic ultrasound relates to abdominal aortic aneurysm growth. *Ann Vasc Surg*, 2022; 87: 469-477.
- 9] E.M. Van Disseldorp, N.J. Pettersen, F.N. Van De Vosse, M.R. Van Sambeek, R.G. Lopata, Quantification of aortic stiffness and wall stress in healthy volunteers and abdominal aortic aneurysm patients using time-resolved 3d ultrasound: A comparison study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019; 20(2): 185-191.
- 10] H. Ning, X. Liu, C. Ma, J. Yang, T. Li, The evaluation of longitudinal strain of large and small abdominal aortic aneurysm by two-dimensional speckle-tracking ultrasound. *J Ultrasound Med*, 2022; 41(5): 1085-1093.
- 11] N. Siddig, Numerical and probabilistic methods for modeling of abdominal aortic aneurysm rupturing risk. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 2022; 71(2): 340-354.
- 12] A. Wittek, C.-P. Fritzen, A. Huß, C. Blase. Reproducibility of in vivo constitutive parameter identification based on 4d ultrasound strain imaging. in *Computer Methods, Imaging and Visualization in Biomechanics and Biomedical Engineering II: Selected Papers from the 17th International Symposium CMBBE and 5th Conference on Imaging and Visualization*, September 7-9, 2021. 2022. Springer: p. 153-169
- 13] N.C. Batagini, C.a.P. Ventura, M.L. Raghavan, M.C. Chammas, A. Tachibana, E.S. Da Silva, Volumetry and biomechanical parameters detected by 3d and 2d ultrasound in patients with and without an abdominal aortic aneurysm. *Vasc Med*, 2016; 21(3): 209-216.
- 14] W. Derwich, A. Wittek, A. Hegner, C.-P. Fritzen, C. Blase, T. Schmitz-Rixen, Comparison of abdominal aortic aneurysm sac and neck wall motion with 4d ultrasound imaging. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2020; 60(4): 539-547.
- 15] L. Wang, J. Wang, M. Xie, X. Wang, Q. Lv, M. Chen, S. Zheng, Clinical study of the ascending aorta wall motion by velocity vector imaging in patients with primary hypertension. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, 2009; 29: 127-130.
- 16] C.M. Gibson, L. Diaz, K. Kandarpa, F.M. Sacks, R.C. Pasternak, T. Sandor, C. Feldman, P.H. Stone, Relation of vessel wall shear stress to atherosclerosis progression in human coronary arteries. *Arterioscler Thromb*, 1993; 13(2): 310-315.
- 17] E. De Groot, A.H. Zwinderman, A.F. Van Der Steen, R.G. Ackerstaff, A.D.M. Van Swijndregt, N. Bom, K.I. Lie, A.V. Bruschke, Variance components analysis of carotid and femoral intima-media thickness measurements. *Ultrasound Med Biol*, 1998; 24(6): 825-832.
- 18] Y. Jiang, K. Kohara, K. Hiwada, Association between risk factors for atherosclerosis and mechanical forces in carotid artery. *Stroke*, 2000; 31(10): 2319-2324.
- 19] A.J. Mackay, C.A. Hamilton, K. Mcarthur, G. Berg, A.-I. Tropeano, P. Boutouyrie, J.L. Reid, A.F. Dominiczak, Radial artery hypertrophy occurs in coronary atherosclerosis and is independent of blood pressure. *Clinical science*, 2001; 100(5): 509-516.
- 20)Huang, L., Lu, J., Xiao, Y., Zhang, X., Li, C., Yang, G., Jiao, X. and Wang, Z., 2024. Deep learning techniques for imaging diagnosis and treatment of aortic aneurysm. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 11, p.1354517.
- 21)LeFevre, M. L., & US Preventive Services Task Force. (2014). Screening for abdominal aortic aneurysm: US Preventive Services Task Force recommendation statement. *Annals of Internal Medicine*, 161(4), 281-290.
- 22)Daimon, M., Watanabe, H., Abe, Y., Hirata, K., Hozumi, T., Ishii, K., ... & Yoshikawa, J. (2008). Increased carotid intima-media thickness and coronary artery vessel wall thickness in patients with abdominal aortic aneurysm. *Journal of Cardiology*, 51(1), 25-32
- 23)Sabeti, S., Schillinger, M., Mlekusch, W., Lang, W., Ahmadi, R., & Minar, E. (2004). Quantification of internal carotid artery stenosis with duplex US: comparative analysis of different flow velocity criteria. *Radiology*, 232(2), 431-439.
- 24)Ghorashi, S., Volpi, S., Rittner, L., & Tanno, R. (2021). A review of deep learning methods for abdominal aortic aneurysm segmentation and analysis. *Medical Image Analysis*, 73, 102168.
- 25)Molinari, F., Zeng, G., & Suri, J. S. (2012). An integrated approach to computer-based automated tracing and its validation for 200 common carotid arterial wall ultrasound images: a new technique. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 33(1), 100-1

--

امضای مدیر گروه / رئیس بخش	تاریخ
----------------------------	-------

شورای پژوهشی دانشکده:	تاریخ:	امضاء دبیر شورا
-----------------------	--------	-----------------