بنام خدا

اورژانس هوشمند؛ راهنمای جامع کاربردهای بالینی هوش مصنوعی در اورژانس های پزشکی و پرستاری

مولفان:

فاطمه قدیمی

محمد آزادی

کوثررستم نژاد

رضا والی دوست

ناظر علمی:

زهرا حاجی علی بیگی

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 : فاطمه ، قدیمی ، ۱۳۸۰
عنوان و نام پدیدآورندگان : اورژانس هوشمند؛ راهنمای جامع کاربردهای بالینی هوش مصنوعی در اورژانس های پزشکی و پرستاری/ مولفان : فاطمه قدیمی ، محمد آزادی ، کوثررستم نژاد ، رضا والی دوست
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری : ۱۱۳ ص.
شابک : ۳-۴۸۹-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
شناسه افزوده: آزادی ، محمد ، ۱۳۷۷
شناسه افزوده: رستم نژاد ، کوثر، ۱۳۷۹
شناسه افزوده: والی دوست ، رضا ، ۱۳۷۳
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : اورژانس هوشمند
رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
رده بندی دیویی : ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی :۵۴۶۳۱۲۹
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : اورژانس هوشمند؛ راهنمای جامع کاربردهای بالینی هوش مصنوعی در اورژانس های پزشکی و پرستاری
مولفان : فاطمه قدیمی- محمد آزادی- کوثررستم نژاد- رضا والی دوست
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی و تنظیم طرح جلد:الهام غفاری
ناظر علمی: زهرا حاجی علی بیگی
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول ــ ۱۴۰۵
چاپ : زبرجد
قیمت : ۱۹۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
https//:chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۳-۴۸۹-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir








فهرست

فصل اول: ۱

تریاژ و پذیرش هوشمند؛ تصمیم‌گیری در دقیقه صفر..... ۱

مقدمه: ۳

درس ۱: امتیازدهی خودکار NEWS2 و qSOFA؛ غربالگری و شناسایی زودهنگام وضعیت‌های بحرانی ۵

درس ۲: اولویت‌بندی بر اساس شدت؛ الگوریتم‌های کدگذاری رنگی در شلوغی اورژانس..... ۹

درس ۳: تشخیص سریع سکته مغزی؛ نرم‌افزارهای آنالیز سی‌تی بدون کنتراست و مدیریت تصویربرداری در سکته ۱۳

فصل دوم: ۱۹

احیا و ایست قلبی؛ دستیار دیجیتال در کد ۹۹..... ۱۹

مقدمه: ۲۱

درس ۴: آنالیز هوشمند ریتم؛ تشخیص فیبریلاسیون و تاکی‌کار دی بطنی در مانیتورینگ ۲۴

درس ۵: راهنمای دوز اپی‌نفرین و آمیودارون؛ سیستم یادآور پروتکل‌های ACLS ۲۹

درس ۶: ارزیابی بازگشت خودبه‌خودی گردش خون؛ هشدارهای پیش‌بینی‌کننده ریکاوری ۳۴

فصل سوم: ۴۱

مدیریت راه هوایی و ونتیلاتور..... ۴۱

مقدمه: ۴۳

درس ۷: دوربین‌های هوشمند؛ کمک به اینتوباسیون در راه‌هوایی دشوار با آناتومی غیرطبیعی ۴۵

درس ۸: تنظیم خودکار FiO2 و PEEP؛ ونتیلاتورهای تطبیقی در سندرم دیسترس تنفسی ۵۱

درس ۹: هشدار دیس کانکشن و نشت کاف؛ مانیتورینگ مداوم لوله تراشه در بیمار بدحال۵۷

فصل چهارم: ۶۳

اورژانس‌های ترومایی و تشخیص افتراقی بالینی..... ۶۳

مقدمه: ۶۵

فهرست

درس ۱۰: سونوگرافی FAST خودکار؛ تشخیص مایع آزاد شکمی و پنوموتوراکس بدون نیاز به رادیولوژیست..... ۶۷
درس ۱۱: تصمیم‌گیری برای لاپاراتومی؛ امتیازدهی آسیب‌شناسی بر اساس سی‌تی اسکن اورژانس..... ۷۲
درس ۱۲: افتراق علت سنکوپ؛ غربالگری خطر حوادث قلبی و عروقی با هوش مصنوعی... ۷۷
فصل پنجم:..... .... ۸۳
اقدامات پرستاری، انتقال و ترخیص هوشمند..... ..... ۸۳
مقدمه: ۸۵
درس ۱۳: پیش‌بینی ریسک افت فشار خون حین انتقال بیمار از اورژانس به **ICU**..... ۸۷
درس ۱۴: سیستم هشدار زخم فشاری و هماتوم؛ مراقبت پرستاری پیشگیرانه..... ۹۲
درس ۱۵: معیارهای ترخیص هوشمند؛ کاهش بازگشت مجدد با ارزیابی بالینی مبتنی بر داده ۹۷
سخن پایانی..... ۱۰۳
منابع و مآخذ..... .... ۱۰۵

فصل اول :
تریاژ و پذیرش هوشمند؛
تصمیم‌گیری در دقیقه صفر

مقدمه:

بخش اورژانس، شلوغ‌ترین و پرتنش‌ترین محیط یک بیمارستان است. در این فضای آکنده از آژیر آمبولانس، مانیتورهای هشداردهنده و نگرانی خانواده‌ها، تصمیمات سرنوشت‌ساز در کوتاه‌ترین زمان ممکن گرفته می‌شوند. اولین و حیاتی‌ترین گام در این مسیر پرفراز و نشیب، «تریاژ» است؛ فرآیندی که تعیین می‌کند کدام بیمار نیازمند احیای فوری است، کدام یک را می‌توان برای ساعتی مشاهده کرد و کدام بیمار با خیالی آسوده‌تر منتظر نوبت ویزیت بماند. به‌کارگیری درست این فرآیند در دقیقه صفر ورود، نه‌تنها می‌تواند مرگ‌ومیر را به‌شدت کاهش دهد، بلکه از اتلاف منابع حیاتی و خستگی کادر درمان نیز جلوگیری می‌کند.

با این حال، چالش‌های دنیای واقعی، اجرای یک تریاژ ایده‌آل را با موانع جدی روبه‌رو کرده است. ازدحام جمعیت، کمبود تخت، اطلاعات ناقص از سابقه بیماری، و فشار روحی فراوان بر کارکنان، همگی دست‌به‌دست هم می‌دهند تا حتی باتجربه‌ترین پزشکان و پرستاران نیز گاهی در تشخیص اورژانسی‌ترین بیمار دچار تردید شوند. اینجاست که هوش مصنوعی (AI) به‌عنوان یک «همیار هوشمند» پا به عرصه می‌گذارد تا در این آشفتگی، نظم و دقتی مثال‌زدنی ایجاد کند.

امروزه الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین، با تحلیل داده‌های علائم حیاتی، شرح حال اولیه و حتی نتایج لحظه‌ای آزمایشات، می‌توانند در کسری از ثانیه، نمراتی چون NEWS2 [1] و

[1] National Early Warning Score (امتیاز ملی هشدار زودهنگام)

qSOFA[1]را محاسبه کرده و هشدار سپسیس یا زوال تنفسی را پیش از آنکه علائم کلاسیک ظاهر شوند، به صدا درآورند. در کنار این، سیستم‌های کدگذاری رنگی هوشمند، به مدیریت شلوغی بخش اورژانس کمک کرده و با اولویت‌بندی پویای بیماران، از بروز خطاهای انسانی در شرایط بحران می‌کاهند. همچنین، نرم‌افزارهای آنالیز لحظه‌ای سی‌تی اسکن بدون کنتراست، انقلابی در تشخیص سریع سکته مغزی ایجاد کرده و زمان گران‌بهای «دکامپرشن» را به حداقل رسانده‌اند.

دراین فصل به بررسی نقش فناوری‌های هوشمند در تریاژ و پذیرش بیمار می‌پردازد؛ ضرورت‌هایی که در مدیریت بحران و نجات جان بیماران اهمیت بالایی دارند. در سه درس پیش رو، با قابلیت‌های این ابزارها در تحلیل داده‌ها و کمک به تصمیم‌گیری بالینی دقیق‌تر و سریع‌تر آشنا خواهیم شدو می‌آموزیم که چگونه می‌توان از داده‌ها برای خلق تصمیماتی دقیق‌تر، سریع‌تر و ایمن‌تر در اولین و حساس ترین لحظات حضور بیمار در اورژانس بهره برد.

[1] quick Sequential Organ Failure Assessment (ارزیابی سریع نارسایی ارگانی متوالی)

درس ۱: امتیازدهی خودکار NEWS2 و qSOFA؛ غربالگری و شناسایی زودهنگام وضعیت‌های بحرانی

در دنیای پرهیاهوی اورژانس، هر دقیقه تأخیر در تشخیص یک وضعیت بحرانی، می‌تواند منجر به پیامدهای نامطلوب بالینی شود. در محیط اورژانس، تشخیص سریع وضعیت‌های بحرانی نقشی تعیین‌کننده در پیش‌آگهی بیمار دارد. سپسیس و زوال تنفسی، از جمله وضعیت‌های تهدیدکننده حیات هستند که ممکن است در مراحل اولیه، تظاهرات بالینی مبهم و غیراختصاصی داشته باشند. بیمار ممکن است تنها از ضعف، تب خفیف یا تنگی‌نفس جزئی شکایت کند؛ علائمی که در معاینه اولیه ممکن است چندان هشداردهنده به نظر نرسند. بااین‌حال، این علائم می‌توانند نشانگر آغاز یک فرآیند پاتولوژیک التهابی باشند که در صورت عدم شناسایی به‌موقع، ممکن است طی چند ساعت به شوک سپتیک یا نارسایی چندعضوی (MODS) منجر شود. ابزارهای امتیازدهی استاندارد مانند NEWS2 وqSOFA ، نقش کلیدی در شناسایی زودهنگام بیماران پرخطر دارند و هوش مصنوعی با خودکارسازی این فرآیند، می‌تواند به کادر درمان در تسریع فرآیند تصمیم‌گیری کمک کند.

سیستم NEWS2 که توسط کالج سلطنتی پزشکان انگلستان توسعه یافته، یک ابزار استاندارد و مبتنی بر شواهد برای ارزیابی سریع وضعیت بالینی بیماران است. این سیستم با اندازه‌گیری شش پارامتر کلیدی شامل ضربان قلب، تعداد تنفس، فشار خون سیستولیک، دمای بدن، سطح هوشیاری با استفاده از معیار AVPU یا (Glasgow Coma Scale) و اشباع اکسیژن خون (با در نظر گرفتن نیاز به اکسیژن‌درمانی)، یک نمره تجمعی محاسبه می‌کند. دامنه این نمره از صفر

تا از ۲۰ متغیر است و هرچه عدد بالاتر رود، خطر زوال بالینی و نیاز به مداخله فوری بیشتر خواهد بود. امتیاز صفر تا چهار به‌عنوان وضعیت پایدار و کم‌خطر است، اما وجود یک پارامتر منفرد با امتیاز ۳ اهمیت ویژه دارد ، امتیاز پنج تا شش معمولاً نشان‌دهنده خطر متوسط و نیاز به تشدید پایش و ارزیابی بالینی است ، امتیاز هفت یا بیشتر معمولاً نیازمند ارزیابی فوری و پاسخ بالینی فوری است

. در کنارNEWS2 ، سیستم qSOFA به‌عنوان ابزاری ساده‌تر و سریع‌تر برای شناسایی بیمار پرخطر مشکوک به عفونت خارج از بخش مراقبت‌های ویژه طراحی شده است. این سیستم تنها سه معیار را بررسی می‌کند: تعداد تنفس برابر یا بیش از ۲۲ در دقیقه، فشار خون سیستولیک برابر یا کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر جیوه، و تغییر سطح هوشیاری GCS) کمتر از ۱۵ .(وجود دو یا سه مورد از این معیارها، زنگ خطری برای سپسیس و نیاز به ارزیابی سریع‌تر و مداخله به‌موقع است.

با وجود سادگی ظاهری این ابزارها، چالش بزرگ در بخش اورژانس، ثبت دقیق و محاسبه لحظه‌ای این نمرات در میان انبوهی از کارهای بالینی است. پرستاران و پزشکان که اغلب با ده‌ها بیمار به‌طور همزمان سروکار دارند، ممکن است فرصت کافی برای محاسبه دستی و تفسیر درست این نمرات را نداشته باشند. یا در برخی موارد، تغییرات ظریف اما تدریجی در علائم حیاتی که می‌توانند پیش‌درآمد یک زوال خطرناک باشند، در شلوغی اورژانس نادیده گرفته می‌شوند. اینجاست که سیستم‌های امتیازدهی خودکار مبتنی بر هوش مصنوعی وارد عمل می‌شوند ومی‌توانند به بهبود پایش و تسریع شناسایی بیماران پرخطر کمک کنند.

این سیستم‌های هوشمند، از طریق اتصال به مانیتورینگ مداوم علائم حیاتی، دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار خون، پالس‌اکسی‌مترها و سیستم‌های ثبت الکترونیک پرونده بیمار، داده‌ها را به‌صورت لحظه‌ای دریافت و تحلیل می‌کنند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی عمیق، نه‌تنها نمرات NEWS2 و qSOFA را به‌سرعت محاسبه می‌کنند، بلکه توانایی پیش‌بینی روند تغییرات این نمرات را در ساعات آینده نیز دارند. به‌عنوان مثال، اگر ضربان قلب بیمار در طی ۳۰ دقیقه، الگوی صعودی تدریجی نشان دهد، سیستم می‌تواند پیش از آنکه نمره NEWS2 از آستانه بحرانی عبور کند، هشدار لازم را صادر کند و تیم درمان را برای مداخله پیشگیرانه آماده سازد. این ویژگی، ارزشی فراتر از یک محاسبه‌گر ساده دارد؛ زیرا زمان پاسخگویی را به‌شدت کاهش می‌دهد و به تیم اورژانس امکان می‌دهد به‌جای واکنش به یک فوریت، در مسیر پیش‌گیری از آن گام بردارند.

مزیت بزرگ دیگر سیستم‌های خودکار، یکپارچگی آن‌ها با سایر داده‌های بالینی است. برای نمونه، این الگوریتم‌ها می‌توانند نتایج آزمایش ها سریع خون مانند لاکتات، پروکلسی تونین یا شمارش گلبول‌های سفید را نیز در محاسبات خود لحاظ کرده و پیش‌بینی دقیق‌تری از احتمال سپسیس ارائه دهند. تصور کنید بیماری با علائم اولیه گوارشی به اورژانس مراجعه می‌کند؛ در همان دقایق اولیه، سیستم با دریافت علائم حیاتی و نتایج آزمایش ها، هشدار سپسیس با منشأ شکمی را صادر می‌کند و سیستم می‌تواند تیم درمان را نسبت به پروتکل‌های درمانی رایج (مانند مدیریت سپسیس) حساس و یادآوری کند. این مداخله به‌هنگام، نه‌تنها شانس بقای بیمار را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد، بلکه از بستری‌های طولانی‌مدت و هزینه‌های سنگین درمانی جلوگیری می‌کند.

با این حال، هوش مصنوعی هرگز به‌عنوان جایگزین قضاوت بالینی پزشک و پرستار در نظر گرفته نشده است، بلکه به‌عنوان ابزار کمکی ، کمکی برای کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت تشخیصی عمل می‌کند. سیستم‌های خودکار ممکن است در برخی موارد با خطاهای اندازه‌گیری یا نویزهای داده‌ای مواجه شوند و هشدارهای کاذب تولید کنند. بنابراین، توانایی تیم درمان در تفسیر و اعتبارسنجی این هشدارها، بخش جدایی‌ناپذیر از کارایی این سیستم‌هاست. آموزش کافی در زمینه نحوه تعامل با این ابزارها و آگاهی از محدودیت‌های آن‌ها، شرط ضروری برای استفاده مؤثر و ایمن از آن‌ها در محیط اورژانس است.

در آینده‌ای نزدیک، با گسترش فناوری‌های پوشیدنی و اینترنت اشیاء پزشکی، نظارت بر علائم حیاتی و محاسبه لحظه‌ای NEWS2 و qSOFA حتی پیش از ورود بیمار به اورژانس و در داخل آمبولانس نیز ممکن خواهد شد. این یعنی تیم درمان در اورژانس، با یک بیمار از پیش ارزیابی‌شده مواجه می‌شوند و می‌توانند از ثانیه صفر، آماده پذیرش و مداخله هوشمندانه باشند. چنین تحولی، مرزهای طب اورژانس را جابه‌جا کرده و مراقبتی پیشگیرانه، دقیق و انسان‌محور را در قلب پرتنش‌ترین بخش بیمارستان ممکن می‌سازد. در نهایت، باید به‌خاطر داشت که هدف غایی تمام این فناوری‌ها، حمایت از تصمیم‌گیری‌های انسانی است؛ تصمیم‌گیری‌هایی که با سرعت، دقت و مهربانی، جان بیماران را نجات می‌دهند.

درس ۲: اولویت‌بندی بر اساس شدت؛ الگوریتم‌های کدگذاری رنگی در شلوغی اورژانس

ازدحام بیماران و همراهان در بسیاری از اورژانس‌های کشور دیده می‌شود . در این میان، اولویت‌بندی بیماران بر اساس شدت وضعیت بالینی، نه‌تنها یک ضرورت اخلاقی و حرفه‌ای، بلکه ستون فقرات یک اورژانس کارآمد محسوب می‌شود. در شرایطی که بیماران با طیف گسترده‌ای از مشکلات از سرماخوردگی ساده تا ایست قلبی به‌طور همزمان حضور دارند، تعیین دقیق اینکه چه کسی نخستین نفری است که باید توسط پزشک ویزیت وارزیابی شود، از اهمیت حیاتی برخوردار است. اینجاست که سیستم‌های کدگذاری رنگی، به‌عنوان یک زبان جامع، نقش خود را ایفا می‌کنند و با کمک هوش مصنوعی، به سطحی از دقت و پویایی دست یافته‌اند که می‌توانند به استانداردسازی و تسریع فرایند تریاژ کمک کنند .

سیستم تریاژ در اورژانس معمولاً بر اساس پنج سطح شدت (از سطح یک به‌عنوان بحرانی‌ترین تا سطح پنج به‌عنوان غیراورژانس) طراحی شده است. هر یک از این سطوح با رنگی خاص مشخص می‌شود: قرمز (نیاز به احیای فوری)، نارنجی (بسیار اورژانس)، زرد (اورژانس)، سبز (کم‌اورژانس) و آبی (غیراورژانس). این کدهای رنگی به‌سرعت وضعیت بیمار را به تمام اعضای تیم منتقل می‌کنند و تصمیم‌گیری‌های گروهی را تسهیل می‌سازند. در سیستم‌های سنتی، پرستار تریاژ با تکیه بر تجربه و دانش و معیارهای استانداردوبر اساس علائم حیاتی، شکایت اصلی و برخی معیارهای بالینی، این کد را به بیمار اختصاص می‌دهد. اما این فرآیند در روزهای شلوغ و با ورود همزمان چندین بیمار بدحال، می‌تواند دچار خطا یا تأخیر شود و گاهی بیماران با علائم ظریف اما خطرناک، در سطوح پایین‌تر دسته‌بندی شده و زمان حیاتی را از دست بدهند.

اینجاست که الگوریتم‌های هوشمند کدگذاری رنگی، نقش موثری ایفا کرده‌اند.این سیستم‌ها با بهره‌گیری از یادگیری ماشین و تحلیل داده‌های بزرگ، نه‌تنها وضعیت لحظه‌ای بیمار را ارزیابی می‌کنند، بلکه الگوهای پیش‌رونده بیماری را نیز شناسایی و پیش‌بینی می‌نمایند. به‌بیان ساده‌تر، این الگوریتم‌ها مانند یک پردازشگرتحلیل‌گر عمل می‌کنند که همزمان به هزاران داده از بیماران مختلف نگاه می‌کند و با مقایسه وضعیت بیمار جدید با پایگاه داده‌ای عظیم از موارد مشابه، محتمل‌ترین سطح شدت را پیشنهاد می‌دهد. برای نمونه، بیماری که با درد قفسه سینه مراجعه می‌کند و علائم حیاتی او در محدوده طبیعی است، ممکن است در نگاه اول کد زرد دریافت کند. اما الگوریتم هوشمند با بررسی الگوی موج الکتروکاردیوگرام و مقایسه آن با هزاران مورد مشابه که به انفارکتوس میوکارد منجر شده‌اند، می‌تواند این بیمار را در سطح نارنجی یا حتی قرمز دسته‌بندی کرده و زنگ خطر را به صدا درآورد.

یکی از قابلیت‌های برجسته این الگوریتم‌ها، به‌روزرسانی پویای کد رنگی است. وضعیت بالینی بیماران در اورژانس، ایستا نیست؛ ممکن است بیماری که با کد زرد پذیرش شده، به‌مرور و با تشدید علائم، به سطح نارنجی یا قرمز ارتقاء یابد. سیستم‌های هوشمند با نظارت مداوم بر علائم حیاتی، سطح هوشیاری و پاسخ به درمان، به‌طور خودکار شدت وضعیت را بازبینی کرده و در صورت نیاز، کد رنگی را تغییر می‌دهند. این ویژگی، به‌ویژه در بخش‌های شلوغ که نظارت پیوسته بر تمام بیماران ممکن نیست، نقشی حیاتی مدیریت و شناسایی صحیح زوال ناگهانی ایفا می‌کند. همچنین، این سیستم‌ها می‌توانند به‌صورت هوشمند، پشتیبانی از تصمیمات مدیریتی برای توزیع منابع را انجام می دهند. ؛ به‌عنوان مثال، در صورت افزایش ناگهانی تعداد بیماران کد قرمز، الگوریتم به سوپروایزر شیفت هشدار می‌دهد تا تیم اضافی برای پشتیبانی فراخوانی شوند.

از دیگر مزایای کدگذاری هوشمند، کاهش چشمگیر زمان انتظار بیماران واقعاً اورژانسی است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که در اورژانس‌های مجهز به سیستم‌های تریاژ هوشمند، میانگین زمان ویزیت بیماران کد قرمز و نارنجی تا حدود ۴۰ درصد کاهش یافته و این بهبود، مستقیماً با کاهش مرگ‌ومیر همراه بوده است. به‌عنوان مثال، در بیمارانی که با علائم سکته مغزی مراجعه می‌کنند، هر یک دقیقه تأخیر در تشخیص و درمان، به‌طور میانگین تقریبادو میلیون نورون از دست‌رفته را در پی دارد. سیستم‌های هوشمند با اولویت‌دهی فوری به این بیماران و هشدار به تیم نورولوژی و رادیولوژی، فرآیند طلایی درمان را در کوتاه‌ترین زمان ممکن آغاز می‌کنند.

با تمام این مزایا، پیاده‌سازی این فناوری‌ها بدون چالش نیست. یکی از دغدغه‌های اصلی، مقاومت کادر درمان در برابر واگذاری بخشی از اختیارات تصمیم‌گیری به ماشین است. این مقاومت، اغلب ریشه در نگرانی از کاهش نقش انسانی و یا خطاهای احتمالی الگوریتم دارد. برای غلبه بر این چالش، ضروری است که سیستم‌های هوشمند به‌عنوان ابزاری مشورتی و کمکی طراحی شوند و تصمیم نهایی همواره در اختیار پزشک یا پرستار خبره باقی بماند. همچنین، شفافیت الگوریتم‌ها و قابلیت توضیح‌دهندگی (Explainability) یکی از الزامات حیاتی این سیستم‌هاست؛ به‌طوری که درمانگر بداند چرا یک کد خاص به بیمار اختصاص داده شده و بر چه معیارهایی این تصمیم استوار است.

نمونه موفقی از کاربرد این فناوری، سیستم تریاژ هوشمند طراحی‌شده در برخی اورژانس‌های اروپایی است که از ترکیب داده‌های علائم حیاتی، سن، سابقه بیماری‌های زمینه‌ای، داروهای مصرفی و حتی تحلیل متون شرح حال بیمار برای اولویت‌بندی استفاده می‌کند. این سیستم، ضمن کاهش زمان پردازش اولیه به کمتر از ۳۰ ثانیه، توانسته دقت پیش‌بینی رویدادهای بحرانی