

گزارش تشخیص رفلاکس معده با استفاده از امیدانس PH

مهدی قطعی*^۱، بهنام یوسفی مهر^۲ و امین رحمانی^۳

^۱دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ghatee@aut.ac.ir

^۲دانشگاه صنعتی امیرکبیر، behnam.y2010@aut.ac.ir

^۳دانشگاه صنعتی امیرکبیر، amin.rahmani.aut.ac.ir

*سرپرست تیم

چکیده - بیماری رفلاکس معده یکی از شایع‌ترین بیماری‌ها در میان بزرگسالان است. این بیماری به پدیده‌ای اطلاق می‌گردد که در آن محتوای معده به سمت مری بازگشته و باعث ایجاد محیطی اسیدی در کانال مری می‌شود. از نشانه‌های این بیماری می‌توان به احساس سوزش و درد در قفسه سینه، سرفه و حالت تهوع اشاره کرد. تشخیص این بیماری به دلیل داشتن نشانه‌های مشترک، با بیماری‌های دیگر سخت است و بیمار نیاز به انجام آزمایش‌های متعددی دارد. از این رو در سال‌های اخیر روش جدید با نام "MII-pH" ارائه شد که قادر است علاوه بر رفلاکس‌های اسیدی، رفلاکس‌های غیر اسیدی را هم به صورت دقیق شناسایی کند. در این گزارش تیم پژوهشگر، توانسته است با استفاده از شبکه‌های عصبی پیچشی و اطلاعات MII-pH جمع‌آوری شده از شش سنسور موجود در مری زمان وقوع رفلاکس معده را تشخیص داده و مشخص کند که محتوای برگشتی تا چه میزان بالا آماده است. رویکرد پیشنهادی توانسته است به صورت میانگین با ۹۵.۵ درصد رفلاکس‌های معده را شناسایی و برجسب بزند.

کلیدواژه- شبکه‌های عصبی کانولوشنال، پردازش سیگنال‌های پزشکی، تشخیص رفلاکس معده و هوش مصنوعی.

بدست آمده از MII-pH می‌پردازیم. هدف اصلی ما نشان دادن کارایی مدل‌های CNN در تشخیص GERD است. دستیابی به آستانه دقت ۹۵ درصد از دست آوردهای این پژوهش است که می‌تواند به عنوان یک روش قوی برای تشخیص بیماری رفلاکس معده در نظر گرفته شود.

۱- مقدمه

بیماری رفلاکس معده یا به اختصار GERD، به عنوان یک اختلال گوارشی شایع در نظر گرفته می‌شود که با علائم آزاردهنده همراه است. این بیماری به طور قابل توجهی بر کیفیت زندگی افراد تأثیر می‌گذارد. روش‌های تشخیص سنتی با محدودیت‌هایی در شناسایی دقیق زمان وقوع و نوع رفلاکس مواجه‌اند. این محدودیت‌ها باعث توسعه‌ی تکنیک‌های پیشرفته‌تر مانند (MII-pH) شده است. اهمیت تشخیص MII-pH در توانایی آن برای مشخص کردن زمان دقیق وقوع رفلاکس و در عین حال مشخص کردن متغیرهای مهم مانند نوع محتویات برگشتی و میزان گسترش آن نهفته است. در این روش به مدت ۲۴ ساعت، یک لوله که حاوی ۶ عدد سنسور است درون مری فرد بیمار قرار داده می‌شود. وظیفه سنسورها اندازه‌گیری میزان امیدانس مری است. سپس با استفاده از سیگنال‌های بدست آمده پزشکان قادرند تا زمان وقوع و نوع رفلاکس را شناسایی کنند. قابل ذکر است که موقعیت دقیق این سنسورها نسبت به دریچه معده، بینش‌هایی را در مورد شدت و میزان وقوع رفلاکس فراهم می‌کند.

۲- مرور ادبیات

در سال‌های اخیر، ادغام فناوری‌های پیشرفته مانند شبکه‌های عصبی پیچشی (CNN) به طور قابل توجهی بر تشخیص دقیق رفلاکس معده، به ویژه با استفاده از داده‌های امیدانس (pH) تأثیر گذاشته است. مطالعات مختلف کاربرد CNN ها را در این حوزه با هدف افزایش دقت و کارایی تشخیص رفلاکس معده مورد بررسی قرار داده‌اند.

