

تحلیلی بر الگوریتم مبتنی بر هوش مصنوعی برای عمل جراحی داخلی تمام اتوماتیک (مبتنی بر نرم افزار و تکنیک های بینایی کامپیوتری) مهسا صادقی گرمارودی

چکیده

هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) یا (AI) به طور ساده به معنای قابلیت یک برنامه کامپیوتری برای انجام کارهایی است که نیاز به هوش انسانی دارد. مانند: تشخیص صحبت، یادگیری، تصمیم گیری و حل مسئله. هوش مصنوعی در مراقبت های مرتبط با سلامت به معنای استفاده از الگوریتم ها و نرم افزارها است تا تقریباً شناخت انسان را در تجزیه و تحلیل اطلاعات پزشکی پیچیده مورد استفاده قرار دهد. به طور خاص، هوش مصنوعی توانایی الگوریتم های کامپیوتری برای به دست آوردن نتایج بدون در نظر گرفتن مستقیم انسان است. آنچه تکنولوژی هوش مصنوعی را از تکنولوژی های قدیمی در مراقبت های مرتبط با سلامت متمایز می کند، توانایی کسب اطلاعات، پردازش آن و ارائه خروجی به طور دقیق به کاربر نهایی است. هوش مصنوعی این عملیات را با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین انجام می دهد که می تواند الگوها را در رفتار تشخیص دهد و منطق خود را ایجاد کند. برای کاهش خطا، الگوریتم هوش مصنوعی نیاز دارد تا بارها مورد آزمایش قرار گیرد. الگوریتم های هوش مصنوعی به دو روش متفاوت از انسان ها رفتار می کنند: (۱) اگر شما فقط هدف را به آن بدهید، الگوریتم نمی تواند به تنهایی خودش را متناسب با آن تنظیم کند. (۲) و الگوریتم ها جعبه سیاه هستند؛ الگوریتم ها می توانند نتیجه را بسیار دقیق پیش بینی کنند اما نه علت و نه دلیل. در این مقاله برای اولین بار روشی ارائه می شود که می تواند یک جراحی کاملاً خودکار مبتنی بر نرم افزار و تکنیک های بینایی کامپیوتری را ارائه دهد. سپس مزایا و چالش های کامپیوتری شدن جراحی پزشکی مورد بررسی قرار می گیرد. در نهایت، جراحی مربوط به بیماری اندومتریوز تخمدان جدا شده مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس روش ارائه شده، الگوریتم دقیق تری ارائه شده است که قادر به تشخیص و درمان خودکار این بیماری در حین جراحی به عنوان اثبات روش پیشنهادی ما است که در آن U-net برای تشخیص اندومتریوز در حین جراحی آموزش دیده است.

کلمات کلیدی: یادگیری عمیق، هوش مصنوعی در پزشکی، پردازش تصویر، جراحی کامپیوتری، هوش مصنوعی.

مقدمه

هوش مصنوعی یا به اختصار AI، یکی از شاخه های علوم کامپیوتر است که با بکارگیری مجموعه ای از تکنولوژی ها به کامپیوترها این امکان را می دهد تا قابلیت هایی مثل دیدن، ترجمه همزمان گفتار و نوشتار، تحلیل داده، ارائه پیشنهادهای کاربردی و غیره را در سطح پیشرفته بدست آورند. برای پاسخ ساده به این سوال که هوش مصنوعی چیست می توان عبارت هوش مصنوعی یا همان Artificial Intelligence را تفکیک کرد و ابتدا درکی از هر کلمه به صورت مجزا بدست آورد.

- کلمه مصنوعی یا Artificial به آنچه گفته می شود که به صورت طبیعی بوجود نیامده و در واقع توسط انسان ها ساخته شده است.

- کلمه هوش یا Intelligence نیز به توانایی تفکر و آموختن براساس تجربه گفته می شود.

حالا اگر این دو کلمه با هم ترکیب شوند، عبارت هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) بدست می آید. حالا هوش مصنوعی چیست؟ هوش مصنوعی به چیزی گفته می شود که طبیعی نیست اما می تواند تفکر کند و براساس تجربه یاد بگیرد و تصمیم گیری انجام دهد. بنابراین به زبان ساده، هوش مصنوعی به توانایی تفکر یا یادگیری کامپیوتر یا ماشین گفته می شود. برای اینکه فردی هوشمند و دارای هوش تلقی شود، باید یادگیری اتفاق بیوفتد و فرد آموزش ببیند. در واقع انسان ها هم از روز اولی که به دنیا می آیند هوشمند نیستند و برای تبدیل شدن به فردی هوشمند و باهوش باید تحت آموزش قرار بگیرند.

وقتی که انسان ها یاد می گیرند، در واقع مواردی را به خاطر می سپارند و اطلاعاتی را در مغزشان ذخیره می کنند. سپس از این اطلاعات ذخیره شده در مغز برای تصمیم گیری هوشمندانه استفاده می شود. در خصوص ماشین ها و هوش مصنوعی هم شرایط یکسان است و درست مشابه انسان ها کامپیوترها هم باید ابتدا یاد بگیرند و نمی توانند تا زمانی که آموزش ندیده اند هوشمند شوند. به طور کلی امروزه فناوری کامپیوتر و هوش مصنوعی همه جنبه های علم را متحول کرده است. کامپیوتری شدن فرآیندهای علمی، صنعتی، بالینی و تجاری منجر به تسریع فرآیند، افزایش دقت و کاهش هزینه ها می شود. در زمینه پزشکی، روش های هوش مصنوعی توانسته اند در بسیاری از اهداف بالینی همتراز یا حتی بهتر از انسان عمل کنند. ورود هوش مصنوعی به جراحی می تواند سرعت عمل جراحی را افزایش داده و در نتیجه میزان خونریزی و خطر عفونت را کاهش دهد. این هدف را می توان به دو روش تمام اتوماتیک یا به کمک کامپیوتر به دست آورد. روش های رایانه ای مبتنی بر نرم افزار، قدرت محاسباتی بالا و هوش مصنوعی توانایی انسان را به میزان قابل توجهی بهبود بخشیده است. امروزه کامپیوترها می توانند حجم بسیار زیادی از داده ها و اطلاعات را با سرعت بسیار بالا و با دقت کافی پردازش کنند. این ویژگی شامل پردازش تصویر و الگوریتم های بینایی ماشین است. به این ترتیب شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) که سعی در شبیه سازی مغز انسان یا حیوانات دارند، می توانند تصاویر را ببینند و آنها را مفهوم سازی کنند. از این رو به این دسته از محاسبات، یادگیری عمیق نیز می گویند. ورود فن آوری و به طور خاص کامپیوتر به

پزشکی و جراحی این امکان را برای پزشکان و محققین فراهم می کند تا فرآیندهای علمی، تحقیقاتی یا بالینی را با سرعت بیشتر و هزینه کمتر انجام دهند. [۸،۹،۱۰،۱۲،۱۳]

در این مقاله با تمرکز بر جراحی آندومتریوز جدا شده تخمدان، روشی ارائه شده است که امکان انجام جراحی تمام اتوماتیک توسط کامپیوتر و هوش مصنوعی را فراهم می کند. اندومتریوز یک بیماری شایع در بین زنان است که می تواند منجر به درد در ناحیه شکم و لگن شود و خطر ناباروری را افزایش دهد. در این اختلال، بافتی به نام اندومتریوما به طور غیر طبیعی در اطراف رحم رشد می کند. این پدیده در نواحی مختلفی مانند تخمدان، رحم، روده و ... دیده می شود. آندومتریوز ایزوله تخمدان نوعی بیماری است که در آن بافت اندومتریوما فقط در تخمدان مشاهده می شود. این نوع اختلال از نظر آماری کمتر از سایر شرایطی است که در آن بافت اندومتریوما در چندین مکان یافت می شود. این اختلال را می توان با استفاده از روش هایی مانند استفاده از امواج اولتراسوند یا تصویربرداری رزونانس مغناطیسی (MRI) که قبل از جراحی انجام می شود، تشخیص داد. همچنین تشخیص و درمان این بیماری با جراحی کم تهاجمی یا لاپاراسکوپی قابل انجام است. در برخی موارد، بافت اندومتریوما توسط امواج حرارتی یا لیزر در حین جراحی برداشته می شود. تحقیقات اخیر نشان داده است که استفاده از لیزر برای از بین بردن اندومتریوز خطرات کمتری نسبت به روش های دیگر دارد. [۱۱]

لاپاراسکوپی یا جراحی کم تهاجمی روشی مدرن است که در آن فقط نواحی محدودی از بدن شکافته می شود و از طریق آن ابزارهایی برای تماشای، نگه داشتن، مشاهده یا برش اندامهای داخلی بدن وارد بدن می شوند. این روش جراحی دقتی برابر یا بیشتر از روش جراحی سنتی دارد و از آنجایی که ارتباط بین فضاهای داخل و خارج بدن به حداقل می رسد، منجر به کاهش خطر عفونت می شود. همچنین مزایایی مانند خونریزی و درد کمتر دارد. امروزه این روش با فناوری رباتیک ترکیب شده است و متخصصان می توانند بیماران را از فاصله جغرافیایی طولانی عمل کنند. این مقاله گامی دیگر در زمینه جراحی مدرن خواهد برد. در فصل دوم به اختصار به معرفی آثار مربوط به این تحقیق پرداخته شده است. سپس در فصل سوم روشی جامع برای جراحی تمام اتوماتیک ارائه خواهد شد. معماری نرم افزار و مهندسی نیازمندی ها در این بخش توضیح داده شده است. در فصل چهارم به فرصت ها و چالش های این روش پرداخته می شود. در فصل پنجم، اندومتریوز جدا شده تخمدان جدا شده متمرکز شده است و بر اساس روش پیشنهادی، الگوریتم دقیق تری برای انجام عمل جراحی به صورت کاملاً خودکار توضیح داده می شود. از آنجایی که الگوریتم ارائه شده در این بخش مبتنی بر روش های یادگیری ماشین و بینایی کامپیوتری است، یک مدل شبکه عصبی معرفی شده است که قادر به تشخیص و درمان آندومتریوز جدا شده تخمدان است. در نهایت در فصل ششم به نتیجه گیری پرداخته می شود.

۲. پیشینه پژوهش

در سال های اخیر، فناوری های مدرن رشد قابل توجهی را در زمینه های زیست شناسی، پزشکی و جراحی ایجاد کرده اند. زهت و همکاران پیشرفت های اخیر در علوم مهندسی به ویژه هوش مصنوعی و تولید انرژی را بررسی کرده اند. سپس،

آنها پیش بینی کردند که در سال ۲۰۵۰، بخش بزرگی از اعمال جراحی توسط رایانه انجام خواهد شد. در این تحقیق به موانعی مانند امکان سوگیری بیماران و حتی جامعه پزشکان و جراحان با ورود تکنولوژی به پزشکی اشاره شده است. [۵]

Mascagni و همکاران در تحقیقی با تمرکز بر جراحی کم تهاجمی و جراحی رباتیک به اهمیت مسائل بینایی ماشین و در دسترس بودن داده های تصویری برای پیشبرد تحقیقات پزشکی اشاره کردند. او روش های کامپیوتری کردن خدمات پزشکی را طبقه بندی کرده است. اما جراحی به عنوان یک روش کاملا خودکار در آن ذکر نشده است. [۳] مددزاده و همکاران مجموعه داده ای ارائه کرده اند که می تواند در آموزش مدل های یادگیری ماشین و به ویژه شبکه های عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این جمع آوری داده ها تنها تولید دستیاران هوشمند در پزشکی و جراحی است. [۲]

Scheiki و همکاران در یک تحقیق، معماری های مختلفی را برای تقسیم بندی معنایی تصاویر مربوط به اندومتریوز بررسی کردند. در این تحقیق به منظور دستیابی به حداقل سرعت محاسبات، پردازش هر تصویر در بازه زمانی کمتر از چهل میلی ثانیه توصیه می شود. این ویژگی منجر به پردازش تصویر در حالت بلادرنگ با استفاده از دستیار جراح می شود. [۶]

Visalaxi و همکاران تحقیقی را با استفاده از معماری ResNet۵۰ برای تولید یک مدل هوش مصنوعی گزارش کردند که می تواند وجود یا عدم وجود اختلال اندومتریوز را در تصاویر تشخیص دهد. این مدل فقط به صورت باینری پاسخ می دهد و امکان محلی سازی بافت اندومتریوما را فراهم نمی کند. [۷] یکی از چالش های این تحقیق این است که اختلال اندومتریوز یک بیماری غیرقابل طبقه بندی در نظر گرفته می شود. این بیماری انواع مختلفی دارد که به روش های مختلفی درمان می شود. با اشاره به این نکته، علاوه بر تسهیل در فرآیند آموزش و ارزیابی هوش مصنوعی، می تواند منجر به افزایش دقت نتایج شود. در یک تحقیق، هونگ و همکاران مجموعه ای از داده های مربوط به تصاویر لاپاراسکوپی را برچسب گذاری کرده اند. در این تحقیق طبقه بندی و دسته بندی داده ها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. [۱]

در یک مطالعه، نقوی و همکاران پیشنهاد کردند که محققان از مجموعه داده گلندا استفاده کنند که شامل تصاویر لاپاراسکوپی مربوط به اندومتریوز است. [۴] علاوه بر این واقعیت که این مجموعه داده تعداد بسیار کمی و محدودی از تصاویر را ارائه می دهد (کمتر از ۴۰۰ نمونه)، هیچ تفاوتی بین محل اندومتریوز ایجاد نشده است. تا کنون مشاهده شده است که تنها در بیست و شش نمونه امکان مشاهده تخمدان وجود دارد و در این زیرگروه تنها شانزده مورد شامل آندومتریوم واقع در تخمدان می باشد. در مطالعه حاضر علاوه بر داده های گلندا از داده های دیگری از جمله اندومتریوز تخمدان استفاده شده است.

۳. ناهید: هوش مصنوعی قادر به مدیریت جراحی

در این بخش یک الگوریتم مبتنی بر هوش مصنوعی به نام ناهید برای انجام عمل و مدیریت کامل جراحی به صورت خودکار ارائه شده است. این الگوریتم بر اساس الگوریتم های سینا و ساختار داده درختی سینا پیاده سازی شده است. برای ارائه یک الگوریتم مناسب و کارآمد که کامپیوتر را قادر می سازد تا یک عمل جراحی را انجام دهد، ابتدا باید در نظر

بگیریم که انسان ها چگونه می توانند عمل جراحی را انجام دهند. آنچه فرد را به انجام عمل جراحی سوق می دهد به دانش و بینش او مربوط می شود. در این ادعا، دانش به معنای توانایی انسان در تشخیص و تشخیص اعضا و اختلالات است. بینایی نیز یک عامل ضروری در جراحی است. با استفاده از ترکیب بینایی و دانش، متخصصان قادر به شناسایی ناهنجاری های موجود در بدن و رفع آنها هستند.

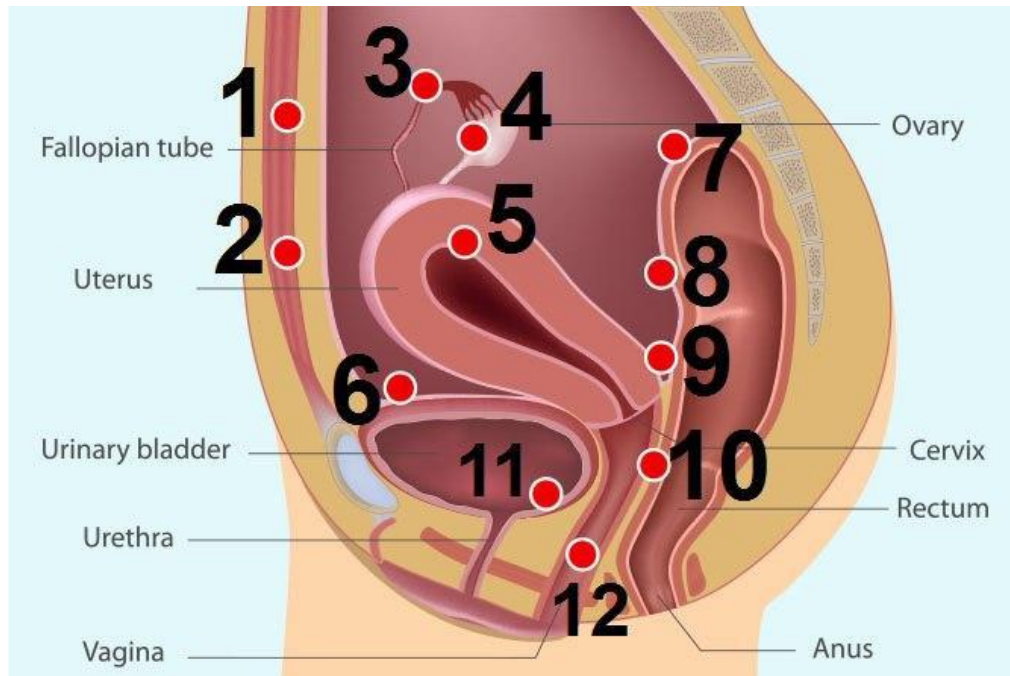
در نتیجه برای تولید هوش مصنوعی که بتواند به عنوان یک جراح یا دستیار جراح ظاهر شود، تولید این دو ویژگی در قالب نرم افزار ضروری است. در این بخش روش های مختلفی برای توضیح نحوه تزریق دانش به کامپیوتر ارائه می شود. اولین روش که توسعه آن بی نقص و چالش برانگیز به نظر می رسد، تولید نرم افزاری برای مدل سازی و شبیه سازی بدن انسان است. یعنی نرم افزاری که با دریافت مشخصات بیمار از قبیل سن، جنس، وزن، اختلالات و ... تمامی اعضای بدن بیمار را شبیه سازی می کند و این ابزار باید بتواند تحرک و حرکت اعضا را به صورت مجازی در اختیار کاربر قرار دهد. همچنین نرم افزار توسعه یافته باید بتواند مسیریابی را به صورت ایمن و بهینه انجام دهد.

برای مثال کوتاه ترین مسیر رسیدن از ناف تا رحم را به گونه ای محاسبه کنید که کمترین آسیب به اندام های داخلی وارد شود. در این روش باید ویژگی هایی مانند رنگ اندام های داخلی، خاصیت ارتجاعی اندام ها و اعمال فیزیکی مانند مقاومت در برابر برش و گرما در نظر گرفته شود. دشواری معادلات فیزیکی مربوط به اندام های الاستیک و پیچیدگی محاسباتی آنها، این روش را چالش برانگیز و سخت می کند. روش دیگر این است که نقاط بدن را به صورت یک نمودار سه بعدی به صورت احتمالی تعریف کنیم. به طوری که هر نقطه احتمال حضور قسمت خاصی از بدن را بیان می کند. به عنوان مثال، در مختصات (x,y,z) قلب یا رحم را می توان با احتمال زیاد یافت. این در جایی مفید است که دوربین (یا بازوهای رباتیک) در داخل بدن قرار دارد و کامپیوتر باید بفهمد چه چیزی ممکن است دیده شود (یا قابل درک باشد).

در هر صورت نرم افزاری که موقعیت اندام ها و اختلالات مربوط به آنها را با در نظر گرفتن شرایط امکان پذیر می کند «مدل هندسی انسانی» می نامیم. علاوه بر مدل هندسی انسانی، لازم است رایانه از اقدامات لازم برای مدیریت جراحی نیز آگاه باشد. این می تواند توسط یک الگوریتم تعریف شده و توسط یک کامپیوتر پیاده سازی شود. این قابلیت ها امکان تزریق دانش مورد نیاز برای جراحی را به کامپیوتر فراهم می کند.

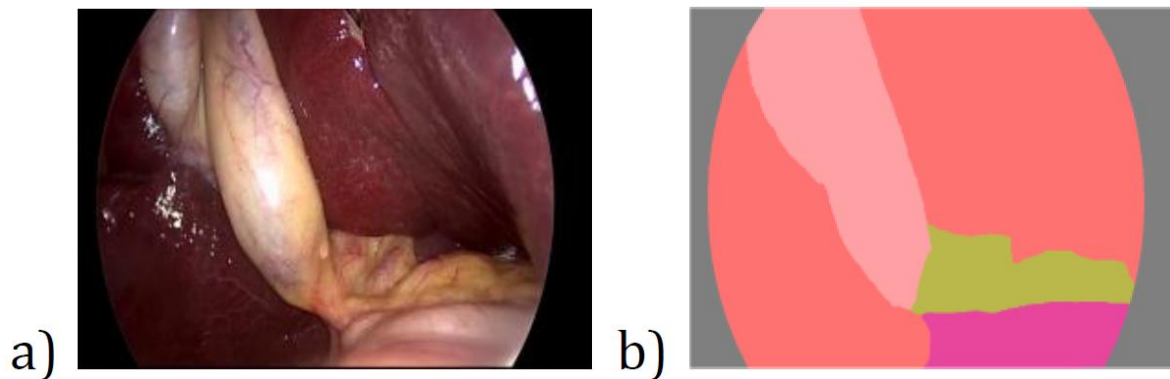
علاوه بر دانش، لازم است مدل های هوش مصنوعی لازم برای مفهوم سازی و شناخت اندام های مختلف در شرایط مختلف ایجاد شود. در این تحقیق، بر خلاف سایر مدل های یادگیری عمیق، پیشنهاد می شود که محققان مدل های هوش مصنوعی را بر اساس حالت های جراحی تفکیک کنند. مجموعه داده های گلندا شامل مجموعه کوچکی از تصاویر است که در طی جراحی کم تهاجمی برای بیماران آندومتریوز تهیه شده است. آندومتریوز اختلالی است که می تواند در نواحی مختلف که ظاهر و هندسه متفاوتی دارند رخ دهد. شکل ۱ این مناطق را از هم جدا می کند. با طبقه بندی اختلال آندومتریوز بر اساس محل ظاهری آن، قادر خواهیم بود تصویری را جمع آوری کنیم که از نظر هندسی و ظاهر تفاوت کمتری دارند. به این ترتیب این فرصت برای آموزش مدلی با دقت بسیار بالاتر حتی با مجموعه داده های محدود فراهم می شود. با این رویکرد، زمان و انرژی مورد نیاز برای فرآیندهای آموزشی و آزمایشی و همچنین استفاده از مدل های هوش مصنوعی

برای پردازش تصویر بهینه می شود. جداسازی داده ها و مدل های هوش مصنوعی بر اساس دسته بندی اختلالات نه تنها منجر به بهینه سازی معیارهای فنی می شود، بلکه شفافیت رفتار مدل های شبکه عصبی را نیز افزایش می دهد. این نکته از این نظر حائز اهمیت است که در کاربردهای پزشکی داشتن اجزای نرم افزاری جعبه سیاه به دلیل اهمیت فرآیندهای درمانی می تواند کل روش درمانی را زیر سوال ببرد. در این تحقیق این پیشنهاد را «اصل تفکیک موقعیت» می نامیم.



شکل ۱، مکان های احتمالی اندومتریوز.

بینایی کامپیوتری به استفاده از مدل های شبکه عصبی مصنوعی اطلاق می شود که قادر به انجام پردازش برای درک و تفکیک محتوای تصویر بر اساس مرزها، معنا و غیره هستند. برای این منظور به مجموعه داده ای شامل تصاویر معمولی و ماسک های برچسب دار نیاز داریم. به عنوان مثال، در شکل ۲، یک جفت تصویر شامل یک تصویر لاپاراسکوپی واقعی و برچسب های مرتبط با آن دیده می شود. [۱] این تصویر که توسط هانگ و همکاران ارائه شده است، توانایی آموزش یک شبکه عصبی و استفاده از آن برای درک و بخش بندی تصاویر جدیدتر را فراهم می کند. در این تحقیق، بر اساس اصل تفکیک موقعیت، توصیه می شود که هر مرحله از جراحی باید مدل مستقلی داشته باشد که بر اساس مجموعه داده های جداگانه ای که با همان وضعیت و محل جراحی مطابقت دارد، آموزش داده شود.



شکل ۲، نمونه تقسیم بندی تصویر [۱]

رعایت اصل جداسازی موقعیت مزیت دیگری نیز دارد که مربوط به ریسک بیش از حد برآزش داده ها است. نزهت و همکاران در تحقیقات خود، به تفاوت روش های درمانی و جراحی بین دو بیمار مبتلا به یک بیماری با ویژگی های مشابه اشاره کرد و در نتیجه استانداردسازی را توصیه کرد. [۵] در این تحقیق با توجه به اینکه جراحی رباتیک توانایی مدیریت جراحی برای طیف وسیعی از اختلالات را فراهم کرده است، پیشنهاد می کنیم مسیرهای مطمئن و مطمئنی برای حرکت دوربین یا بازوهای رباتیک بر اساس مدل هندسی انسان در نظر گرفته شود.

با در نظر گرفتن این استانداردسازی، ما قادر خواهیم بود در هر حالت از جراحی، اندام های داخلی را از یک زاویه مشاهده کنیم. در نظر گرفتن سایر ویژگی ها مانند سن، وزن، محل اختلال و ... از مزایای رعایت این اصل به حداقل رساندن تفاوت بین داده های تمرین و آزمون می باشد. با این شرایط، بیش از حد برآزش در فرآیند یادگیری ماشین خطرناک نخواهد بود. در ادامه با هدف تلفیق مدل هندسی انسان با بینایی ماشین، معماری محاسباتی ارائه شده است که می تواند جراحی را مدیریت کند. ابتدا الگوریتمی ارائه شده است که از چندین مدل بینایی ماشین برای شناسایی و درک تصاویر استفاده می کند. سپس مدیریت جراحی توضیح داده خواهد شد.

Sina Algorithm:

Input: an imae of minimally invasive surgery (1) along with the operation situation that includes the exact location of the camera in the body (2).

Output: detection of all the elements in the image.

1- Based on the computer vision model, which is related to the surgery situation, proceed to the semantic segmentation of the image and save the result as SegmentedImg.

2- Using a suitable algorithm, the borders in the image are detected and saved in the form of an image called EdgeDetectedImg.

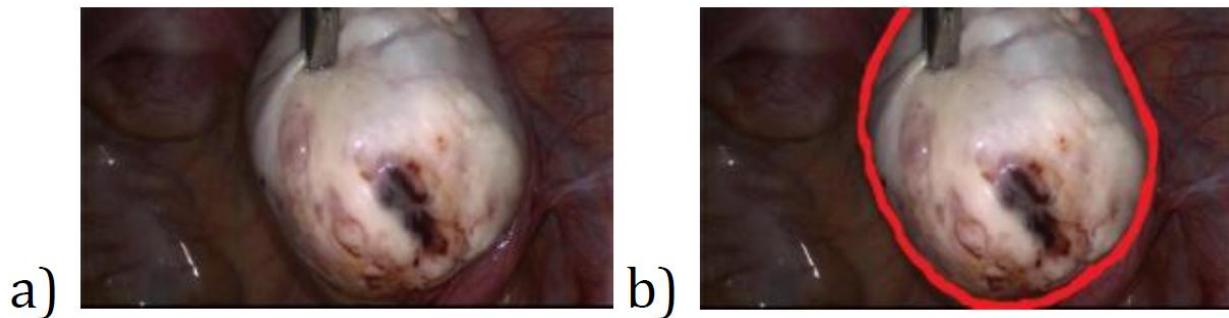
3- Due to the high accuracy of EdgeDetectedImg compared to the borders found in SegmentedImg, the borders in EdgeDetectedImg should be considered as real borders.

4- For each area detected in EdgeDetectedImg, the pixels in SegmentedImg should be separated. Then, based on the highest number of pixels in each area, type of the areas must be labeled.

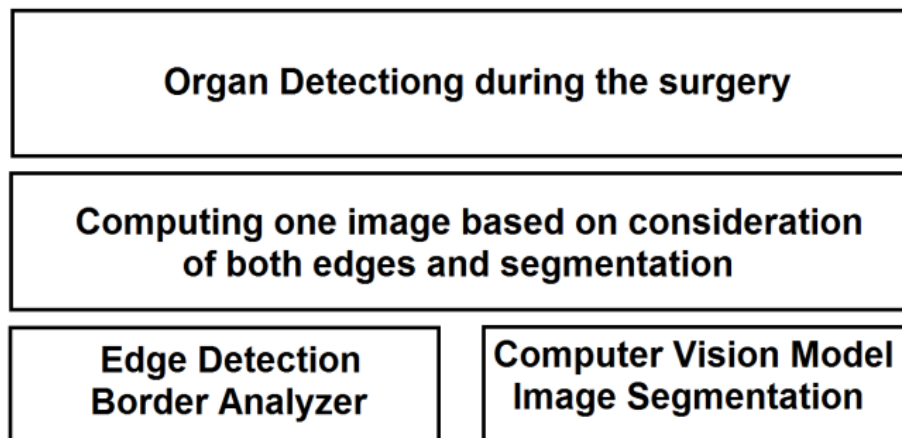
5- Save the result as the output of the algorithm.

الگوریتم سینا:

به منظور افزایش سرعت پردازش می توان الگوریتم سینا را به صورت موازی اجرا کرد. شکل ۳-a و ۳-b مرحله دوم الگوریتم سینا را نشان می دهد. همانطور که می بینید، با استفاده از تشخیص لبه می توان اندام ها را مشخص کرد. با این حال، الگوریتم های تشخیص لبه تنها قادر به تشخیص لبه های یک تصویر هستند. برای شناخت و درک نوع هر اندام، استفاده از مدل شبکه عصبی مناسب ضروری است. بدین منظور در گام سوم الگوریتم سینا بر اساس موقعیت فیزیکی دوربین (موقعیت عمل جراحی)، مدل بینایی ماشین مناسب انتخاب و بر اساس آن برچسب گذاری انجام می شود. در این الگوریتم از تشخیص لبه برای حذف نویزهای قابل پیش بینی استفاده می شود. در نهایت، کامپیوتر می تواند اندام ها و اختلالات مربوط به آنها را در هر مرحله از جراحی به خوبی درک و جدا کند. معماری نرم افزار پیشنهادی برای پیاده سازی الگوریتم سینا در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳، تشخیص لبه برای یافتن مرزها.



شکل ۴، معماری پیشنهادی برای اجرای الگوریتم سینا

از آنجا که در هر مرحله از جراحی با توجه به اصل جداسازی حالت، استفاده از یک مدل بینایی کامپیوتری مستقل ضروری است، ذخیره این مدل ها در یک ساختار داده مناسب حیاتی است. در این تحقیق یک ساختار داده درختی ارائه شده است که سعی در پیاده سازی مدل هندسی انسان و رعایت اصل جداسازی در عین حال دارد. ما این ساختار داده را درخت سینا می نامیم. هر گره این ساختمان دارای مختصاتی سه بعدی است که مربوط به موقعیت و زاویه دوربین در بدنه است. به عبارت دیگر می توان تمامی تصاویر به دست آمده از جراحی کم تهاجمی را بر اساس موقعیت و زاویه دوربین تقسیم کرد و سپس آموزش و تولید مدل های بینایی کامپیوتری مستقل را انجام داد.

در نهایت، هر مدل در یک گره مربوطه در نمودار ذخیره می شود. همچنین لبه های بین گره ها مسیر حرکت دوربین در نظر گرفته می شود. با اجرای درخت سینا مدل های بسیار ساده تر، واضح تر، دقیق تر و بهینه تر خواهیم داشت و در عین حال می توان از یک موقعیت (یا وضعیت جراحی) به موقعیت دیگر بدن (یا موقعیت جراحی) حرکت کرد. با

دنبال کردن لبه های نمودار می توان آن را به راحتی انجام داد. وجود درخت سینا نیز می تواند مستلزم رعایت استانداردهای کاربردی باشد. شکل ۵ نمونه ای از درخت سینا را نشان می دهد. بر اساس این ساختار داده، دوربین از ناحیه ناف وارد شکم می شود و می تواند با پیمایش یک مسیر مستقیم به رحم یا تخمدان ها برسد. می توان با ایجاد گره های میانی در هر لبه، دقت و امنیت عملیات را افزایش داد. در این تصویر گره ها با رنگ قرمز مشخص شده اند و لبه ها به صورت خطوط سبز نشان داده شده اند.



شکل ۵. نمونه ای از ساختار داده درخت سینا

۴. چالش ها و مزایا

در این بخش مزایا و چالش های جراحی با کمک هوش مصنوعی از منظر اجتماعی، پژوهشی، آموزشی و خدمات بالینی مورد بررسی قرار می گیرد. خوشبختانه رشد سریع فناوری کامپیوتر و هوش مصنوعی مورد استقبال گسترده جامعه قرار گرفته است. با این حال، بر اساس حساسیت در مسائل درمانی، طیف وسیعی از بیماران ممکن است در برابر پذیرش درمان با کمک هوش مصنوعی مقاومت کنند. برای غلبه بر این چالش، توصیه می شود که برنامه های کاربردی هوش مصنوعی دارای یک متخصص نظارت بر روند درمان و جراحی باشند. این رویکرد می تواند مسائل حقوقی مربوط به درمان را نیز حل کند.

پیشنهاد می شود نهادهای بین المللی نیز اقدامات لازم را برای ارتقای فرهنگ عمومی برای اعتماد به فناوری حتی در مسائل پزشکی انجام دهند تا ترس نادرست از این فناوری برطرف شود. خطای کامپیوتر بسیار کمتر از انسان است و در نتیجه اعتماد به هوش مصنوعی منطقی به نظر می رسد. اما در این زمینه باید صحت نرم افزارها و مدل های هوش مصنوعی مورد ارزیابی و اثبات قرار گیرد. این موضوع نیازمند تحقیقات بیشتری در این زمینه است. نتایج این تحقیق نه تنها در خدمات درمانی و کلینیک ها بلکه در آموزش نیز موثر خواهد بود.

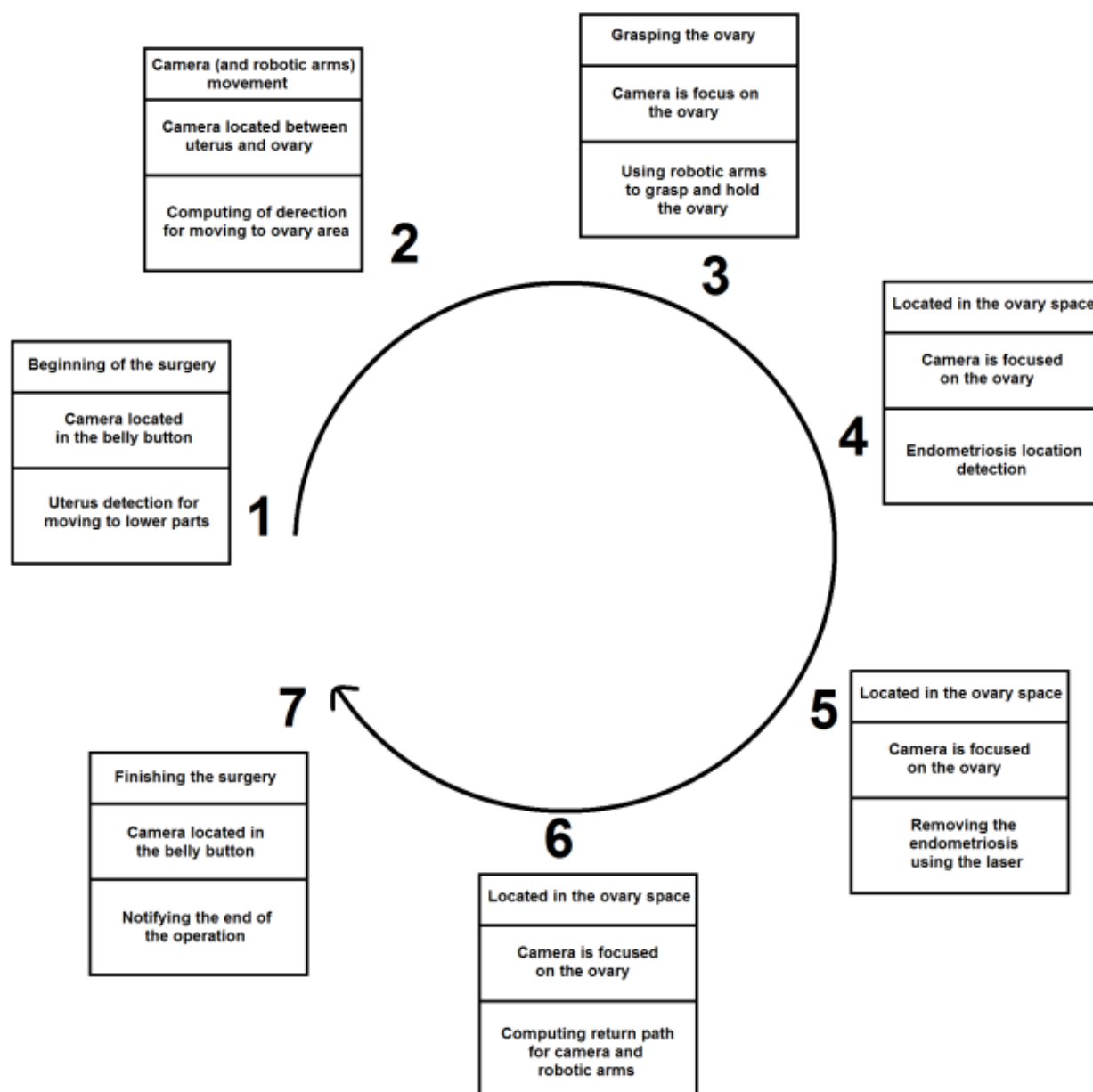
همانطور که توسط Mascagni و همکاران ادعا شده است، بسیاری از تصاویر و مجموعه داده های مربوط به آموزش مدل های شبکه عصبی می توانند برای آموزش توسط موسسات و دانشگاه ها استفاده شوند. همچنین می توان از مدل ها و الگوریتم های مربوط به جراحی خودکار برای تولید شبیه سازهای مناسب برای آموزش یا تحقیق استفاده کرد. در نهایت با استفاده از الگوریتم ناهید می توان سرعت جراحی را افزایش داد و خطا را کاهش داد. با این اقدام هزینه های درمانی نیز به حداقل می رسد.

یکی از چالش های مهم را می توان در آموزش شبکه های عصبی مشاهده کرد. در این راستا نیاز شدیدی به داده ها و تصاویر مربوط به جراحی کم تهاجمی وجود دارد. متأسفانه مجموعه داده های ارائه شده اطلاعات کافی را ارائه نمی دهند و از اصل تفکیک موقعیت پیروی نکرده اند. در این زمینه، باید توجه داشت که تنظیمات و پیکربندی تصویربرداری در طی جراحی کم تهاجمی باید به دقت ثبت شود. به عنوان مثال، شدت نور یا نوع نور استفاده شده در هنگام تصویربرداری باید ثبت شود.

۵. جراحی جدا شده اندومتريوز تخمدان^۱ با استفاده از الگوریتم ارائه شده

در این بخش، فرم ویژه ای از الگوریتم ناهید برای جراحی اختلال اندومتريوز ایزوله تخمدان ارائه شده است. این الگوریتم با استفاده از فلوچارت شکل ۶ توضیح داده شده است. در این فرآیند نحوه استفاده از موجودیت های مرتبط با الگوریتم ناهید مانند الگوریتم سینا یا درخت سینا با جزئیات مناسب به تصویر کشیده شده است.

^۱ Isolated ovarian endometriosis surgery

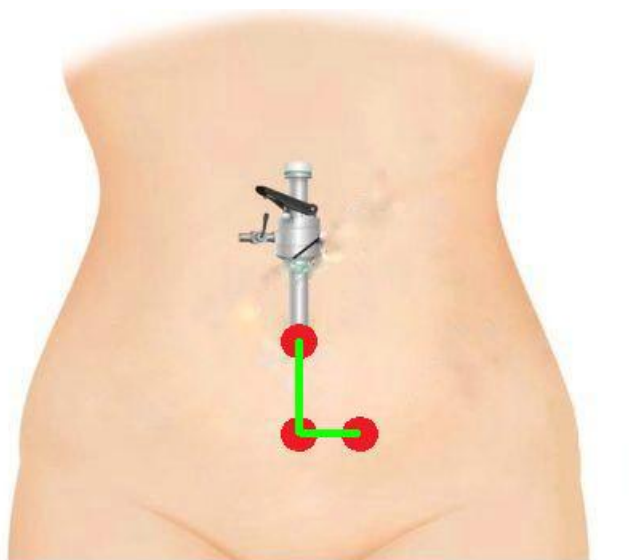


شکل ۶، فلوجارت روش پیشنهادی جراحی

همچنین درخت سینا برای این نوع جراحی در شکل ۷ ترسیم شده است. در این نمودار هر حالت به طور جامع توسط یک مستطیل سه ردیفی بیان شده است. سطر اول هر ستون نشان دهنده وضعیت یا مرحله جراحی، ردیف دوم محل قرارگیری دوربین و ردیف سوم نشان دهنده وظیفه ای است که هوش مصنوعی در آن حالت باید انجام دهد. این نمودار

حاوی جزئیات بسیار بیشتری در یک مشکل واقعی است. برای مثال لازم است علاوه بر موقعیت دوربین، موقعیت بازوهای ربات نیز ذخیره شود. همانطور که مشاهده می شود در این فرآیند سه گره برای حرکت از ناحیه ناف به سمت تخمدان چپ بیمار در نظر گرفته می شود. هر گره شامل یک مدل بینایی کامپیوتری قدرتمند است که قادر است به طور خاص تمام اندام ها یا اختلالات را در آن حالت تشخیص دهد. بر اساس دانش به دست آمده از مدل بینایی کامپیوتری و الگوریتم سینا و همچنین ساختار داده درخت سینا، حرکت به جلو یا عقب در بدن در حین عملیات به راحتی امکان پذیر است. این الگوریتم را می توان برای انواع بیماری ها به روش های دیگری نیز طراحی کرد، اما اصول تعریف و طراحی آن همان است که در این مقاله توضیح داده شد.

یکی از مهم ترین مراحل در این فرآیند مربوط به تشخیص بافت اندومتریوم واقع در تخمدان است. تشخیص این بافت توسط بینایی کامپیوتری باعث می شود ربات در هدف قرار دادن تابش امواج حرارتی یا لیزرها به درستی رفتار کند. در این تحقیق برای اثبات امکان سنجی و صحت اجرای الگوریتم ناهید، اقدام به تولید و ارزیابی مدل شبکه عصبی برای تشخیص اندومتریومای تخمدان شده است. در این زمینه از معماری شبکه عصبی UNET با تابع فعال سازی سیگموئید استفاده شده است. ورودی این شبکه به صورت یک ماتریس 128×128 تعریف شده است که تصاویر تخمدان را نشان می دهد. هدف آن ارائه تصویری متمرکز بر تخمدان و محاسبه محل دقیق اختلال اندومتریوما توسط هوش مصنوعی است. در این زمینه، به دلیل ناکافی بودن داده های مجموعه داده گلندا، داده های جدیدی جمع آوری و به مجموعه داده اضافه شده است. همچنین با استفاده از تکنیک چرخش تصویر، تعداد عناصر داده به چهار برابر افزایش یافته است. لازم به ذکر است که به دلیل وجود استانداردها در جراحی، امکان ناهمواری دوربین در حین جراحی وجود ندارد. در این تحقیق از این روش تنها برای غلبه بر مشکل محدودیت داده ها استفاده شده است. عدم استفاده از این تکنیک و برعکس افزایش تعداد داده ها منجر به افزایش دقت مدل می شود. در نهایت مدلی با دقت معقول تولید شد. جدول ۱ خروجی معیارهای ارزیابی این مدل را گزارش می کند. نتایج ارزیابی این مدل حاکی از آن است که در صورت افزایش تعداد داده ها و رعایت اصول تعریف شده در این مقاله، امکان اتوماسیون کامل و کامپیوتری شدن جراحی وجود دارد.

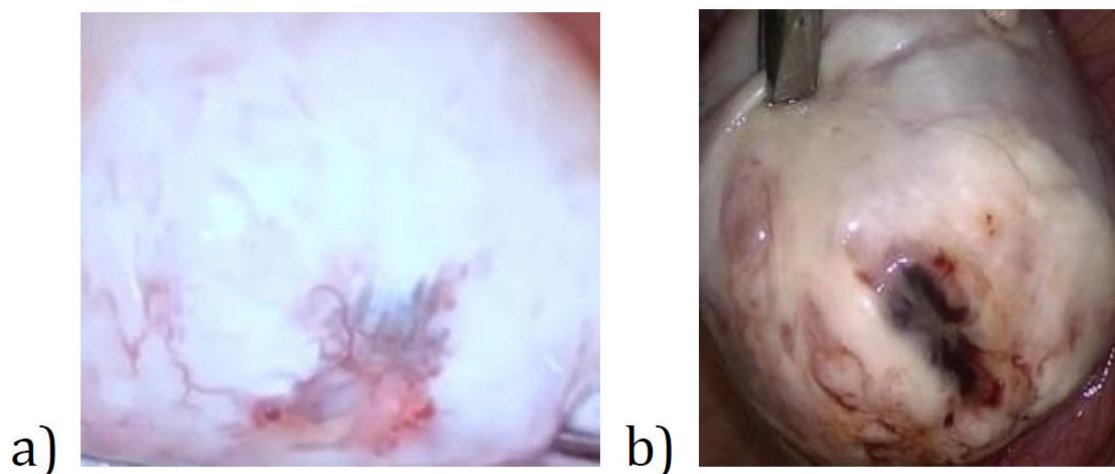


شکل ۷، نمونه ای از درخت سینا برای آندومتریوز جدا شده تخمدان.

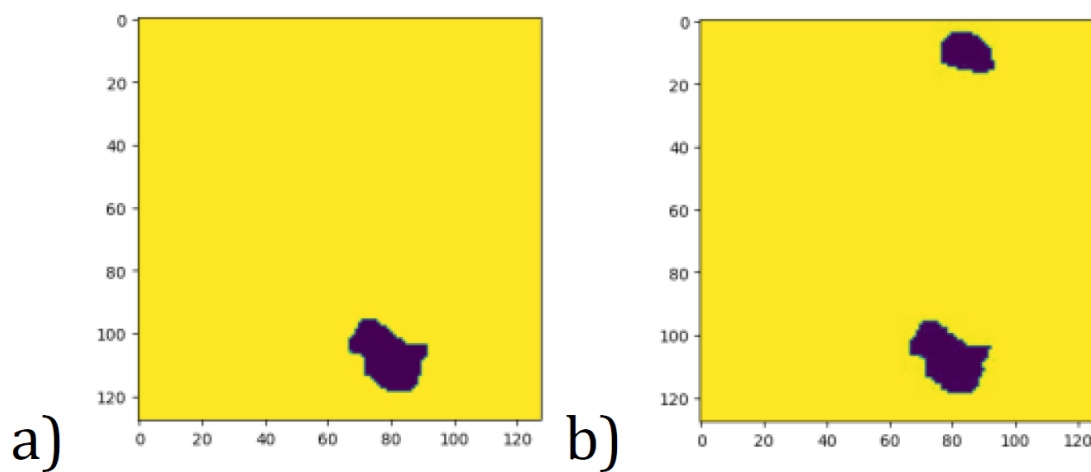
جدول ۱، ارزیابی مدل تشخیص مکان آندومتریوز تخمدان.

Val IoU score	Val Loss	Train IoU score	Train Loss	متریک (اندازه گیری)
۰.۹۷۵۹	۰.۰۱۲۲	۰.۹۹۹۵	$2.85e-04$	ارزش (مقدار)

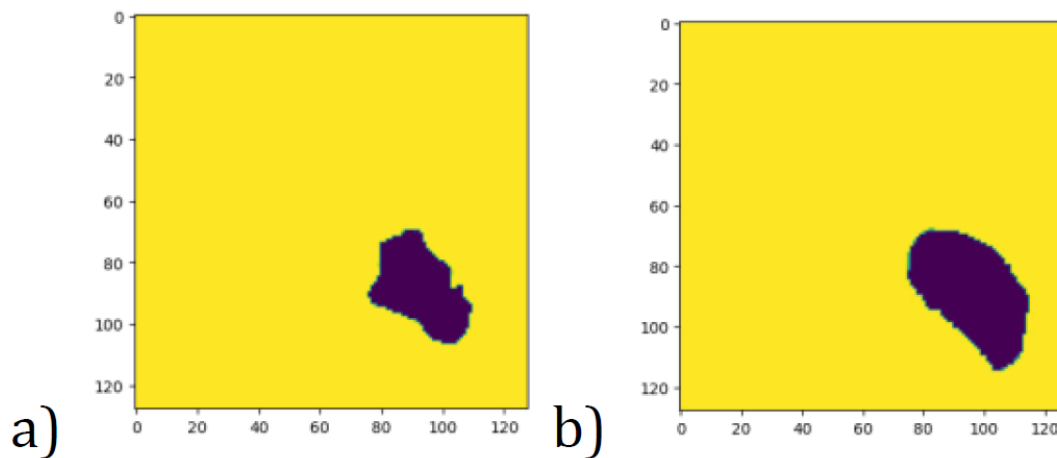
شکل ۸ نمونه هایی از تصاویر مورد استفاده به عنوان مجموعه داده را نشان می دهد. در این تصاویر اندام تخمدان متمرکز در نظر گرفته می شود. این احتمال وجود دارد که با سایر مدل های شبکه عصبی، در حالت های قبل از رسیدن به تخمدان، تخمدان از سایر اندام ها جدا شده و بر اساس نتیجه، بافت آندومتریوما در وضعیت فعلی تشخیص داده شود. همچنین امکان تهیه تصاویر از زوایای مختلف تخمدان بر اساس مدل هندسی انسان و استفاده از آنها برای پردازش هوش مصنوعی برای بهبود دقت محاسبات وجود دارد. در ادامه، خروجی محاسبه شده هوش مصنوعی (الف) و خروجی مورد انتظار (ب) برای داده های آموزشی (شکل ۹) و داده های آزمون (شکل ۱۰) مقایسه شده است.



شکل ۸، دو نمونه از داده های مورد استفاده برای آموزش مدل آشکارساز مکان اندومتر یوز.



شکل ۹، مقایسه ماسک پیش بینی شده و واقعی مدل.



شکل ۱۰، مقایسه ماسک پیش بینی شده و واقعی مدل.

۶. نتیجه گیری

در این تحقیق برای اولین بار نحوه انجام جراحی توسط هوش مصنوعی تشریح شد.

با تشریح الگوریتم ناهید، که متشکل از الگوریتم سینا و ساختار داده درخت سینا است، تلاش شد تا روشی جامع، کارآمد و دقیق برای مدیریت و عملیات جراحی توسط هوش مصنوعی بر اساس مدل هندسی انسان و با رعایت اصول تفکیک موقعیت ارائه شود.

سپس با تمرکز بر جراحی مربوط به اختلال اندومتریوز ایزوله تخمدان، نحوه استفاده از الگوریتم ناهید برای این نوع جراحی توضیح داده شد. همچنین با تولید و ارزیابی مدلی مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی که بافت اندومتریوما را در تخمدان شناسایی و بومی سازی می کند، ثابت شد که با پیروی از الگوریتم ناهید، می توان هوش مصنوعی برای هدایت عمل تولید کرد و این فرآیند قابل اعتماد است. دقت به دست آمده، عدم آسیب پذیری مدل در برابر پدیده اضافه برازش بر اساس اصل تفکیک موقعیت و توجه به محدودیت مجموعه های داده در این مدل، پایایی روش پیشنهادی را اثبات می کند.

منابع

- [۱] Hong, W. Y., Kao, C. L., Kuo, Y. H., Wang, J. R., Chang, W. L., & Shih, C. S. (۲۰۲۰). Cholecseg Λ k: a semantic segmentation dataset for laparoscopic cholecystectomy based on cholec Λ . arXiv preprint arXiv:۲۰۱۲, ۱۲۴۵۳.
- [۲] Madad Zadeh, S., Francois, T., Calvet, L., Chauvet, P., Canis, M., Bartoli, A., & Bourdel, N. (۲۰۲۰). SurgAI: deep learning for computerized laparoscopic image understanding in gynaecology. Surgical endoscopy, ۳۴, ۵۳۷۷-۵۳۸۳.

- [۳] Mascagni, P., Alapatt, D., Sestini, L., Altieri, M. S., Madani, A., Watanabe, Y., ... & Hashimoto, D. A. (۲۰۲۲). Computer vision in surgery: from potential to clinical value. *npj Digital Medicine*, ۵(۱), ۱۶۳.
- [۴] Naqvi, N. Z., Kaur, K., Khanna, S., & Singh, S. (۲۰۲۳). An Overview of Machine Learning Techniques Focusing on the Diagnosis of Endometriosis. *Machine Vision and Augmented Intelligence: Select Proceedings of MAI ۲۰۲۲*, ۶۱-۸۴. [
- Δ] Nezhat, F. R., Kavic, M., Nezhat, C. H., & Nezhat, C. (۲۰۲۳). Forward We Go!. *JSLs: Journal of the Society of Laparoscopic & Robotic Surgeons*, ۲۷(۱).
- [۶] Scheikl, P. M., Laschewski, S., Kisilenko, A., Davitashvili, T., Müller, B., Capek, M., ... & Mathis-Ullrich, F. (۲۰۲۰, September). Deep learning for semantic segmentation of organs and tissues in laparoscopic surgery. In *Current Directions in Biomedical Engineering* (Vol. ۶, No. ۱, p. ۲۰۲۰۰۱۶). De Gruyter.
- [۷] Visalaxi, S., & Muthu, T. S. (۲۰۲۱). Automated prediction of endometriosis using deep learning. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, ۱۲(۲), ۲۴۰۳-۲۴۱۶.
- [۸] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (۲۰۱۶). *Deep learning*. MIT press.
- [۹] Gulli, A., & Pal, S. (۲۰۱۷). *Deep learning with Keras*. Packt Publishing Ltd.
- [۱۰] Finlay, J. (۲۰۲۰). *An introduction to artificial intelligence*. Crc Press.
- [۱۱] Parker, L. (۲۰۲۰). *Vagina Problems: Endometriosis, Painful Sex, and Other Taboo Topics*. St. Martin's Griffin.
- [۱۲] Kaul, V., Enslin, S., & Gross, S. A. (۲۰۲۰). History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointestinal endoscopy*, ۹۲(۴), ۸۰۷-۸۱۲.
- [۱۳] Ranschaert, E. R., Morozov, S., & Algra, P. R. (Eds.). (۲۰۱۹). *Artificial intelligence in medical imaging: opportunities, applications and risks*. Springer.