

بنام خدا

هوش مصنوعی در پایش از راه دور بیمار و مراقبت در منزل

مؤلفان:

فاطمه قدیمی

پگاه حقیقتیان

هاجر نجفی

محمد امین نوری

مینا نجارپور

سارا جلائی

الهه منوچهری

ناظر علمی:

صبرا قدرتی

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران - ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه : قدیمی ، فاطمه ، ۱۳۸۰
 عنوان و نام پدیدآورندگان : هوش مصنوعی در پایش از راه دور بیمار و مراقبت در منزل / مولفان: فاطمه قدیمی ، پگاه حقیقتیان ، هاجر نجفی، محمد امین نوری ، مینا نجارپور ، سارا جلائی ، الهه منوچهری
 مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
 مشخصات ظاهری : ۱۱۰ ص.
 شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۵۰۷-۴
 شناسه افزوده: حقیقتیان ، پگاه ، ۱۳۸۰
 شناسه افزوده: نجفی ، هاجر ، ۱۳۷۱
 شناسه افزوده: نوری ، محمد امین ، ۱۳۸۱
 شناسه افزوده: نجارپور ، مینا ، ۱۳۷۸
 شناسه افزوده: جلائی ، سارا ، ۱۳۸۰
 شناسه افزوده: منوچهری ، الهه ، ۱۳۶۹
 وضعیت فهرست نویسی : فیپا
 یادداشت : کتابنامه.
 موضوع : هوش مصنوعی- پایش از راه دور بیمار - مراقبت در منزل
 رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
 رده بندی دیویی : ۶۶۸/۵۵
 شماره کتابشناسی ملی : ۸۷۹۶۵۱۲
 اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : هوش مصنوعی در پایش از راه دور بیمار و مراقبت در منزل
 مولفان : فاطمه قدیمی - پگاه حقیقتیان - هاجر نجفی - محمد امین نوری - مینا نجارپور - سارا جلائی - الهه منوچهری
 ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
 صفحه آرای و تنظیم: الهام غفاری
 طرح جلد: پریافرجام
 ناظر علمی: صبرا قدرتی
 تیراژ: ۱۰۰۰ جلد
 نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۵
 چاپ : زبرجد
 قیمت : ۱۶۰۰۰۰ تومان
 فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
<https://chaponashr.ir/ketabresan>
 شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۱۲۹-۵۰۷-۴
 تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir



فهرست مطالب

فصل ۱: مبانی فیزیولوژیک، فنی و داده‌شناختی پایش از راه دور هوشمند	۵
.....مقدمه	۷
درس ۱: مبانی سیگنال‌های حیاتی (Resp, BP, SpO ₂ , PPG, ECG) و روش‌های تبدیل آنالوگ به دیجیتال	۸
درس ۲: استانداردهای ارتباطی و معماری داده پردازی در اینترنت اشیا پزشکی.....	۱۲
درس ۳: مدیریت کلان‌داده‌های زیستی، نوپزدایی تطبیقی و بازسازی سیگنال با شبکه‌های عصبی اتوکدکتر.....	۱۵
فصل ۲: مدل‌های تشخیصی و پیش‌بینی‌کننده بر اساس داده‌های سری زمانی و تصاویر	۱۹
.....مقدمه	۲۱
درس ۴: استخراج ویژگی‌های حوزه زمان-فرکانس (ویولت، آنتروپی، HRV) و انتخاب ویژگی با روش‌های تکاملی.....	۲۲
درس ۵: شبکه‌های عصبی کانولوشنی-بازگشتی (CNN-RNN) و ترنسفورمرها در تشخیص آریتمی، ایسکمی و آپنه خواب.....	۲۵
درس ۶: مدل‌های پیش‌بینی رویدادهای حاد (سکته، نارسایی قلبی، تشنج) با استفاده از یادگیری توالی‌محور و هشدار سطح‌بندی‌شده	۲۸
فصل ۳: کاربردهای بالینی و سیستم‌های پایش هوشمند در مدیریت بیماری‌های مزمن و مراقبت سالمندی	۳۳
درس ۷: پروتکل پایش از راه دور نارسایی قلبی (ارزیابی وزن و ادم، فشار ورید ژوگولار و تغییرات صداهای ریوی با AI)	۳۵
درس ۸: سیستم‌های حلقه‌بسته (Closed-loop) در مدیریت دیابت نوع ۱ و ۲؛ شامل پمپ انسولین و الگوریتم‌های تطبیقی دوز	۳۸

درس ۹: مراقبت ترکیبی سالمندی: غربالگری اختلال شناختی، تشخیص سقوط و پیش‌بینی زخم فشاری..... ۴۱

فصل ۴: چالش‌های اعتبارسنجی بالینی، ایمنی و اخلاق کاربردی در محیط منزل ۴۵

مقدمه..... ۴۷

درس ۱۰: اعتبارسنجی بالینی مدل‌ها (مقایسه با طلای بالینی، منحنی AUC، کالیراسیون و آزمون‌های آماری) و الزامات سازمان غذا و دارو (FDA) ۴۹

درس ۱۱: ملاحظات امنیت سایبری در سطح دستگاه، کانال ارتباطی و سرور (رمزنگاری، احراز هویت و تشخیص نفوذ)..... ۵۳

درس ۱۲: مسئولیت مدنی، خطاهای تشخیصی ناشی از هوش مصنوعی، سوگیری جمعیت‌شناختی و رضایت آگاهانه در بستر منزل ۵۷

فصل ۵: ارزیابی اثربخشی بالینی، یکپارچه‌سازی در گردش کار و افق‌های نوین هوش مصنوعی مولد ۶۱

درس ۱۳: روش‌های کارآزمایی بالینی تصادفی‌شده (RCT) برای سیستم‌های پایش هوشمند، اندازه‌گیری پیامدهای اولیه (مرگ‌ومیر، بستری مجدد) و ثانویه (کیفیت زندگی)..... ۶۳

درس ۱۴: ادغام در گردش کار بالینی: داشبورد پزشک، هشدارهای هوشمند سطح‌بندی‌شده، ارتباط با تیم مراقبت و مدیریت بحران در منزل ۶۷

درس ۱۵: هوش مصنوعی مولد (مدل‌های زبانی بزرگ) برای گزارش‌نویسی خودکار بالینی، پزشکی از راه دور پیش‌بینی‌کننده و سیستم‌های یادگیری تقویتی برای تنظیم دقیق درمان در منزل..... ۷۱

سخن پایانی..... ۷۴

منابع و مآخذ ۷۷

فصل ۱: مبانی فیزیولوژیک، فنی
و داده‌شناختی پایش از راه دور
هوشمند

مقدمه

با گسترش جمعیت سالمندی و افزایش بیماری‌های مزمن مانند نارسایی قلبی، دیابت و بیماری‌های عصبی، نظام‌های سلامت در سراسر جهان با چالش فزاینده‌ای برای ارائه مراقبت مستمر، مقرون‌به‌صرفه و خارج از محیط بیمارستانی روبه‌رو هستند. در این میان، پایش از راه دور بیمار مبتنی بر هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از امیدوارکننده‌ترین راهکارها برای مدیریت بیماری‌های مزمن در منزل مطرح شده است. این رویکرد با تلفیق فناوری‌های پوشیدنی، اینترنت اشیا پزشکی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، امکان نظارت پیوسته بر علائم حیاتی، تشخیص زودهنگام رویدادهای حاد و تنظیم تطبیقی درمان را فراهم می‌آورد.