مقاله‌ی [۱] به بررسی تشخیص رفلاکس معده با استفاده از امیدانس PH پرداخته است و به این نتیجه دست یافته است که پایش pH سرپایی در حال حاضر بهترین روش برای تشخیص رفلاکس معده- مری است. با این حال، الکترودهای pH قادر به اندازه‌گیری تنها رفلاکس اسید هستند و بنابراین، دوره‌های رفلاکس غیر اسیدی، که یک علت بالقوه مهم هستند، با این تکنیک نادیده گرفته می‌شوند. امیدانس الکتریکی درون مجرای چند کاناله، اخیراً به عنوان یک روش جدید برای غلبه بر محدودیت بالا در آزمایش pH پیشنهاد

در این گزارش، ما به شبکه‌های عصبی پیچشی یا به اختصار (CNN) به عنوان یک ابزار قوی برای تشخیص زمان رفلاکس با استفاده از داده‌های



نظارت است که با استفاده از روش MII-pH بدست آمده است. در مجموع ۶ سیگنال در این مجموعه داده موجود است که به ازای هر سیگنال امیدانس یک سیگنال برچسب متناظر وجود دارد که نشان دهنده وقوع/عدم وقوع رفلکس معده است. در ادامه به ترتیب به بخش‌های مورد نیاز جهت پیش پردازش به‌طور خلاصه پرداخته می‌شود.

اضافه کردن برچسب‌های جا افتاده: با توجه به ترتیب سنسورها در داخل مری، می‌توان استدلال کرد که در صورت بروز رفلکس، نشانه‌ها از پایین به بالا در سیگنال‌ها ظاهر می‌شوند. به این خاطر الگوریتمی ارائه شده است که می‌تواند برچسب‌های جا افتاده را بازیابی کند. پس از اجرای الگوریتم مذکور ۳۲۹۱ برچسب جا افتاده در مجموعه یادگیری بازیابی می‌شوند.

جداسازی مجموعه آموزش و ارزیابی: برای ارزیابی مدل و انتخاب ابرپارامترها، ۱۰٪ انتهایی سیگنال‌ها به همراه برچسب‌هایشان به مجموعه ارزیابی اختصاص داده می‌شوند.

مقیاس کردن و کاهش نویز: برای مقایسه بهتر داده و همچنین آموزش بهتر مدل، سیگنال‌های مجموعه دادگان به مقیاس استاندارد در آمده و همچنین برای کاهش نویز و کم کردن میزان پیچیدگی سیگنال، میانگین متحرک هر سیگنال محاسبه شده و جایگزین سیگنال اصلی می‌شود.

بخش‌بندی سیگنال‌ها: پس از مقیاس و کاهش نویز، سیگنال‌ها به بخش‌های یکسان با طول ۱۲۸ و با قدم‌های ۱۶ تایی، شکسته شده و ذخیره می‌شوند. لازم به ذکر است که متناظر با هر بخش از سیگنال، یک برچسب باینری که نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود رفلکس در آن بخش است در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳- معماری شبکه عصبی کانولوشن (CNN):

در انتخاب معماری، به دلیل وابستگی میان سیگنال‌ها، مدل‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که قادرند از اطلاعات موجود در تمامی سیگنال‌ها به جهت پیش‌بینی برچسب یک سیگنال استفاده کنند. به این دلیل از شبکه‌های عصبی پیچشی برای تشخیص الگو میان سیگنال‌ها استفاده شده است. برای این مسئله ۶ مدل متفاوت طراحی و آموزش داده شده‌اند که هر کدام وظیفه پیش‌بینی برچسب مربوط به یک سیگنال را بر عهده دارد. در ادامه برای تبدیل مجموعه دادگان به قالب استاندارد باید ماتریسی در نظر گرفته شود که سطر و ستون‌های آن به ترتیب ۶ و ۱۲۸ است و به عنوان ورودی به مدل در نظر گرفته می‌شوند. مدل CNN در لایه اول دارای یک لایه پیچشی ۲ بعدی، با ۲۰ عدد فیلتر در نظر گرفته شده است. همچنین از فعالساز Relu در این قسمت استفاده شده است. در لایه بعد، از Flatten استفاده شده و در نهایت از لایه Dense استفاده شده است که از تابع فعالساز سیگموئید بهره می‌گیرد.

