مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
دوره ۲۴، شماره ۴، تیر ۱۳۹۵
صفحه: ۲۹۵-۲۸۶

Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
Vol. 24, No.4, Jun-Jul 2016
Pages: 286-295

پیش‌بینی مقدار کلسیم خون در بیماران خون‌ریزی گوارشی بستری در بخش مراقبت‌های ویژه با استفاده از متغیرهای بالینی و مدل‌سازی فازی

گلنار خلیلی‌زاده ماهانی*[۱]، محمدرضا پژوهان[۲]، ولی درهمی[۳]، اصغر خوشنود[۴]

چکیده

مقدمه: کاهش آزمایش‌های غیرضروری یک مساله اساسی در بخش مراقبت‌های ویژه می‌باشد. یکی از راه‌های کاهش آزمایش‌ها، پیش‌بینی مقدار آزمایش و استفاده از آن جهت تشخیص بهتر ضرورت انجام یک آزمایش است. هدف این مقاله، ارائه یک سیستم تصمیم‌یار برای پیش‌بینی مقادیر آزمایش‌ها می‌باشد. داده‌های مورد بررسی، مربوط به آزمایش کلسیم برای سه دسته بیماران خون‌ریزی گوارشی فوقانی، تحتانی و خون‌ریزی نامشخص گوارشی می‌باشد.

روش بررسی: داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از پایگاه داده MIMIC-II استخراج شده است. برای پیش‌بینی مقادیر آزمایش کلسیم از مدل فازی تاکاگی-سوگنو مرتبه صفر و متغیرهای ورودی ضربان قلب و مقدار قبلی آزمایش کلسیم استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان می‌دهد که مقدار آزمایش کلسیم برای بیماران مورد بررسی با دقت مطلوبی قابل پیش‌بینی است. میانگین قدر مطلق خطا برای سه دسته بیماران به ترتیب برابر ۰/۲۷، ۰/۲۹ و ۰/۲۸ است.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی فازی و دو متغیر ضربان قلب و مقدار قبلی کلسیم، سیستم تصمیم‌یاری برای پیش‌بینی مقدار آزمایش کلسیم مربوط به سه دسته از بیماران با خون‌ریزی گوارشی، طراحی شد. سیستم طراحی‌شده با استفاده از این دو متغیر بالینی دقت مطلوبی دارد و نتایج نشان‌دهنده قابلیت سیستم در پیش‌بینی مقدار آزمایش کلسیم است. جهت بهبود نتایج، می‌توان اثر متغیرهای بیشتری بر سیستم را بررسی کرد. همچنین از این جهت که سیستم ارائه‌شده به‌جای تشخیص ضرورت/عدم ضرورت آزمایش، به‌طور مستقیم مقدار آزمایش را پیش‌بینی می‌کند؛ نسبت به سایر روش‌ها عمومیت بیشتری دارد و به پزشک این امکان را می‌دهد تا برای هر بیمار با توجه به شرایط آن بیمار تصمیم‌گیری کند.

واژه‌های کلیدی: آزمایش‌های غیرضروری، بخش مراقبت‌های ویژه، پیش‌بینی مقدار آزمایش کلسیم، بیماران با خون‌ریزی گوارشی، مدل‌سازی فازی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی کامپیوتر-هوش مصنوعی (رباتیک)، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد
۲- استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد
۳- دانشیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد
۴- فوق تخصص گوارش و کبد، بیمارستان سیدالشهدا و بیمارستان گودرز، یزد
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن: ۳۵۳۱۲۳۲۳۵۸، نمابر: ۰۳۵۳۸۲۰۰۱۴۴، پست الکترونیکی: golnar.khalili@stu.yazd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۳۱

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

مقدمه

تجویز تست‌های آزمایشگاهی امری معمول در بیماران بستری در بیمارستان، بخصوص بیماران بستری در بخش مراقبت‌های ویژه (ICU= Intensive Care Unit) است. بیماران بستری در ICU باید تحت نظارت ویژه قرار گیرند و آزمایش‌های خون به طور مکرر تجویز می‌شوند. اما تحقیقات نشان می‌دهد تعداد قابل توجهی از این آزمایش‌ها غیرضروری است (۱).

اگرچه انجام آزمایش خون منفعت قابل توجهی دارد، اما ممکن است عواقبی نیز به همراه داشته باشد. برای مثال، انجام مکرر آزمایش‌ها ممکن است اثرات نامطلوبی در فرایند تشخیص و درمان داشته باشد (۲). هر چه دوره‌ی تناوب انجام یک آزمایش کوتاه‌تر باشد، احتمال وقوع نتایج خارج از محدوده طبیعی که در واقع در محدوده‌ی نرمال بوده‌اند؛ یعنی، نتایج مثبت کاذب ، بیشتر می‌شود (۱). همچنین برای آزمایشی همچون تحلیل (ABG= Arterial Blood Gas)، قرار دادن کاتتر(Catheter) ممکن است باعث درد، خون‌ریزی، ناهنجارهایی در رگ خون‌گیری‌شده و لخته‌شدن خون (Thrombosis) شود (۳). از طرف دیگر آزمایش‌های خون مکرر، هزینه‌های زیادی دارد. بنابراین کاهش آزمایش‌های غیرضروری یک مسئله مهم در ICU است.

از طرفی مطالعات نشان داده است که به علت محیط پویای ICU و دشواری تعیین آزمایش‌های غیرضروری، مداخلات پزشک برای کاهش آزمایش‌ها چندان موفق نبوده است (۴).

یکی از راهکارهای کاهش آزمایش‌های غیرضروری، استفاده از راهنما(Guideline) است. یک راهنما با توافق نظر کارکنان ICU، جراحان و پزشکان مشاور، تدوین شده و در اختیار پزشکان در بخش مراقبت‌های ویژه قرار می‌گیرد (۴). بدون استفاده از راهنما آزمایش‌های لازم بر اساس صلاحدید، دستور داده می‌شوند.

در تحقیق Kumwilaisak و همکاران، یک راهنما جهت بهینه‌سازی میزان استفاده از آزمایش خون برای بخش ICU جراحی طراحی شده است(۴). این تحقیق روی ۱۱۱۷ بیمار انجام شده است و بعد از اعمال راهنما، تعداد آزمایش‌ها به میزان ۳۷٪ (از ۶۴۳۰۵ آزمایش به ۴۰۸۷۷ آزمایش) کاهش داشته است. این نتایج در طول یک ماه حاصل شدند و در طول تحقیق و بعد از یک سال همچنان ثابت ماندند. قبل از اعمال راهنما در این ICU بررسی مقادیر هماتوکریت(Hematocrit) و الکترولیت(Electrolytes) همراه با آزمایش ABG انجام می‌شد. اما بعد از اعمال راهنما دیگر از آزمایش ABG برای به دست آوردن مقادیر آزمایشگاهی دیگر استفاده نشده و نرخ صدور این آزمایش به میزان ۵۰٪ کاهش داشته است. البته به تبع آن نرخ صدور برخی آزمایش‌ها بالا رفته ولی همچنان این نرخ نسبت به قبل از استفاده از راهنما پایین‌تر باقی مانده است.

اگرچه استفاده از راهنما تأثیر قابل توجهی در کاهش آزمایش‌های غیرضروری دارد اما تدوین راهنما، وقت متخصصان و بازبینی‌های دوره‌ای را می‌طلبد و از این جهت این راهکار زمان‌بر است و مستلزم کار زیادی است. همچنین در نوشتن راهنما، دانش متخصص نقش مهمی ایفا می‌کند و ممکن است پارامترهای مهمی از بیماران نادیده گرفته شوند.

یکی از روش‌هایی که برای حل چالش‌های این حوزه می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد، سیستم تصمیم‌یار پزشکی(Clinical Decision Support System) است. سیستم تصمیم‌یار پزشکی سیستمی است که با تحلیل داده‌های به‌دست‌آمده از بیماران قبلی به پزشک در روند تشخیص و درمان بیماران جدید یاری می‌رساند. با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌یار برای هر بیمار، به طور خاص پیشنهادی به پزشک ارائه می‌شود.

در تحقیق Khalifa و Khalid داده‌های مربوط به ۵۳۷۱۷۷ آزمایش انجام شده در طول شش ماه مربوط به بخش‌های مختلف یک بیمارستان مورد بررسی قرارگرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیش از ۱۱٪ از آزمایش‌های انجام‌شده غیرضروری است(۵). در این تحقیق بعد از تحلیل آماری داده‌ها برای کاهش آزمایش‌های غیرضروری، یک سیستم با دو رویکرد مبتنی بر کاربر و مبتنی بر سیستم پیشنهاد شده است.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

در رویکرد مبتنی بر کاربر، پزشکانی که شاخص تجویز آزمایش بالایی دارند به عنوان کاربران هدف انتخاب می‌شوند. این کاربران باید در ارتباط با اهمیت حذف آزمایش‌های غیرضروری و تأثیر آن در کیفیت مراقبت و هزینه‌ها آموزش داده شوند. در رویکرد مبتنی بر سیستم، در وهله اول پیشنهاد شده است که یک سیستم تصمیم‌یار پزشکی و یک سیستم هشدار پیاده‌سازی شود؛ چرا که این سیستم‌ها به کاهش آزمایش‌های غیرضروری و استفاده مناسب از آزمایش‌ها کمک می‌کنند. این سیستم‌ها زمانی که کاربر یک آزمایش را مجدداً تکرار می‌کند یا وقتی که آزمایشی را بیش از متوسط تکرار، تجویز می‌کند به کاربر هشدار می‌دهند. در وهله دوم، پیشنهادهایی جهت تغییر مؤلفه‌های سیستم موجود باید ارائه شود تا به کاهش آزمایش‌های گروهی و کاهش تکرار آزمایش‌ها کمک کند (۵).

در تحقیق Cismondi و همکاران، با استفاده از مدل‌سازی فازی و شبکه عصبی، سیستمی برای پیش‌بینی ضرورت آزمایش هماتوکریت در بیمارانی که در ناحیه معده-روده(Gastro-Intestinal Tract)خون‌ریزی دارند، طراحی شده است (۶). ضروری یا غیرضروری بودن آزمایش بر اساس سطح افت هماتوکریت است، یعنی اگر میزان هماتوکریت کمتر از ۳۵٪ باشد یا افتی به اندازه ۳ داشته باشد، آزمایش ضروری محسوب می‌شود، در غیر این صورت آزمایش غیرضروری است. در این حالت سیستم‌های طراحی شده با فازی تاکاگی-سوگنو(Takagi-Sugeno) و شبکه عصبی (MLP=Multi-Layer Perceptron) ضرورت آزمایش هماتوکریت را تا ۸۱٪ درست پیش‌بینی می‌کنند.

Cismondi و همکاران با توسعه و تکمیل کار قبلی خود، ۸ نوع آزمایشی را که برای بیماران با خون‌ریزی در ناحیه معده-روده به طور معمول تجویز می‌شوند؛ مورد بررسی قرار دادند (۱). در این تحقیق از مدل‌سازی فازی استفاده شده است و دقت پیش‌بینی ضرورت آزمایش‌ها به‌طور متوسط برای هر ۸ آزمایش ۸۰٪ است. این روش منجر به کاهش ۵۰ درصدی آزمایش‌ها شده است که در مقابل روش‌های استفاده از راهنما پیشرفت قابل ملاحظه‌ای است. از طرفی خطای منفی کاذب(False Negative) این سیستم به‌طور متوسط ۱۱/۵٪ است. این خطا به این معناست که در ۱۱/۵٪ موارد، سیستم به اشتباه، آزمایش را غیرضروری تشخیص می‌دهد.

در این مطالعه، هدف ارائه یک سیستم تصمیم‌یار برای پیش‌بینی مقادیر آزمایش‌ها جهت یاری به پزشک برای تشخیص ضرورت انجام آزمایش‌ها است. تفاوت این تحقیق با تحقیقات پیشین این است که تفاوت روش پیشنهادی با روش‌های قبلی در این است که هدف در اینجا تشخیص ضرورت آزمایش نیست. بلکه هدف، پیش‌بینی مقدار آزمایش با دقت قابل قبولی است که پزشک بتواند با توجه به شرایط هر بیمار و نتیجه پیش‌بینی‌شده برای ضرورت/عدم ضرورت یک آزمایش تصمیم‌گیری کند. این تحقیق بر روی بیماران با خون‌ریزی گوارشی فوقانی(Upper-Gastrointestinal Bleeding)، خون‌ریزی گوارشی تحتانی(-Lower Gastrointestinal Bleeding) و بیماران با خون‌ریزی نامشخص گوارشی(Hemorrhage of gastrointestinal tract, unspecified) انجام شده است. در تحقیقات (۱و۶) بیماران با خون‌ریزی گوارشی در هر ناحیه از معده و روده مورد بررسی قرار گرفتند. در این مطالعه، اما، سه دسته مختلف از بیماران خون‌ریزی گوارشی به‌طور مستقل بررسی می‌شوند. داده‌های مورد استفاده از پایگاه داده Multi Parameter Intelligent Monitoring in Intensive Care-II)= MIMIC-II) انتخاب شده است. علت انتخاب بیماران خون‌ریزی گوارشی، ناپایدار بودن وضعیت آن‌هاست. اگر سیستم برای این بیماران عملکرد خوبی داشته باشد، انتظار می‌رود برای بیماران با وضعیت پایدارتر نیز عملکرد مطلوبی داشته‌باشد (۱).

روش بررسی

برای ارائه یک سیستم تصمیم‌یار ابتدا باید داده‌ها جهت ساخت سیستم آماده شوند. سپس مدل پیش‌بینی با استفاده از داده‌ها ساخته می‌شود و برای ارزیابی سیستم، معیار مناسب تعریف و به کار گرفته می‌شود. در ادامه، مراحل ساخت سیستم به ترتیبی که ذکر شد شرح داده می‌شود.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

آماده‌سازی داده‌ها:

در این تحقیق داده‌های مربوط به سه دسته از بیماران با خون‌ریزی گوارشی بستری در ICU از پایگاه داده MIMIC-II استخراج شده است. این پایگاه داده به عنوان بخشی از بورس پژوهشی (BRP= Bioengineering Research Partnership) از موسسه (NIBIB= National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering) می‌باشد. داده‌های MIMIC-II در یک دوره ۷ ساله از سال ۲۰۰۱ از مرکز پزشکی (BIDMC= Beth Israel Deaconess Medical Center) جمع‌آوری شده است. پایگاه داده MIMIC-II شامل دو دسته متمایز از داده‌ها است. دسته اول، داده‌های بالینی است که شامل آزمایش‌ها، یادداشت‌های پزشکان و پرستاران، گزارش‌های تصویربرداری و داروهای تجویزی است. دسته دوم شامل داده‌های با کیفیت بالا از نوع امواج که از مانیتورهای کنار بستر بیماران در ICU جمع‌آوری شده، می‌باشد (۷).

با توجه به این نکته که MIMIC-II داده واقعی از محیط ICU است؛ بنابراین برای استفاده از آن باید هشیار بود و تا حد امکان، داده را به‌گونه‌ای انتخاب کرد که داده‌های پرت و دارای نویز از داده‌های مورد بررسی حذف شوند. برای انتخاب داده‌های مربوط به سه دسته از بیماران با خون‌ریزی گوارشی از داده‌های بالینی MIMIC-II نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد.

• بیماران هدف، با استفاده از کدهای (ICD-9= International Classification of Diseases codes version 9) که برای شناسایی بیماری‌ها در این پایگاه داده مورد استفاده قرارگرفته است، انتخاب شوند.

• تاریخ ورود و خروج از ICU در بازه زمانی پذیرش بیمار در بیمارستان باشد؛ تا مقادیر احتمالی ثبت‌شده بعد از خروج بیمار از ICU وارد داده‌های مورد بررسی نشوند.

• آزمایش هدف، آزمایش کلسیم با کد ۵۰۰۷۹ از جدول Labitems است. طبق بررسی‌های Cismondi و همکاران، بهترین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده برای تشخیص ضرورت آزمایش کلسیم، ضربان قلب و مقدار قبلی آزمایش کلسیم است (۱). در این تحقیق نیز برای پیش‌بینی مقدار آزمایش کلسیم، این دو متغیر در نظر گرفته‌شده‌اند تا قابلیت سیستم در پیش‌بینی مقادیر آزمایش با دقت مطلوب تنها با استفاده از این دو متغیر نشان داده شود. بنابراین متغیرهای مورد استفاده برای مدل‌سازی، ضربان قلب با کد ۲۱۱ از جدول chartitems و مقدار قبلی کلسیم با کد ۵۰۰۷۹ از جدول Labitems است.

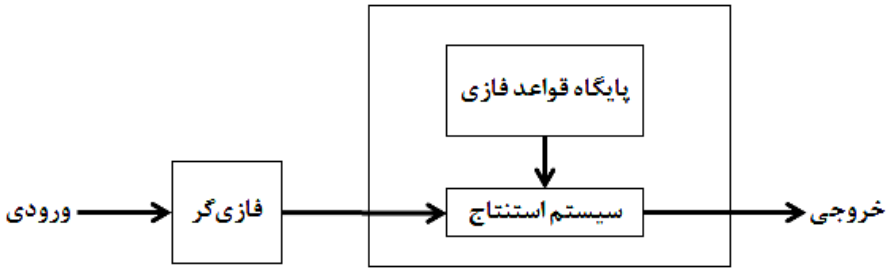
• برای یافتن مقادیر متغیرهای مورد استفاده، تاریخ و ساعت نمونه‌گیری آزمایشی که ضرورت آن باید پیش‌بینی شود به عنوان مرجع قرار می‌گیرد و اگر مقداری برای آن متغیر در آن زمان در پایگاه داده موجود نبود؛ نزدیک‌ترین مقدار به آن زمان انتخاب می‌شود.

پس از انتخاب مجموعه داده‌های مورد نظر جهت آماده‌سازی داده‌ها باید پیش‌پردازشی روی آن‌ها انجام شود. ابتدا برای متغیرهایی که در هر رکورد که برای آن‌ها مقداری ثبت نشده است باید مقدار مناسب جایگزین شود. این کار در هنگام یافتن مقادیر متغیرها انجام شده است. برای این‌که دامنه متفاوت متغیرها تأثیر متفاوتی در مدل سیستم نداشته باشد؛ تمام متغیرها را نرمال‌سازی می‌کنیم. برای این کار از روش نرمال‌سازی min-max استفاده شده است (۸).

مدل‌سازی:

بعد از این‌که آماده‌سازی داده‌ها انجام شد؛ نوبت به مدل‌سازی سیستم تصمیم‌یار می‌رسد. برای پیش‌بینی مقادیر آزمایش‌ها از مدل‌سازی فازی تاگاکی-سوگنو مرتبه صفر استفاده شده است. بلوک دیاگرام سیستم استنتاج فازی تاگاکی-سوگنو در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

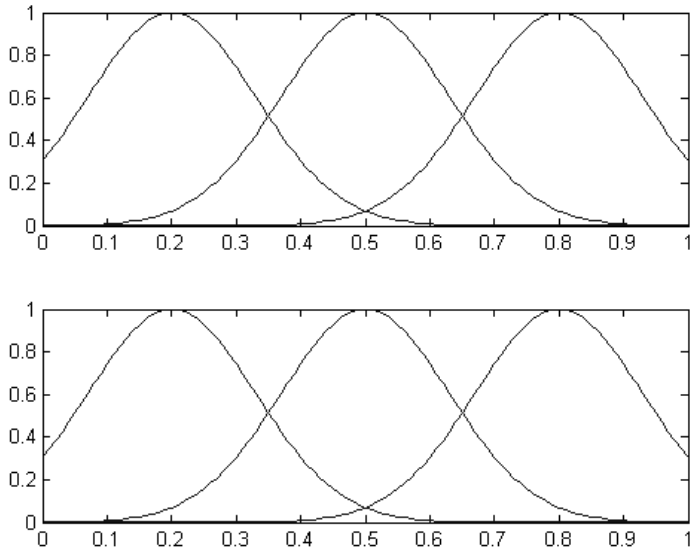


شکل۱: بلوک دیاگرام سیستم فازی تاگاکی-سوگنو

پایگاه قواعد این مدل از قواعدی به فرم

$$Rule_i : If\ x_1\ is\ L_{1i}\ and\ x_2\ is\ L_{2i}\ Then\ z=k_i \qquad (۱)$$

ساخته شده است که در آن x_1 و x_2 متغیرهای ورودی سیستم هستند. در مقدم این قواعد در هر بعد، ۳ مجموعه فازی تعریف شده است. توابع اولیه مورد استفاده در سیستم در شکل۲ نشان داده‌شده‌اند.



شکل۲: توابع اولیه برای متغیرهای ورودی ضربان قلب و مقدار قبلی آزمایش کلسیم

این توابع، گوسی انتخاب شده‌اند که دارای دو پارامتر میانگین و انحراف معیار هستند. مقدار اولیه پارامترهای این توابع برای هر دو متغیر ورودی، میانگین ۰/۲، ۰/۵ و ۰/۸ و انحراف معیار ۰/۱۳ برای سه مجموعه فازی است. خروجی سیستم با فرمول

$$z = \frac{\sum_{i=1}^{R} \alpha_i k_i}{\sum_{i=1}^{R} \alpha_i} \qquad (۲)$$

محاسبه می‌شود. در این فرمول R، تعداد قواعد است و سیستم طراحی‌شده ۹ قاعده دارد؛ همچنین k_i، تالی قاعده iام و α_i، شدت آتش قاعده iام است. شدت آتش هر قاعده از اشتراک درجه تطابق ورودی‌ها در هر بعد هر قاعده با اپراتور ضرب با استفاده از فرمول

$$\alpha_i = \prod_{j=1}^{N} l_{ij} \qquad (۳)$$

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

به دست می‌آید. در این فرمول N، تعداد متغیرهای ورودی و l_{ij}، درجه تطابق متغیر ورودی jام در قاعده iام است که با استفاده از فرمول

$$l_{ij} = \exp(-(\frac{x_j - c_{ij}}{\sigma_{ij}})^2) \qquad (۴)$$

محاسبه می‌شود، که در آن c_{ij} میانگین و σ_{ij} انحراف معیار مربوط به تابع عضویت ورودی jام در قاعده iام است.

مدل، نسبت به پارامترهای ورودی، یعنی میانگین و انحراف معیار، غیرخطی و نسبت به پارامترهای خروجی k، خطی است. برای تنظیم پارامترهای ورودی تابع هزینه با فرمول

$$J = \frac{1}{2}\sum_{l=1}^{p} error_l^2 \qquad (۵)$$

تعریف می‌شود که در آن p، تعداد نمونه‌های مورد بررسی برای آموزش و error، تفاضل بین مقدار تخمینی آزمایش و مقدار واقعی آزمایش است. مقدار تابع هزینه تعریف‌شده باید به مقدار مطلوب مورد نظر برسد تا کار تنظیم پارامترها به پایان برسد. برای تنظیم پارامترهای این سیستم مراحل زیر باید انجام شود.

- مرحله۱: مقداردهی اولیه به پارامترهای ورودی
- مرحله۲: استفاده از روش خطی تخمین کمترین مربعات(LSE= Least-Squares Estimation) برای تخمین پارامترهای خطی k (۹)
- مرحله۳: محاسبه مقدار تابع هزینه جدید با استفاده از مقادیر تخمینی بروز شده k
- مرحله۴: مقایسه مقدار تابع هزینه با مقدار مطلوب؛ اگر مقدار به‌دست‌آمده مطلوب بود کار متوقف می‌شود، در غیر این صورت ادامه می‌دهیم.
- مرحله۵: استفاده از روش غیرخطی کمترین مربعات خطا(NLS= Non-linear Least Squares Error) برای تخمین پارامترهای غیرخطی میانگین و انحراف معیار، و برگشت به مرحله۲.

معیار ارزیابی:

پس از این‌که مدل‌سازی سیستم مشخص شد؛ باید نحوه آموزش و ارزیابی سیستم تعیین شود. برای آموزش مدل، داده‌ها به ۱۰ قسمت تقسیم می‌شوند. به این صورت، مدل ۱۰ بار آموزش داده می‌شود و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در هر اجرا، ۹ قسمت برای آموزش و ۱ قسمت برای تست انتخاب می‌شود.

برای ارزیابی نهایی نتایج مدل از دو معیار استفاده شده است. معیار اول جذر میانگین مربعات خطا (RMSE= Root Mean Squared Error) است. معیار دوم، که در این مطالعه، معیار اصلی ارزیابی مدل است؛ میانگین قدرمطلق خطا (MAE= Root Mean Squared Error) است. از آن‌جایی که مقادیر مرزی بازه نرمال نتایج، اهمیت بالاتری نسبت به مقادیر دور از مرز نرمال دارند؛ از معیار MAE کلی به فرم

$$MAE_{0.1}=0.1*MAE_{safe}+0.9*MAE_{unsafe} \qquad (۲)$$

استفاده شده است. در فرمول۲، MAE_{safe} خطای مربوط به مقادیری است که از بازه نرمال دور هستند و MAE_{unsafe} خطای مربوط به مقادیری است که نزدیک مرز نرمال هستند. محدوده مقادیر آزمایش، مربوط به این دو خطا در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱: شروط محاسبه MAE0.1

بازه‌ها	محدوده مقادیر آزمایش
بازه نرمال	۸/۴ تا ۱۰/۲
بازه امن	بزرگ‌تر از ۸/۴ و کوچک‌تر از ۱۰/۲ ؛ کوچک‌تر از ۸ ؛ بزرگ‌تر از ۱۰/۶
بازه ناامن	۸ تا ۸/۴ ؛ ۱۰/۲ تا ۱۰/۶

نتایج

پس از آموزش سیستم تصمیم‌یار با استفاده از داده‌های آموزش، مدل روی داده‌های تست، اجرا و مقادیر جدید پیش‌بینی می‌شود. مقدار خطای نتایج حاصل از پیش‌بینی مقادیر آزمایش‌ها بر روی داده‌های تست، در

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

جدول۲ و ۳ نشان داده‌شده است. این مقادیر برای آزمایش کلسیم مربوط به سه دسته مختلف بیماران خون‌ریزی به دست آمده‌اند. مثلا، برای بیماران با خون‌ریزی فوقانی، برای مقادیر نزدیک بازه‌های نرمال، سیستم، به‌طور میانگین با خطای ۰/۲۶۱۴ مقدار آزمایش را پیش‌بینی می‌کند. با توجه به این‌که داده‌های پایگاه داده MIMIC-II از داده‌های واقعی جمع‌آوری شده است؛ نویز و مشکلات زیادی در داده‌های این پایگاه داده وجود دارد (۱۰و۱۱). اما، با وجود نویزهای داده‌های مورد بررسی، نتایج نشان می‌دهد که مقدار آزمایش کلسیم برای این بیماران با دقت مطلوبی قابل پیش‌بینی است. همان‌طور که از نتایج

جدول۲ مشخص است؛ برای بخشی از داده‌ها که نزدیک مرزهای بازه نرمال آزمایش کلسیم هستند (MAE_{unsafe})؛ سیستم تصمیم‌یار برای هر سه دسته بیماری، خطای کمتری دارد. بهترین نتیجه برای این بخش از داده‌ها مربوط به بیماران با خون‌ریزی گوارشی فوقانی است. پزشک بر اساس مقدار پیش‌بینی‌شده، راحت‌تر می‌تواند ضرورت تکرار آزمایش در آن زمان را تشخیص دهد.

جدول۲: نتایج مربوط به بیماران با خون‌ریزی گوارشی فوقانی (UGIB)، خون‌ریزی گوارشی تحتانی (LGIB) و بیماران با خون‌ریزی نامشخص گوارشی (UNSGIB) با استفاده از معیار MAE

Fold	$MAE_{0.1}$			MAE_{safe}			MAE_{unsafe}		
	UGIB	LGIB	UNSGIB	UGIB	LGIB	UNSGIB	UGIB	LGIB	UNSGIB
۱	۰/۳۱۶۸	۰/۲۹۰۸	۰/۲۶۳۷	۰/۴۰۵۳	۰/۴۲۴۷	۰/۴۱۳۱	۰/۳۰۶۹	۰/۲۷۵۹	۰/۲۴۷۱
۲	۰/۲۵۸۳	۰/۳۱۴۳	۰/۲۷۲۰	۰/۴۰۲۳	۰/۳۶۳۷	۰/۴۰۳۵	۰/۲۴۲۳	۰/۳۰۸۸	۰/۲۵۷۳
۳	۰/۲۶۳۵	۰/۲۶۱۳	۰/۲۷۸۶	۰/۳۹۷۴	۰/۴۰۲۹	۰/۴۲۰۶	۰/۲۴۸۶	۰/۲۴۵۴	۰/۲۶۲۹
۴	۰/۲۷۵۶	۰/۲۸۲۷	۰/۲۵۹۵	۰/۳۶۴۲	۰/۳۳۱۳	۰/۴۵۱۷	۰/۲۶۵۷	۰/۲۷۷۳	۰/۲۳۸۱
۵	۰/۲۵۵۶	۰/۳۳۵۶	۰/۲۸۸۴	۰/۳۸۹۴	۰/۳۷۴۹	۰/۴۲۸۹	۰/۲۴۰۸	۰/۳۳۱۲	۰/۲۷۲۸
۶	۰/۲۷۲۹	۰/۲۷۱۹	۰/۲۶۱۴	۰/۳۷۶۷	۰/۴۲۰۰	۰/۴۰۴۶	۰/۲۶۱۴	۰/۲۵۵۵	۰/۲۴۵۴
۷	۰/۲۶۸۸	۰/۲۸۱۹	۰/۲۸۸۶	۰/۳۹۴۴	۰/۴۲۴۳	۰/۴۰۳۹	۰/۲۵۴۸	۰/۲۶۶۰	۰/۲۷۵۷
۸	۰/۲۷۹۴	۰/۲۶۱۶	۰/۲۶۹۱	۰/۳۹۸۳	۰/۳۴۷۹	۰/۴۰۷۳	۰/۲۶۶۱	۰/۲۵۲۰	۰/۲۵۳۷
۹	۰/۲۹۸۱	۰/۲۷۵۲	۰/۲۹۶۶	۰/۴۰۵۱	۰/۴۲۱۴	۰/۴۶۰۵	۰/۲۸۶۲	۰/۲۵۸۹	۰/۲۷۸۳
۱۰	۰/۲۵۷۷	۰/۳۰۸۷	۰/۳۲۵۱	۰/۴۰۳۱	۰/۴۱۲۱	۰/۴۴۶۸	۰/۲۴۱۵	۰/۲۹۷۲	۰/۳۱۱۶
میانگین	۰/۲۷۴۷	۰/۲۸۸۴	۰/۲۸۰۳	۰/۳۹۳۶	۰/۳۹۲۳	۰/۴۲۴۰	**۰/۲۶۱۴**	**۰/۲۷۶۸**	**۰/۲۶۴۲**

جدول۳: نتایج مربوط به بیماران با خون‌ریزی گوارشی فوقانی (UGIB)، خون‌ریزی گوارشی تحتانی (LGIB) و بیماران با خون‌ریزی نامشخص گوارشی (UNSGIB) با استفاده از معیار RMSE

Fold	UGI	LGI	UNS
۱	۰/۵۸۵۷	۰/۷۰۱۱	۰/۵۲۱۷
۲	۰/۴۷۸۳	۰/۵۱۳۵	۰/۵۵۶۰
۳	۰/۵۴۴۳	۰/۵۸۹۷	۰/۵۴۴۳
۴	۰/۴۵۱۱	۰/۴۶۵۵	۰/۶۰۶۶
۵	۰/۵۴۷۶	۰/۵۱۰۰	۰/۵۵۰۴
۶	۰/۴۸۵۰	۰/۵۲۰۰	۰/۴۹۲۳
۷	۰/۵۸۲۵	۰/۶۶۷۸	۰/۵۶۸۲
۸	۰/۵۸۲۲	۰/۴۱۷۵	۰/۵۱۲۷
۹	۰/۵۵۲۲	۰/۵۲۹۰	۰/۸۲۱۳
۱۰	۰/۵۴۵۹	۰/۵۸۵۴	۰/۸۰۵۱

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

بحث

در این مطالعه به مسئله اهمیت کاهش آزمایش‌های غیرضروری در بخش مراقبت‌های ویژه و روش‌های مختلف ارائه‌شده برای حل این مسئله اشاره شد. تاکنون روش‌های مختلفی برای کاهش آزمایش‌های غیرضروری ارائه شده است. در این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی فازی مرتبه صفر و تنظیم پارامترهای قواعد فازی با روش LSE و NLS سیستم تصمیم‌یاری جهت پیش‌بینی مقادیر آزمایش‌ها طراحی شد. هدف این سیستم، یاری رساندن به پزشک برای تشخیص ضرورت آزمایش است.

تفاوت روش پیشنهادی با روش‌های قبلی در این است که هدف سیستم در اینجا تشخیص ضرورت آزمایش نیست. بلکه هدف، پیش‌بینی مقدار آزمایش با دقت قابل قبولی است که پزشک بتواند با توجه به شرایط هر بیمار و نتیجه پیش‌بینی‌شده برای ضرورت/عدم ضرورت یک آزمایش تصمیم‌گیری کند. در تحقیق Cismondi و همکاران، هدف، تشخیص ضرورت آزمایش‌ها است. برای این‌کار قبل از مدل‌سازی سیستم، با توجه به یک شرط خاص، مقادیر آزمایش مورد بررسی به ۰ یا ۱ نگاشت می‌شود. صفر، به معنای آزمایش غیرضروری و یک، به معنای آزمایش ضروری است. بعد از این نگاشت، مدلی جهت کلاس‌بندی داده‌ها به برچسب صفر یا یک ساخته می‌شود (۱و۶). در چنین سیستمی، شرط نگاشت، محدودکننده مدل است. این شرط ممکن است در همه موارد و برای همه بیماران شرط درستی نباشد.

بنابراین از این جهت که سیستم ارائه‌شده در این مطالعه به طور مستقیم مقدار آزمایش را پیش‌بینی می‌کند؛ نسبت به سایر روش‌ها عمومیت بیشتری دارد و به پزشک این امکان را می‌دهد تا برای هر بیمار با توجه به شرایط آن بیمار تصمیم‌گیری کند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از مدل‌سازی فازی تاگاکی-سوگنو مرتبه صفر جهت پیش‌بینی مقادیر آزمایش کلسیم مربوط به بیماران سه دسته خون‌ریزی گوارشی فوقانی، خون‌ریزی گوارشی تحتانی و خون‌ریزی نامشخص گوارشی، یک سیستم تصمیم‌یار طراحی شد. با این سیستم تنها با دو متغیر ضربان قلب و مقدار قبلی آزمایش کلسیم مدل‌سازی انجام شده است و دقت مطلوبی دارد.

میانگین قدر مطلق خطا برای این سیستم برای بیماران مورد بررسی به طور متوسط مقدار ۰/۲۷ خطا برای بیماران خون‌ریزی گوارشی فوقانی، مقدار ۰/۲۹ خطا برای بیماران خون‌ریزی گوارشی تحتانی و مقدار ۰/۲۸ خطا برای بیماران خون‌ریزی نامشخص گوارشی است. برای کاهش خطای سیستم، پیشنهاد می‌شود از یک روش انتخاب ویژگی برای یافتن بهترین متغیرهای ورودی استفاده شود، همچنین اثر داروها و بیماری‌های همراه(Comorbidities) نیز در سیستم دخیل شود. علاوه بر این، با توجه به این‌که در داده‌های مورد بررسی نویز وجود دارد؛ در تحقیق آینده روشی برای انتخاب داده‌ها با اعتبار بالاتر ارائه خواهد شد.

References:

1- Cismondi F, et al., ***Reducing unnecessary lab testing in the ICU with artificial intelligence***. Int J Med Inform 2013; 82(5): 345-58.

2- Kwok J, Jones B, ***Unnecessary repeat requesting of tests: an audit in a government hospital immunology laboratory***. J Clin Pathol 2005; 58(5): 457-62.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

3- Honarmand A, Safavi M, ***Prediction of arterial blood gas values from arterialized earlobe blood gas values in patients treated with mechanical ventilation***. Indian J Crit Care Med 2008 Jul; 12(3): 96-101.

4- Kumwilaisak K, et al., ***Effect of laboratory testing guidelines on the utilization of tests and order entries in a surgical intensive care unit***. Crit Care Med 2008; 36(11): 2993-9.

5- Khalifa M, Khalid P. ***Reducing unnecessary laboratory testing using health informatics applications: a case study on a tertiary care hospital***. Procedia Comput Sci 2014; 37: 253-60.

6- Cismondi F, Fialho AS, Vieira SM, Sousa JM, Reti SR, Celi LA, Howell MD, Finkelstein SN. ***Predicting laboratory testing in intensive care using fuzzy and neural modeling***. Fuzzy Systems, IEEE International Conference 2011: 2096-103.

7- Clifford GD, Scott DJ, Villarroel M. ***User guide and documentation for the MIMIC II database.*** MIMIC-II database version 2009; 2: 95.

8- Han J, Kamber M, Pei J, ***Data Mining: Concepts and Techniques***. San Francisco, CA, itd: Morgan Kaufman; 2011: pp.113-4.

9- Jang J-S R, Sun C-T, Mizutani E. ***Neuro-fuzzy and soft computing; a computational approach to learning and machine intelligence***. Prentice-Hall International; 1997: 104-6.

10- Hug C W, Clifford G D. ***An analysis of the errors in recorded heart rate and blood pressure in the ICU using a complex set of signal quality metrics***. Computers in Cardiology; 2007: 641-4.

11- Abhyankar S, Demner-Fushman D, McDonald C J, ***Standardizing clinical laboratory data for secondary use***. J Biomed Inform 2012; 45(4): 642-50.

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]

Predicting Calcium Values for Gastrointestinal Bleeding Patients in Intensive Care Unit Using Clinical Variables and Fuzzy Modeling

*Golnar Khalili-Zadeh-Mahani (MSc)[*1], Mohammad-Reza Pajoohan (PhD)[2]*
Vali Derhami (PhD)[3], Asghar Khoshnood (MD)[4]

[1] *MSc Student, Artificial Intelligence-Robotics, Department of Computer Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.*
[2] *Assistant Professor, Department of Computer Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.*
[3] *Associate Professor, Department of Computer Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.*
[4] *Gastroenterologist and Hepatologist, Seyedoshohada Hospital and Goodarz Hospital, Yazd, Iran.*

Received: 30 Nov 2015 ***Accepted:*** 9 Aug 2016

Abstract

***Introduction*:** Reducing unnecessary laboratory tests is an essential issue in the Intensive Care Unit. One solution for this issue is to predict the value of a laboratory test to specify the necessity of ordering the tests. The aim of this paper was to propose a clinical decision support system for predicting laboratory tests values. Calcium laboratory tests of three categories of patients, including upper and lower gastrointestinal bleeding, and unspecified hemorrhage of gastrointestinal tract, have been selected as the case studies for this research.

***Method*:** In this research, the data have been collected from MIMIC-II database. For predicting calcium laboratory values, a Fuzzy Takagi-Sugeno model is used and the input variables of the model are heart rate and previous value of calcium laboratory test.

***Results*:** The results showed that the values of calcium laboratory test for the understudy patients were predictable with an acceptable accuracy. In average, the mean absolute errors of the system for the three categories of the patients are 0.27, 0.29, and 0.28, respectively.

***Conclusion*:** In this research, using fuzzy modeling and two variables of heart rate and previous calcium laboratory values, a clinical decision support system was proposed for predicting laboratory values of three categories of patients with gastrointestinal bleeding. Using these two clinical values as input variables, the obtained results were acceptable and showed the capability of the proposed system in predicting calcium laboratory values. For achieving better results, the impact of more input variables should be studied. Since, the proposed system predicts the laboratory values instead of just predicting the necessity of the laboratory tests; it was more generalized than previous studies. So, the proposed method let the specialists make the decision depending on the condition of each patient.

***Keywords*:** Unnecessary Laboratory Tests, Intensive Care Unit, Calcium Laboratory Value Prediction, Gastrointestinal Bleeding Patients, Fuzzy Modeling

This paper should be cited as:
Khalili-Zadeh-Mahani G, Pajoohan MR, Derhami V, Khoshnood A. ***Predicting Calcium Values for Gastrointestinal Bleeding Patients in Intensive Care Unit Using Clinical Variables and Fuzzy Modeling*.** J Shahid Sadoughi Univ Med Sci 2016; 24(4): 286-95.

Corresponding Author: Tel: +98 3531232358, Email: golnar.khalili@stu.yazd.ac.ir

[Downloaded from jssu.ssu.ac.ir on 2026-11-22]