شواهد پژوهشی نشان می‌دهد که کارآزمایی‌های بالینی متعددی با هدف بررسی اثربخشی این سیستم‌ها بر پیامدهایی مانند کاهش مرگ‌ومیر و بستری مجدد در بیماران مبتلا به نارسایی قلبی در حال اجراست. با این حال، تحقق این چشم‌انداز نیازمند درک عمیق از سه رکن اساسی است: نخست، مبانی فیزیولوژیک سیگنال‌های حیاتی و روش‌های تبدیل و پردازش آن‌ها. به عبارت دیگر ابتدا باید بدانیم بدن چه سیگنال‌هایی تولید می‌کند و چگونه می‌توان آن‌ها را از حالت آنالوگ به داده‌های دیجیتال قابل‌استفاده تبدیل کرد. رکن دوم، استانداردهای ارتباطی و معماری داده‌پردازی که انتقال امن و بی‌وقفه داده‌ها را ممکن می‌سازد؛ (انتقال داده‌ها از دستگاه متصل به بیمار، به سیستم مرکزی)؛ و رکن سوم، روش‌های مدیریت و پالایش کلان‌داده‌های زیستی که با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، حجم زیادی از داده‌های خام را پاکسازی کرده و آن‌ها را به اطلاعات مفید و قابل‌استفاده بالینی تبدیل می‌کنیم.

پیاده‌سازی موفق این سیستم‌ها در محیط منزل نیز با چالش‌های منحصربه‌فردی همراه است؛ از جمله تنوع جمعیت‌شناختی کاربران، شرایط نوری و حرکتی متغیر، و نیاز به طراحی انسان‌محور. این عوامل اعتبارسنجی بالینی دقیق و تطبیق‌پذیری الگوریتم‌ها را ضروری می‌سازد. در این فصل، با رویکردی نظام‌مند و مبتنی بر آخرین یافته‌های علمی، این سه حوزه را به تفصیل بررسی می‌کنیم تا زیرساخت دانشی لازم برای طراحی، پیاده‌سازی و ارزشیابی سیستم‌های هوشمند پایش از راه دور را فراهم آوریم.

درس ۱: مبانی سیگنال‌های حیاتی (Resp^۱، BP^۲، SpO₂^۳، PPG، ECG^۴)^۵

و روش‌های تبدیل آنالوگ به دیجیتال

درک صحیح از سیگنال‌های حیاتی و فرآیند تبدیل آن‌ها از دنیای آنالوگ به داده‌های دیجیتال قابل‌پردازش، سنگ‌بنای هر سیستم هوشمند پایش از راه دور محسوب می‌شود. این درس به بررسی دقیق این دو رکن اساسی می‌پردازد.

1. سیگنال‌های حیاتی بنیادین در پایش از راه دور

سیگنال‌های حیاتی نشان‌دهنده عملکرد دستگاه‌های اصلی بدن هستند و در پایش از راه دور معمولاً با حسگرهای غیرتهاجمی و پوشیدنی ثبت می‌شوند.

نوار قلب (ECG): سیگنال الکتریکی حاصل از فعالیت سلول‌های قلبی است که از طریق الکترودهای سطحی ثبت می‌شود. این سیگنال اطلاعات حیاتی درباره ریتم قلب، هدایت الکتریکی و نشانه‌های ایسکمی فراهم می‌کند. در سیستم‌های پوشیدنی اغلب از پیکربندی‌های ساده‌تر با تعداد الکترودهای کمتر استفاده می‌شود تا راحتی کاربر حفظ گردد.

تغییرات حجم خون محیطی (PPG): این سیگنال نوری، تغییرات حجم خون در رگ‌های خونی زیرپوستی را اندازه‌گیری می‌کند. یک حسگر PPG شامل یک منبع نور (معمولاً LED) و یک آشکارساز نوری (فتودیود) است که میزان نور جذب‌شده یا بازتاب‌یافته را ثبت می‌کند. با هر تپش قلب، حجم خون و در نتیجه میزان جذب نور تغییر می‌کند و این تغییرات به‌صورت یک موج نمایش داده می‌شود. از سیگنال PPG می‌توان ضربان قلب، اشباع اکسیژن خون و حتی تخمین فشار خون و تنفس را استخراج کرد.

¹ Photoplethysmography

² Peripheral Capillary Oxygen

³ Blood Pressure

⁴ Respiration / Respiratory Rate

⁵ Electrocardiogram

اشباع اکسیژن خون (SpO_2): این پارامتر درصد هموگلوبین اشباع‌شده با اکسیژن را نشان می‌دهد و با استفاده از پالس‌اکسیمتری مبتنی بر سیگنال PPG اندازه‌گیری می‌شود.

فشار خون (BP): فشار وارد بر دیواره رگ‌های خونی در طول چرخه قلبی است. روش‌های غیرتهاجمی سنتی مبتنی بر کاف هستند، اما سیستم‌های نوین به‌دنبال تخمین پیوسته فشار خون بدون کاف از طریق تحلیل سیگنال‌های PPG (مانند روش زمان عبور پالس یا تحلیل شکل موج) هستند.

تنفس (Resp): تعداد تنفس در دقیقه را نشان می‌دهد. الگوریتم‌های پیشرفته می‌توانند سیگنال تنفس را از سیگنال‌های ECG (با روش EDR^1) یا PPG (با روش PDR^2) استخراج کنند، زیرا تنفس بر این سیگنال‌ها مدولاسیون ایجاد می‌کند. برای مثال، تنفس باعث تغییر دامنه (AM^3)، فرکانس ضربان قلب (FM^4) و خط پایه سیگنال (BM^5) PPG می‌شود.

2. تبدیل آنالوگ به دیجیتال (ADC)⁶

جهان واقعی آنالوگ است، اما ریزپردازنده‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی تنها با داده‌های گسسته دیجیتال کار می‌کنند. مبدل آنالوگ به دیجیتال پلی میان این دو جهان است. فرآیند تبدیل شامل سه مرحله اصلی است:

نمونه‌برداری (Sampling): سیگنال پیوسته آنالوگ در فواصل زمانی مشخص اندازه‌گیری می‌شود. طبق قضیه نمونه‌برداری نایکوئیست، نرخ نمونه‌برداری باید حداقل دو برابر بالاترین فرکانس موجود در سیگنال باشد تا از دست‌رفتن اطلاعات جلوگیری شود.

کوانتیزاسیون (Quantization): هر نمونه اندازه‌گیری‌شده به نزدیک‌ترین سطح ولتاژ مجاز در یک مجموعه محدود و گسسته نگاشت می‌شود. این عمل خطای کوانتیزاسیون ایجاد می‌کند.

¹ ECG-Derived Respiration

² PPG-Derived Respiration

³ Amplitude Modulation

⁴ Frequency Modulation

⁵ Baseline Modulation

⁶ Analog-to-Digital Converter

رمزگذاری (Encoding): به هر سطح کوانتیزه‌شده یک کد باینری (دنباله‌ای از صفر و یک) اختصاص داده می‌شود.

رزولوشن یک مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC) که با واحد بیت بیان می‌شود، مشخص می‌کند سیگنال آنالوگ به چند سطح مجزا تقسیم می‌شود. برای مثال، یک ADC ده‌بیتی سیگنال را به $2^{10} = 1024$ سطح مختلف (معادل ۲ به توان ۱۰) تبدیل می‌کند؛ این یعنی دستگاه می‌تواند 1024 مقدار متفاوت را از هم تشخیص دهد. هرچه تعداد بیت‌ها بیشتر باشد، دقت تبدیل بالاتر می‌رود و خطای ناشی از گرد کردن مقدار واقعی به نزدیک‌ترین سطح مجاز (که به آن خطای کوانتیزاسیون می‌گویند) کمتر می‌شود. انتخاب رزولوشن مناسب به نیاز کاربرد پزشکی بستگی دارد؛ در دستگاه‌های پوشیدنی معمولاً از ADCهای ۱۰ یا ۱۲ بیتی استفاده می‌شود، زیرا تعادلی مناسب میان دقت، سرعت و مصرف انرژی ایجاد می‌کنند. انواع مختلفی از مبدل‌ها وجود دارند که هر کدام تعادل متفاوتی میان این سه عامل برقرار می‌سازند.