شده است. امیدانس (بیان شده بر حسب اهم) اندازه‌گیری کل مخالفت با جریان بین الکترودهای مجاور است. از آنجایی که محتویات رفلاکس شده با رسانایی متفاوت مشخص می‌شوند، که معکوس امیدانس است، برای اولین بار تجزیه و تحلیل کیفی دقیق و عملی رفلاکس مستقل از pH امکان پذیر است. به عنوان مثال، رسانایی هوا تقریباً صفر است و سپس امیدانس در مقایسه با خط پایه افزایش می‌یابد، در حالی که رسانایی مایع بسیار بالاتر است و منحنی امیدانس به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. ترکیب امیدانس الکتریکی با پیش سنتی pH تنها راهکار تمایز اسید از رفلاکس مایع غیر اسیدی است. علاوه بر این، امیدانس حاوی چندین جفت الکتروده حلقه ای در امتداد مری است، به طوری که می‌توان ارزیابی دقیقی از میزان پروگزیمال مواد رفلکس شده به دست آورد. از نقطه نظر بالینی، امیدانس الکتریکی و pH-متری می‌تواند برای شناسایی تعداد و درصد دفعات رفلاکس گاز، اسید و غیر اسید، مفید باشد. بنابراین، این تکنیک پتانسیل تبدیل شدن به یک ابزار مفید برای بهبود شناسایی بیماری رفلاکس معده و مری را دارد.

مطالعه‌ی [۲] به این نتیجه رسیده است که هوش مصنوعی عملکرد بالایی را در اندازه‌گیری معیارهای امیدانس، از جمله تعداد دوره‌های رفلاکس و شاخص موج پرستالتیک ناشی از بلع پس از رفلاکس نشان می‌دهد و علاوه بر این، امیدانس پایه را از کل مطالعه امیدانس pH استخراج می‌کند.

علاوه بر این، مقاله [۳] یک مدل یادگیری عمیق (به عنوان مثال، GERD-VGGNet) را پیشنهاد می‌کند که از شبکه‌های عصبی پیچشی برای طبقه‌بندی خودکار و تفسیر مبتنی بر پردازش تصویر استفاده می‌کند. مدل پیشنهادی از یک تکنیک افزایش داده، یک سیاست تنظیم دقیق بدون انجاماد دو مرحله‌ای و یک معیار توقف اولیه استفاده می‌کند. در نتیجه، مدل پیشنهادی قابلیت تعمیم بالایی را نشان می‌دهد.

علاوه بر این، پیشرفت‌های اخیر در معماری‌های CNN، مانند مکانیسم‌های توجه و شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNNs)، برای ثبت وابستگی‌های زمانی و ویژگی‌های ریز در سیگنال‌های امیدانس pH مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این مطالعات در مجموع پتانسیل روش‌های مبتنی بر CNN را در استفاده از داده‌های امیدانس pH برای تشخیص دقیق رفلاکس معده نشان می‌دهند. در حالی که تحقیقات و اعتبارسنجی بیشتر برای پذیرش بالینی مورد نیاز است، ادغام تکنیک‌های یادگیری عمیق نویدبخش انقلابی در چشم انداز تشخیصی اختلالات رفلاکس معده به مری است.

۳- روش پیشنهادی

در این بخش خلاصه‌ای از روش پیشنهادی جهت پیاده‌سازی و آموزش شبکه عصبی پیچشی بر روی داده‌های MII-pH ارائه می‌شود. روش پیشنهادی ما شامل بخش‌های پیش‌پردازش داده، معماری سیستم، آموزش و ارزیابی است.

