

KNO-1104-4606

مروری بر کاربردهای هوش مصنوعی در اتاق عمل

مهران کریمیان ریزی^۱ mehrankarimian97@ms.tabrizu.ac.irمریم فریور^۲ Farivar.maryam@yahoo.com^۱ کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه تبریز، ایران^۲ مربی سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور، شاهین شهر، ایران

چکیده: هوش مصنوعی (AI) در حال تبدیل شدن به یک ابزار نوظهور در پزشکی و اخیراً در اتاق عمل است. تحقیقات موجود عمدتاً بر روی امکانات و انتظارات آینده از هوش مصنوعی در جراحی تمرکز دارند. هدف از این مطالعه ارائه یک مرور سیستماتیک از کاربردهای فعلی هوش مصنوعی برای پشتیبانی از فرآیندهای داخل اتاق عمل است. مقالاتی که کاربردهای هوش مصنوعی در جراحی را توصیف می کردند، بررسی شدند. کاربردهای متعددی از هوش مصنوعی در اتاق عمل از جمله پیش بینی مدت زمان جراحی، تشخیص ژست ها، تشخیص سرطان در حین عمل، تحلیل ویدیویی درون عملی، تشخیص گره های جراحی و ثبت خودکار استخوان در جراحی ارتوپدی بررسی شدند. کاربردهای فعلی هوش مصنوعی هنوز در مراحل اولیه خود هستند اما پتانسیل زیادی برای بهبود دقت جراحی، ارائه راهنمایی در تصمیم گیری، و افزایش ایمنی جراحی دارند. با این حال، ادغام هوش مصنوعی در اتاق عمل با چالش های متعددی از جمله مسائل نظارتی، ملاحظات اخلاقی و نیاز به تأیید بالینی روبروست. تحقیقات آینده باید روی اعتبارسنجی بالینی، ملاحظات حقوقی و مسیرهای اجرای هوش مصنوعی در اتاق عمل تمرکز کند.

کلید واژه ها: هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، جراحی، اتاق عمل، نوآوری، یادگیری عمیق، شبکه های عصبی، بینایی کامپیوتری

در سال های اخیر، استفاده از حسگرها، ویدئوها و دستگاه های دیجیتال در اتاق عمل به طور چشمگیری افزایش یافته است. این فناوری ها مقادیر زیادی داده را در قالب های مختلف تولید می کنند که اغلب به عنوان "کلان داده" شناخته می شود. این داده های حجیم را می توان از طریق روش های محاسباتی تحلیل کرد تا الگوها، روندها و ارتباطات خاص را شناسایی نمود. یکی از چالش های پردازش داده های جراحی این است که روش های سنتی پردازش داده قادر به مدیریت این حجم وسیع از اطلاعات نیستند.

اصطلاح "هوش مصنوعی" برای توصیف مطالعه الگوریتم هایی استفاده می شود که قادر به یادگیری، پیش بینی و انجام وظایف شناختی مانند یادگیری، حل مسئله و تصمیم گیری هستند. اخیراً هوش مصنوعی وارد اتاق عمل شده است، که به ویژه در محیط های پرریسک مانند جراحی حائز اهمیت است. استفاده از سیستم های مبتنی بر هوش مصنوعی ممکن است به بهبود دقت جراحی، پشتیبانی از تصمیم گیری، پیش بینی وضعیت بیمار و نظارت بر روند جراحی کمک کند. این مقاله برخی از کاربردهای فعلی هوش مصنوعی در جراحی را بررسی می کند [۱].

۱. پیش‌بینی مدت زمان جراحی

به دلیل چگالی بالا و پیچیدگی داده‌ها در تصاویر ویدئویی جراحی، استخراج اطلاعات برای ارزیابی مدت‌زمان جراحی کار دشواری است. برخی از مطالعات پیشنهاد کرده‌اند که استفاده از داده‌های سنسورهای جراحی ممکن است اطلاعات بهتری را فراهم کند. یکی از روش‌های رایج، استفاده از فیلم‌های ضبط‌شده از جراحی است. این روش بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از ۸۰ جراحی ضبط‌شده طراحی شده است که اطلاعات ویدئویی و جراحی را به‌طور هم‌زمان بررسی می‌کند. در این مطالعه، ترکیب داده‌های ویدئویی و اطلاعات جراحی نتایج امیدوارکننده‌ای ارائه داده است [۲].

۲. تشخیص حرکات دست در جراحی

هدف از این مطالعه کاهش خطر آلودگی در طول جراحی‌های استریل بوده است. مطالعه Cho et al. از تکنیک‌های یادگیری ماشین و شبکه عصبی پیچشی (CNN) برای شناسایی حرکات دست جراح استفاده کرده است [۳].

۳. تشخیص سرطان در حین عمل

در طول برداشتن تومور مغزی، تشخیص و حذف تمام سلول‌های سرطانی بسیار مهم اما دشوار است. اگر سلول‌ها به‌طور کامل برداشته نشوند، بیمار در معرض خطر عود سرطان قرار می‌گیرد. با استفاده از طیف‌سنجی رامان، می‌توان این سلول‌های سرطانی مهاجم را در برخی انواع سرطان مغز تشخیص داد. با این حال، سیگنال رامان توسط نورهای معمولی در اتاق عمل تضعیف می‌شود. تحقیقات نشان داده‌اند که شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) می‌توانند با غلبه بر این مشکل، حساسیت تشخیص را ۱۹٪ و ویژگی را ۷٪ بهبود بخشند [۴].

۴. تحلیل ویدئوهای حین عمل

داده‌های ویدئویی از پروسه‌های لاپاراسکوپی برای آموزش و بهبود کیفیت استفاده می‌شوند. برای کاهش زمان مورد نیاز برای تحلیل و بررسی این ویدئوها، تحقیقاتی انجام شده‌اند که نشان می‌دهند تکنیک‌های بینایی کامپیوتری (CV) و یادگیری ماشین (ML) می‌توانند مراحل مختلف جراحی را با دقت ۸۲٪ تشخیص دهند [۵].

۵. تشخیص گردش کار

هدف بلندمدت توسعه یک برج کنترل جراحی (SCT) است که با استفاده از هوش مصنوعی می‌تواند فرآیندهای مختلف را نظارت و پشتیبانی کند. برای این سیستم، تشخیص گردش کار جراحی و آگاهی از زمینه جراحی ضروری است. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که ترکیب شبکه‌های عصبی کانولوشنال (CNN) و شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) می‌توانند مراحل مختلف جراحی را با دقت ۸۶٪ تشخیص دهند [۶].

۶. تشخیص و موقعیت‌یابی ابزارها

تشخیص و موقعیت‌یابی ابزارها به دقت تشخیص مراحل جراحی کمک می‌کند. با استفاده از تکنیک‌های یادگیری عمیق، دقت متوسط تشخیص ابزارها ۸۷٪ و دقت موقعیت‌یابی ۸۸٪ گزارش شده است [۷].

۷. تشخیص انسان و تخمین وضعیت بدن

تشخیص موقعیت و تخمین وضعیت بدن افراد در اتاق عمل می‌تواند اطلاعات مفیدی برای بهینه‌سازی گردش کار فراهم کند. تحقیقات نشان داده‌اند که روش‌های یادگیری عمیق بهترین نتایج را در تخمین وضعیت بدن در دو بعد و سه بعد ارائه می‌دهند [۸].

۸. سیستم راهنمایی آندوسکوپی

یک سیستم راهنمایی آندوسکوپی خودکار بر اساس یادگیری ماشین توسعه یافته است که می‌تواند حرکات ابزارهای جراحی را در ویدئوهای ضبط شده تحلیل کند. این سیستم با دقت ۸۹٪ حرکات ابزارهای جراح را پیش‌بینی می‌کند و منجر به کاهش ۲۹,۲٪ در حرکات دوربین و بهبود دید می‌شود. این پیشرفت‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی و یادگیری ماشین چگونه می‌توانند دقت و کارایی جراحی‌ها را بهبود بخشند و به بهبود نتایج بیماران کمک کنند. این تصویر به بررسی کاربردهای مختلف هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشین (ML) در جراحی و اتاق عمل می‌پردازد [۹].

۹. گره‌زنی

در جراحی باز، گره‌زنی بخشی از مهارت‌های پایه و یک فرآیند نسبتاً سریع است، اما در جراحی‌های کم‌تهاجمی مانند لاپاراسکوپی، گره‌زنی ممکن است تا سه دقیقه برای هر گره طول بکشد. مایر و همکارانش سیستمی را بر اساس شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) برای تسریع گره‌زنی در جراحی رباتیک قلب توصیف کرده‌اند. در این سیستم، جراح یک دنباله (مانند نمونه‌هایی از گره‌زنی انجام‌شده توسط انسان) را به شبکه ارائه می‌دهد و شبکه RNN با حافظه بلندمدت این کار را یاد می‌گیرد. کنترلر از پیش برنامه‌ریزی‌شده قادر بود یک گره را در ۳۳,۷ ثانیه ایجاد کند، در حالی که استفاده از RNN پس از یادگیری از ۵۰ اجرای قبلی، بهبود سرعت تقریباً ۲۵٪ را ارائه داد و گره را در ۲۵,۸ ثانیه ایجاد کرد [۱۰].

۱۰. ثبت و ردیابی خودکار استخوان در جراحی ارتوپدی

در جراحی ارتوپدی با کمک کامپیوتر، ثبت استخوان نقش حیاتی دارد زیرا موقعیت بیمار را نسبت به سیستم جراحی توصیف می‌کند. این کار باعث می‌شود محل جراحی به درستی با برنامه‌ریزی پیش‌عمل هم‌تراز شود. دقت ثبت بر تمام مراحل بعدی جراحی تأثیر

می‌گذارد. لیو و همکارانش روش جدیدی برای ثبت و ردیابی خودکار استخوان بر اساس تصویربرداری عمق و یادگیری عمیق توصیف کرده‌اند. در طول جراحی، یک دوربین به طور مکرر تصاویر از استخوان‌های در معرض دید را ثبت می‌کند. با استفاده از این تصاویر، شبکه‌های عصبی عمیق یاد می‌گیرند که استخوان هدف را پیدا کرده، بخش‌بندی کنند و هندسه سطح آن را استخراج کنند. سپس هندسه سطح استخراج‌شده با یک مدل پیش‌عمل از همان استخوان مقایسه می‌شود تا ثبت انجام شود، که باعث می‌شود مداخله جراحی یا استفاده از نشانگرهای نوری تهاجمی غیرضروری شود. آزمایش‌های خارج از بدن نشان دادند که میانگین خطای انتقالی و چرخشی به ترتیب ۲,۷۴ میلی‌متر و ۶,۶۶ درجه است. با این حال، این دقت‌ها در حال حاضر کمتر از روش‌های ثبت مرسوم مبتنی بر نشانگرهای نوری هستند [۱۱].

۱۱. بحث

نتایج این مطالعه مروری سیستماتیک، مروری بر کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در جراحی داخل اتاق عمل ارائه می‌دهد. اکثر کاربردهای هوش مصنوعی نتایج بهتری نسبت به روش‌های غیرهوش مصنوعی نشان داده‌اند. با این حال، مطالعات در محیط‌های مختلفی انجام شده‌اند. این کاربردها نشان‌دهنده علاقه چندرشته‌ای به یافتن موارد استفاده از هوش مصنوعی در اتاق عمل است و نیاز به تحقیقات بالینی بیشتر در محیط‌های کاربری مختلف وجود دارد. بسیاری از مطالعات عملکرد فناورانه قابل توجهی در زمینه هوش مصنوعی نشان داده‌اند، اما تنها تعداد کمی از آن‌ها توانسته‌اند تأثیرات و تغییرات مرتبط را در سیستم‌های بهداشتی فعلی بررسی کنند [۱۲].

با این حال، شرایط سیاسی، نظارتی، سازمانی و بالینی کافی برای توسعه هوش مصنوعی و استفاده اخلاقی از اطلاعات حساس هنوز وجود ندارد و برای اجرای ایمن و پایدار کاربردهای هوش مصنوعی در آینده مورد نیاز است. موانع اضافی برای اجرای گسترده هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی ممکن است شامل عدم آگاهی از موضوع یا راه‌حل‌ها، کمبود دانش کاربر یا اجرا توسط متخصصان پزشکی و پشتیبان‌های محل کار آن‌ها، سوالات حل‌نشده درباره اخلاق یا حریم خصوصی از سوی مدیریت، یا زیرساخت فناوری اطلاعات ناکافی باشد. به احتمال زیاد، ترکیبی از این موانع وجود دارد [۳].

در حالی که هوش مصنوعی، و به ویژه یادگیری ماشین، در جراحی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است، به وضوح تنها حوزه پزشکی نیست که در آن استفاده از هوش مصنوعی در حال رشد است. حوزه جراحی ممکن است بتواند از استفاده هوش مصنوعی در سایر حوزه‌های پزشکی یاد بگیرد. به عنوان مثال، در انکولوژی، تحقیقات نشان داده‌اند که کاربردهای هوش مصنوعی می‌توانند در تشخیص سرطان بسیار کمک‌کننده باشند. در کاردیولوژی، تکنیک‌های هوش مصنوعی قادر به خواندن الکتروکاردیوگرام‌ها هستند و با ادغام با سوابق پزشکی الکترونیکی بیماران، نارسایی قلبی به طور زودهنگام تشخیص داده می‌شود که نتیجه آن کاهش مرگ و میر است. در بیهوشی، شبکه‌های عصبی مصنوعی برای نظارت بر عمق بیهوشی استفاده می‌شوند و تکنیک‌های یادگیری ماشین قادر به پیش‌بینی افت فشار خون در طول جراحی هستند. و در طول همه‌گیری COVID-19، کاربردها و مطالعات بیشتری در زمینه هوش مصنوعی آغاز شده‌اند. به عنوان مثال، بیمارستان عمومی دوم گوانگدونگ در کشور چین تشخیص تصویر مبتنی بر هوش مصنوعی را در سیستم کنترل عفونت خود ادغام کرد تا نظارت بلادرنگ و کمک به کاهش خطر عفونت COVID-19 در بیمارستان را فراهم کند. این سیستم نظارتی هدف افزایش حساسیت و دقت تشخیص فوری در اتاق‌های ایزوله با فشار منفی را دارد که کمک خلاقانه‌ای برای مبارزه با شیوع COVID-19 است. این کاربرد ممکن است در اتاق عمل نیز برای کاهش خطر عفونت جراحی استفاده شود [۵].

در واقع، هوش مصنوعی در مراقبت‌های بهداشتی نتایج امیدوارکننده و چشمگیری ارائه داده است و حوزه‌ای پربرابر برای تحقیقات است، همان‌طور که چالن و همکارانش در مقاله مروری خود نتیجه‌گیری کرده‌اند. با این حال، همان‌طور که این مطالعه نشان می‌دهد، هوش

مصنوعی در جراحی حوزه‌ای پیچیده و جامع است. سرعت سریع تغییرات، تنوع تکنیک‌های مختلف و چندگانگی پارامترها، درک دقیق از دقت این سیستم‌ها در عمل بالینی یا قابلیت تکرارپذیری آن‌ها در محیط‌های مختلف را دشوار می‌کند. یک دیدگاه واقع‌بینانه لازم است که پتانسیل بهبود را در برابر خطر نتایج منفی متعادل کند [۹].

۱۲. نتیجه‌گیری

سیستم‌های هوش مصنوعی در اتاق عمل، اگر به خوبی طراحی شده، به جامعه پزشکی قبولانده شده و مورد تحقیق قرار گیرند، ممکن است آینده‌ای امیدوارکننده در محیط اتاق عمل داشته باشند. ممکن است از تصمیم‌گیری جراحی پشتیبانی کنند، دقت جراحی را بهبود بخشند، نیروی انسانی را کاهش دهند، گردش کار را بهبود بخشند، ایمنی جراحی را افزایش دهند و حتی ممکن است روزی برخی عملکردهای خودکار را انجام دهند. در واقع، کاربرد و اجرای هوش مصنوعی در اتاق عمل هنوز چالش‌های متعددی برای رفع کردن دارد. با این حال، تحقیقات مبتنی بر شواهد که به دانش مربوط به کاربردهای هوش مصنوعی در اتاق عمل می‌افزایند، به سرعت در حال پیشرفت هستند. متخصصان مراقبت‌های بهداشتی باید این واقعیت را بپذیرند که برای بهینه‌سازی شرایط آینده در اتاق عمل و در نهایت کیفیت و ایمنی جراحی، به هوش مصنوعی نیاز داریم. در سال‌های اخیر، استفاده از حسگرها، ویدئوها و دستگاه‌های دیجیتال در اتاق عمل به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. این فناوری‌ها مقادیر زیادی داده را در قالب‌های مختلف تولید می‌کنند که اغلب به عنوان "کلان داده" شناخته می‌شود. این داده‌های حجیم را می‌توان از طریق روش‌های محاسباتی تحلیل کرد تا الگوها، روندها و ارتباطات خاص را شناسایی نمود. یکی از چالش‌های پردازش داده‌های جراحی این است که روش‌های سنتی پردازش داده قادر به مدیریت این حجم وسیع از اطلاعات نیستند. اصطلاح "هوش مصنوعی" برای توصیف مطالعه الگوریتم‌هایی استفاده می‌شود که قادر به یادگیری، پیش‌بینی و انجام وظایف شناختی مانند یادگیری، حل مسئله و تصمیم‌گیری هستند. اخیراً هوش مصنوعی وارد اتاق عمل شده است، که به‌ویژه در محیط‌های پرریسک مانند جراحی حائز اهمیت است. استفاده از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی ممکن است به بهبود دقت جراحی، پشتیبانی از تصمیم‌گیری، پیش‌بینی وضعیت بیمار و نظارت بر روند جراحی کمک کند. این مقاله برخی از کاربردهای فعلی هوش مصنوعی در جراحی را بررسی می‌کند.

۱۳. منابع

- [1] Al Hajj H, Lamard M, Conze P-H, Cochener B, Queller G. Monitoring tool usage in surgery videos using boosted convolutional and recurrent neural networks. *Med Image Anal.* 2018;47:203-218.
- [2] Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, Meireles OR. Artificial intelligence in surgery: Promises and perils. *Ann Surg.* 2018; 268(1):70-76. doi:10.1097/sla.0000000000002693
- [3] Malpani A, Lea C, Chen CCG, Hager GD. System events: readily accessible features for surgical phase detection. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016;11(6):1201-1209.
- [4] Languages OL. Definition of big data. Available from https://www.lexico.com/definition/big_data. accessed July05, 2020.
- [5] Alderson D. The future of surgery. *BJS.* 2019;106(1):9-10. doi:10.1002/bjs.11086
- [6] Loftus TJ, Upchurch GR Jr, Bihorac A. Use of artificial intelligence to represent emergent systems and augment surgical decision-making. *JAMA Surgery.* 2019;154(9): 791-792. doi:10.1001/jamasurg.2019.1510.
- [7] Panesar S, Cagle Y, Chander D, Morev J, Fernandez- Miranda J, Kliot M. Artificial intelligence and the future of surgical robotics. *Ann Surg.* 2019;270(2):223-226. doi:10.1097/sla.0000000000003262
- [8] Yu K-H, Kohane IS. Framing the challenges of artificial intelligence in medicine. *BMJ Qual Saf.* 2019;28(3): 238-241. doi: 10.1136/bmjqs-2018-008551
- [9] Murdoch TB, Detsky AS. The inevitable application of big data to health care. *JAMA.* 2013;309(13):1351-1352. doi: 10.1001/jama.2013.393
- [10] Russell SJ, Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach.* Malaysia: Pearson Education Limited; 2016.
- [11] Loftus TJ, Tighe PJ, Filiberto AC, et al. Artificial intelligence and surgical decision-making. *JAMA Surg.* 2020; 155(2):148-158. doi:10.1001/jamasurg.2019.4917
- [12] WHO. Safe. Available from https://www.who.int/patientsafety/safesurgery/faq_introduction/en/. accessed May 23, 2020.