کاربردهای پزشکی	رزولوشن معمول	سرعت نمونه‌برداری	ویژگی اصلی	مبدل (ADC) / مبدل
سیستم‌های پایش، میکروکنترلرهای حسگرها، دستگاه‌های کاشتنی	۱۰ تا ۱۶ بیت	متوسط تا بالا	تعادل خوب بین سرعت، دقت و توان مصرفی	SAR
سیگنال‌های صوتی با کیفیت بالا، تجهیزات دقیق اندازه‌گیری پزشکی	۱۶ تا ۲۴ بیت	پایین تا متوسط	دقت و رزولوشن بسیار بالا در عین سرعت پایین‌تر	Sigma-Delta
کاربردهای خاص با سرعت بالا (مثل برخی سیستم‌های تصویربرداری)	پایین (تا ۸ بیت)	بسیار بالا	سرعت بالاترین	Flash
تجهیزات پیشرفته تصویربرداری و پردازش سیگنال	۸ تا ۱۴ بیت	بالا (MS/s)	تعادل خوب میان سرعت بالا و رزولوشن متوسط	Pipelined

جدول ۱-۱: مقایسه انواع مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال پرکاربرد در تجهیزات پزشکی

جمع‌بندی: درک عمیق از ماهیت فیزیولوژیک سیگنال‌های حیاتی و اصول تبدیل آنها، پیش‌نیاز طراحی سیستم‌های پایش هوشمند است. انتخاب صحیح پارامترهای تبدیل مانند نرخ نمونه‌برداری و رزولوشن،

تأثیر مستقیمی بر کیفیت داده‌های ورودی به الگوریتم‌های هوش مصنوعی و در نهایت، دقت تشخیص و پیش‌بینی بالینی دارد. چالش‌هایی نظیر حرکت بیمار (آرتیفکت حرکتی) کیفیت سیگنال‌های دریافتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که نیازمند تکنیک‌های پیشرفته‌ای برای نویززدایی و بازسازی است؛ موضوعی که در درس سوم به آن پرداخته خواهد شد.

درس ۲: استانداردهای ارتباطی و معماری داده پردازی در اینترنت اشیا پزشکی

شامل پروتکل‌های BLE، Zigbee، MQTT^۱ و استاندارد های FHIR^۲/HL7^۳

پس از تبدیل سیگنال‌های حیاتی به داده‌های دیجیتال، گام حیاتی بعدی، انتقال امن، قابل اطمینان و استاندارد این داده‌ها از حسگرهای پوشیدنی تا گوشی هوشمند، دروازه خانه و نهایتاً سرورهای پردازش در فضای ابری است. این درس به بررسی پروتکل‌های ارتباطی و معماری داده‌پردازی می‌پردازد که ستون فقرات هر سیستم پایش از راه دور را تشکیل می‌دهند.

1. پروتکل‌های ارتباطی در لایه حسگر و دروازه

در نزدیک‌ترین لایه به بیمار، حسگرها و دستگاه‌های پوشیدنی با محدودیت‌های شدید توان مصرفی، اندازه و هزینه مواجه‌اند. به همین دلیل، پروتکل‌های ارتباطی کوتاه‌برد با مصرف انرژی پایین در این لایه غالب هستند:

Bluetooth Low Energy (BLE)

این پروتکل به‌عنوان گزینه غالب در دستگاه‌های پوشیدنی و تلفن‌های هوشمند شناخته می‌شود. مصرف بسیار کم انرژی، آن را برای انتقال مداوم داده‌هایی مانند سیگنال‌های ECG و PPG ایده‌آل می‌سازد و با بهینه‌سازی‌های پیشرفته می‌توان عمر باتری را به چند هفته یا بیشتر افزایش داد. معماری مدرن BLE امکان اتصال چندین حسگر به یک دروازه مرکزی (مانند گوشی هوشمند یا دروازه خانه) را فراهم می‌کند و با ارائه پروفایل‌های استاندارد، توسعه‌پذیری را تسهیل می‌نماید.

¹ Message Queuing Telemetry Transport

² Bluetooth Low Energy

³ Fast Healthcare Interoperability Resources

⁴ Health Level Seven

Zigbee: این پروتکل بر اساس استاندارد ۸۰۲.۱۵.۴^۱ IEEE، برای کاربردهایی با نرخ داده پایین‌تر و شبکه‌های مش (Mesh) طراحی شده است. توانایی ایجاد شبکه‌های خودسازمان‌ده با پوشش وسیع‌تر، آن را برای اتصال حسگرهای متعدد در محیط منزل (مانند حسگرهای دما، رطوبت و حرکت) مناسب می‌سازد، هرچند مصرف انرژی آن نسبت به BLE بیشتر است.

۲. لایه میانی و انتقال به ابر (Middleware)

داده‌های جمع‌آوری‌شده در دروازه خانه باید برای پردازش و ذخیره‌سازی به سرورهای ابری ارسال شوند. در این لایه، پروتکل‌های سطح برنامه کاربردی نقش کلیدی ایفا می‌کنند.

MQTT؛ این پروتکل سبک‌وزن مبتنی بر مدل انتشار-اشتراک (Publish-Subscribe)، به‌عنوان انتخاب اول برای سیستم‌های اینترنت اشیا پزشکی شناخته می‌شود. سربار بسیار کم آن، آن را برای انتقال داده در بسترهایی با پهنای باند محدود و ناپایدار (مثل شبکه خانگی) ایده‌آل می‌سازد. یک مطالعه‌ی اخیر نشان داده است که استفاده از MQTT با رمزنگاری پیشرفته، می‌تواند تأخیر انتقال را در حد چند میلی‌ثانیه نگه دارد. کیفیت خدمات (QoS)^۲ در MQTT، سطوح مختلفی از تضمین تحویل پیام را ارائه می‌دهد که برای هشدارهای حیاتی، سطح بالاتر QoS ضروری است.

مدیریت ناهمگونی و معماری سه‌لایه:

پیاده‌سازی موفق مستلزم چارچوبی است که ناهمگونی پروتکل‌ها را مدیریت کند. معماری‌های مدرن داده‌های BLE و Zigbee را در دروازه خانه دریافت کرده، پس از یکپارچه‌سازی از طریق MQTT به فضای ابری ارسال می‌کنند. رویکرد رایج امروز، معماری سه‌لایه (دستگاه – لبه/دروازه – ابر) است که با توزیع پردازش بین لایه لبه و ابر، تأخیر را کاهش داده و از سرورهای ابری برای تحلیل‌های سنگین‌تر استفاده می‌کند.

۳. استانداردهای معنایی برای قابلیت‌هم‌کاری در سطح بالین (HLV/FHIR)

^۱ Institute of Electrical and Electronics Engineers

^۲ Quality of Service

ارسال بایتهای خام داده برای سیستمهای بالینی کاربرد محدودی دارد. دادهها باید دارای ساختار و معنای استاندارد باشند تا در سیستمهای اطلاعات بیمارستان (HIS)^۱ و نرمافزارهای پزشکی قابل درک و استفاده باشند.

HL7 FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources): این استاندارد مدرن، بهعنوان زبان مشترک دادههای سلامت شناخته میشود و از API^۲ های مبتنی بر وب (RESTful)^۳ برای تبادل داده استفاده میکند. هدف اصلی FHIR، ایجاد قابلیتهمکاری (Interoperability) است تا دادههای پایش از راه دور، بدون نیاز به تغییر در ساختار، در نرمافزارهای مختلف قابل نمایش باشند.

چالش قابلیتهمکاری:

با وجود استانداردهایی مانند FHIR، چالش اصلی در پیادهسازی، عدم پذیرش یکدست آنهاست. هر مؤسسه درمانی ممکن است نسخه سفارشی شدهای را پیادهسازی کند که سازگاری بین سیستمها را دشوار میسازد. مطالعات نشان میدهند که موانع قابلیتهمکاری همچنان پابرجاست و میتواند منجر به قطع ارتباط بخشی از بیماران با سیستمهای پایش از راه دور شود. این موضوع ضرورت پیادهسازی دقیق استانداردها و استفاده از رویکردهایی مانند SMART on FHIR را برای یکپارچهسازی امن و کارآمد پررنگ میکند.

جمعبندی و نگاه به آینده

انتخاب درست پروتکلهای ارتباطی (Zigbee, BLE و MQTT) و پایبندی به استانداردهای معنایی مانند FHIR، نه تنها یک الزام فنی بلکه یک ضرورت بالینی برای موفقیت پایش از راه دور است. در درس بعدی به یکی از چالشهای بزرگ پس از دریافت دادهها، یعنی مدیریت، نویززدایی و بازسازی هوشمند سیگنالهای حیاتی با استفاده از شبکههای عصبی خواهیم پرداخت.

^۱ Hospital Information System

^۲ Application Programming Interface

^۳ Representational State Transfer

درس ۳: مدیریت کلان‌داده‌های زیستی، نويززدایی تطبیقی و بازسازی سیگنال با شبکه‌های عصبی اتوکدکتر

داده‌های خام دریافتی از حسگرهای پوشیدنی در محیط پویای منزل، به‌ندرت سیگنال‌های حیاتی خالص و بی‌نویز هستند. آرتیفکت‌های حرکتی ناشی از فعالیت‌های روزمره، نویز شبکه برق، تداخل ماهیچه‌ای و تغییرات شرایط تماس پوست با حسگر، همگی سیگنال‌های ثبت‌شده را آلوده می‌سازند. این آلودگی‌ها اگر پیش از ورود به الگوریتم‌های تشخیصی به‌درستی حذف نشوند، دقت مدل‌های هوش مصنوعی را به‌شدت کاهش می‌دهند. بنابراین مدیریت کلان‌داده‌های زیستی و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته نويززدایی، گامی حیاتی در زنجیره پردازش سیگنال‌های حیاتی محسوب می‌شود.

۱. ماهیت و چالش‌های نویز در محیط منزل

برخلاف محیط کنترل‌شده بیمارستانی، پایش در منزل با منابع نویز متعدد و غیرقابل‌پیش‌بینی مواجه است. این منابع را می‌توان در دو دسته کلی طبقه‌بندی کرد:

نویزهای پایدار (Stationary Noise) : مانند نویز ۵۰ هرتز ناشی از شبکه برق شهری که فرکانس مشخصی دارد و حذف آن با فیلترهای معمولی نسبتاً ساده‌تر است.

نویزهای ناپایدار (Non-stationary Noise) : بزرگ‌ترین چالش در پایش از راه دور، نویزهای ناشی از حرکت بیمار (Motion Artifact) و تغییرات ناگهانی در تماس حسگر با پوست است. این نویزها ماهیت تصادفی و وابسته به زمان دارند، با فرکانس‌های متغیر ظاهر می‌شوند و روش‌های کلاسیک فیلترینگ فرکانسی را با ناکارآمدی مواجه می‌سازند.

۲. رویکردهای نويززدایی: از روش‌های کلاسیک تا یادگیری ماشین

برای مقابله با این چالش، طیفی از رویکردها توسعه یافته‌اند. روش‌های کلاسیک نظیر فیلترهای وفقی خطی (Adaptive Linear Filters) که با الگوریتم‌هایی مانند Least Mean Squares وزن‌های خود را تنظیم می‌کنند، عملکرد مناسبی در حذف نویزهای پایدار دارند؛ اما در مواجهه با