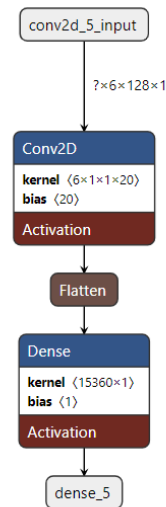
۱-۳- جمع آوری و پیش پردازش داده‌ها:

مجموعه‌داده‌ی مورد استفاده در این پژوهش، از دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به دست آمده که شامل سیگنال‌های امیدانس ضبط شده از بیماران تحت

جدول ۱- نتایج ارزیابی مدل

کلاس	دقت
کانال ۶	۹۴
کانال ۵	۹۳
کانال ۴	۹۵
کانال ۳	۹۵
کانال ۲	۹۷
کانال ۱	۹۹
میانگین	۹۹.۵

همانطور که مشاهده می‌شود مدل آموزش دیده توانایی بالایی در تشخیص رفلکس معده از خود نشان داده است.



شکل ۱- معماری مدل

۵- نتیجه‌گیری

به طور خلاصه، پیاده‌سازی ۶ مدل CNN برای تشخیص زمان وقوع رفلکس معده در سطوح مختلف از مری، نتایج قابل توجه ارائه داده است. با این حال با دقت نسبی کمتر در سطوح پایین‌تر همراه است که علت اصلی آن دور بودن سنسور شماره ۱ از معده و نادر بودن پدیده رفلکس تا این سطح است. با این وجود، با در نظر گرفتن میانگین دقت کلی برای معماری‌های CNN به دقتی بیش از ۹۵٪ دست یافته‌اند و به طور خاص، دستیابی به امتیاز FI در حدود ۸۰٪ در کانال‌های ۶ و ۵ که برای شناسایی رفلکس معده بسیار حیاتی هستند، نشان‌دهنده توانمندی این روش در تشخیص GERD است.

۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان از آقای علیرضا وحدانی دانشجوی کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر دانشگاه صنعتی امیرکبیر که در برخی از ایده‌ها تیم را یاری داده‌اند، سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

- [1] Zentilin, P., Dulbecco, P., Savarino, E., Giannini, E., & Savarino, V. (2004). Combined multichannel intraluminal impedance and pH-metry: a novel technique to improve detection of gastroesophageal reflux: literature review. *Digestive and Liver Disease*, 36(9), 565-569.
- [2] Wong, M. W., Rogers, B. D., Liu, M. X., Lei, W. Y., Liu, T. T., Yi, C. H., ... & Chen, C. L. (2023). Application of Artificial Intelligence in Measuring Novel pH-Impedance Metrics for Optimal Diagnosis of GERD. *Diagnostics*, 13(5), 960.
- [3] Wang, C. C., Chiu, Y. C., Chen, W. L., Yang, T. W., Tsai, M. C., & Tseng, M. H. (2021). A deep learning model for classification of endoscopic gastroesophageal reflux disease. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2

۳-۳- آموزش و ارزشیابی:

در کل برای آموزش هر مدل، مجموعه داده ارزیابی همراه با برچسب متناظر با آن به مدل داده شده و با ۳۰ تکرار مدل آموزش به طور کلی آموزش می‌بیند. در طول آموزش، نرخ ضریب یادگیری براساس ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی مجموعه داده ارزیابی تنظیم می‌شود تا از بیش‌برازش و واگرایی در هنگام یادگیری جلوگیری شود.

۳-۴- تحلیل آماری:

در نهایت برای افزایش قدرت مدل، از بازه‌های همپوشان به جهت بدست آمدن احتمال وقوع رفلکس استفاده شده است. در این روش برای هر بازه چندین بار تصمیم‌گیری شده و در نهایت میانگین آنها را به عنوان سیگنال احتمال در نظر گرفته می‌شود. حال با استفاده از یک آستانه ۰.۱ می‌توان سیگنال احتمال را به سیگنال برچسب پیش‌بینی شده تبدیل کرد.

۴- نتایج عددی

معیارهای ارزیابی انجام شده روی مدل‌های آموزش دیده شده در جدول ۱ بیان شده است: