

Subject:

**Emergency department triage prediction
of clinical outcomes using machine
learning models**

الهه سروری

مشخصات ژورنال

- **Name: critical care**
- Indexing: ISI, Scopus, PubMed, Embase, DOAJ
- 2017 Impact Factor: 2.540
- Categories:
 - Health Informatics: Q1
 - Information Systems: Q1
 - Health Information Management: Q1

فهرست مطالب

- مقدمه و بیان مساله
- هدف مطالعه
- روش اجرا
- نتایج
- بحث و نتیجه‌گیری

اختصارات

Abbreviation	English	فارسی
AUC	Area under the curve	ناحیه زیر منحنی مشخصات گیرنده عامل
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	مراکز کنترل و پیشگیری از بیماری
ED	Emergency Department	بخش اورژانس
ESI	Emergency Severity Index	شاخص شدت اضطراب
NHAMCS	The National Hospital Ambulatory Medical Care Survey	بررسی مراقبت‌های پزشکی سرپایی بیمارستان ملی
NPV	Negative Predictive Value	ارزش پیش بینی منفی
PPV	Positive Predictive Value	ارزش پیش بینی مثبت
TRIPOD	Transparent Reporting of a multivariable prediction model for Individual Prognosis Or Diagnosis	گزارش شفاف از یک مدل پیش‌بینی چند متغیره برای پیش‌بینی فردی یا تشخیصی

مقدمه و بیان مساله

تاخیر در امر مراقبت منجر به افزایش morbidity و mortality در بسیاری از بیماری‌ها می‌شود.

ترياز ED اولین فرصت برای شناسایی سریع بیماران پرخطر و تخصیص موثر منابع محدود ED است.

در میان الگوریتم‌های مختلف ترياز، ESI رایج‌ترین الگوریتم مورد استفاده در Ed های ایالات متحده است.

مقدمه و بیان مسأله (ادامه)

ظهور مدل‌های یادگیری ماشینی منجر به بهبود مهارت پیش‌بینی در شرایط مختلف و همچنین باعث تعامل بالا و غیرخطی بین پیش‌بینی‌کننده‌ها و پیش‌بینی‌پایدارتر می‌شود.

براساس مطالعات اخیر استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین ممکن است توانایی پیش‌بینی بالایی را در تریاژ ED در یک جمعیت بیمار انتخابی ارائه دهد.

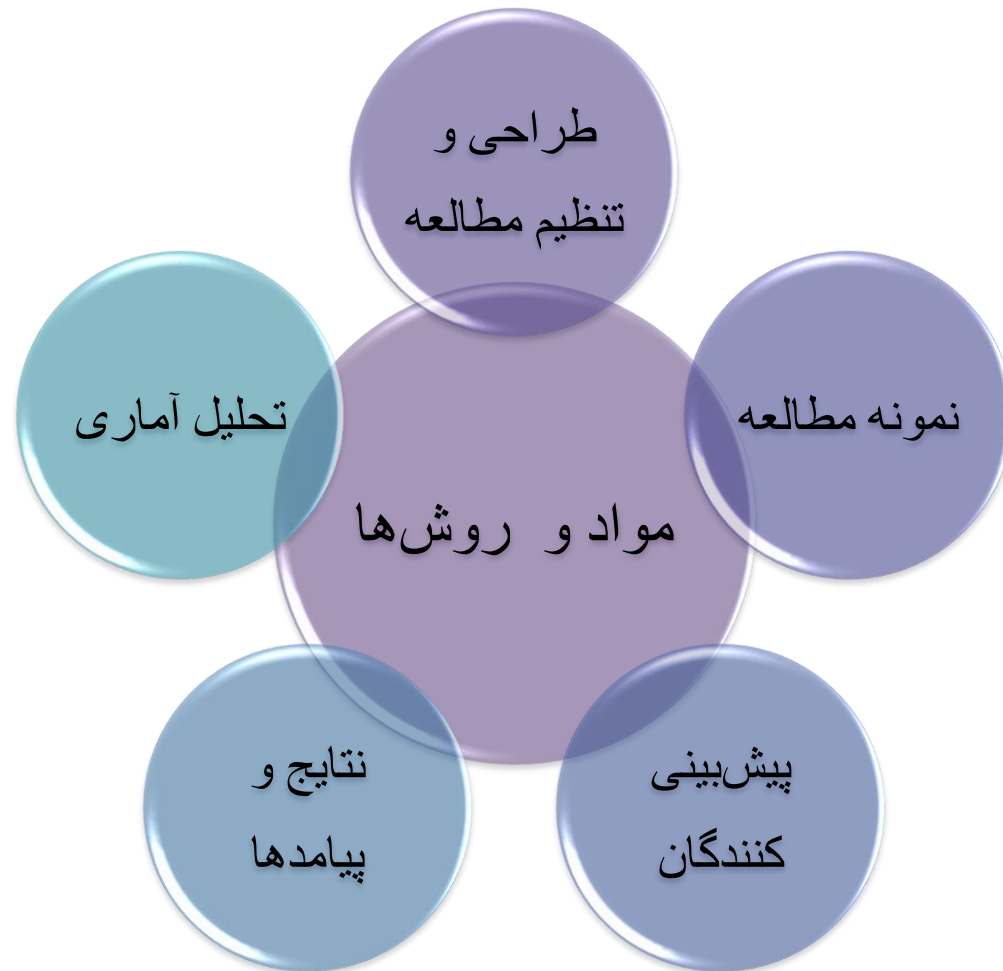
با وجود این وعده‌های بالینی و تحقیقاتی، هنوز هیچ مطالعه‌ای کاربرد مدل‌های ماشینی را برای پیش‌بینی نتایج بالینی در جمعیت زیادی از بیماران بالغ در ED بررسی نکرده است.

هدف کلی

ارزیابی صحت مدل پیش‌بینی ESI و مقایسه چهار الگوریتم lasso regression, random forest, gradient boosted decision tree, deep neural network



روش اجرا



روش اجرا (ادامه)

۱- طراحی و تنظیم مطالعه

در این مطالعه از ترکیبی از داده‌های بدست آمده از مولفه ED مربوط به NHAMCS ۲۰۰۷-۲۰۱۵ استفاده شده است.

NHAMCS نمونه‌ای ملی را از مراجعه به بیمارستان‌های عمومی کوتاه مدت و غیر کوتاه مدت جمع‌آوری می‌کند.

در این مطالعه دستورالعمل گزارشی از TRIPOD دستور کار قرار داده شد.

روش اجرا (ادامه)

۲- نمونه مطالعه

تمام بزرگسالان مراجعه کننده به ED که در داده‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۷ ثبت شده است.

روش اجرا (ادامه)

۳- پیش‌بینی کنندگان

نحوه ورود

جنس

سن بیمار

بیماری‌های همراه

شکایات اصلی

علائم حیاتی تریاژ

روش اجرا (ادامه)

۴- نتایج و پیامدها



روش اجرا (ادامه)

۵- تحلیل آماری

- داده‌های train ← یک مدل مرجع و ۴ مدل یادگیری ماشین
- داده‌های test ← پیش‌بینی مدل‌های بدست آمده از train

روش اجرا (ادامه)

گروه train

۵ سطح ESI:

1. Immediate
2. Emergent
3. Urgent
4. Semi-Urgent
5. Non-Urgent

۴ مدل یادگیری ماشین:

1. Logistic Regression and Lasso Regularization
2. Random Forest
3. Gradient Boosted Decision Tree
4. Deep Neural Network

روش اجرا (ادامه)

گروه train

روش‌های به حداقل رساندن اتصالات:

1. Lasso Regularization
2. Out-of-Bag-Estimation
3. Cross Validation
4. Dropout, ridge regularization, batch normalization in each model

روش اجرا (ادامه)

گروه test

الگوریتم‌های عملکرد پیش‌بینی:

1. The Area Under The Receiver-operating-characteristics Curve (AUC)
2. Net Reclassification Improvement
3. Confusion Matrix Result
4. Net Benefit Through Decision Curve Analytic

تعداد	معیارهای خروج
۶۷۶۷۴ نفر	افرادی که اطلاعاتشان مفقود شده
۹۷ نفر	بیمارانی که هنگام ورود به ED فوت کردند
۶۳۵۰ نفر	کسانی که قبل از معاینه رفتند یا به توصیه‌های پزشک عمل نکردند
۲۰۹ نفر	افراد ناسازگار

نتایج (ادامه)

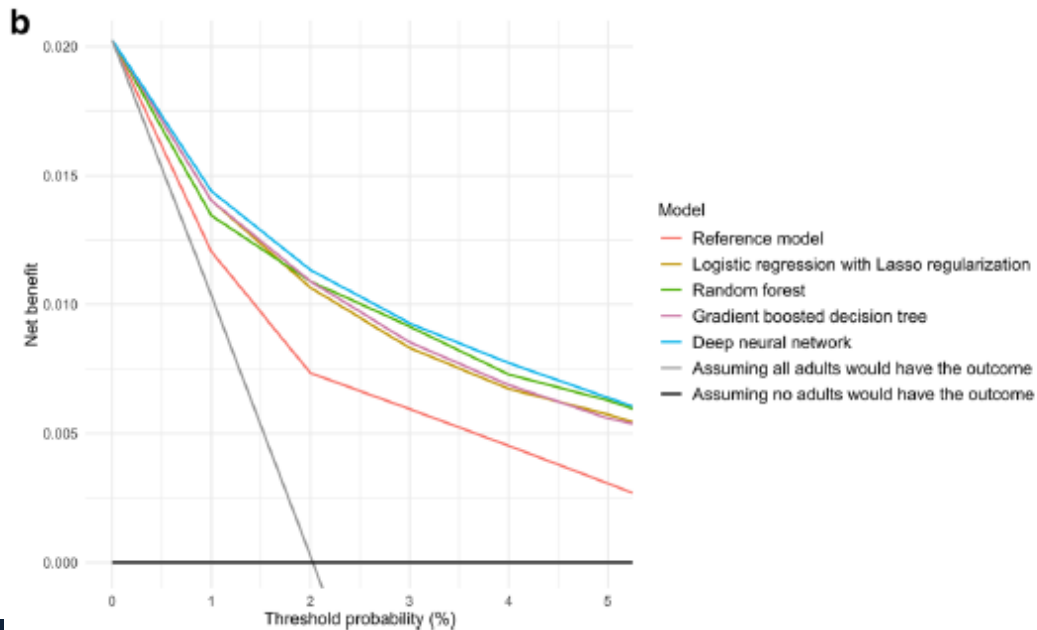
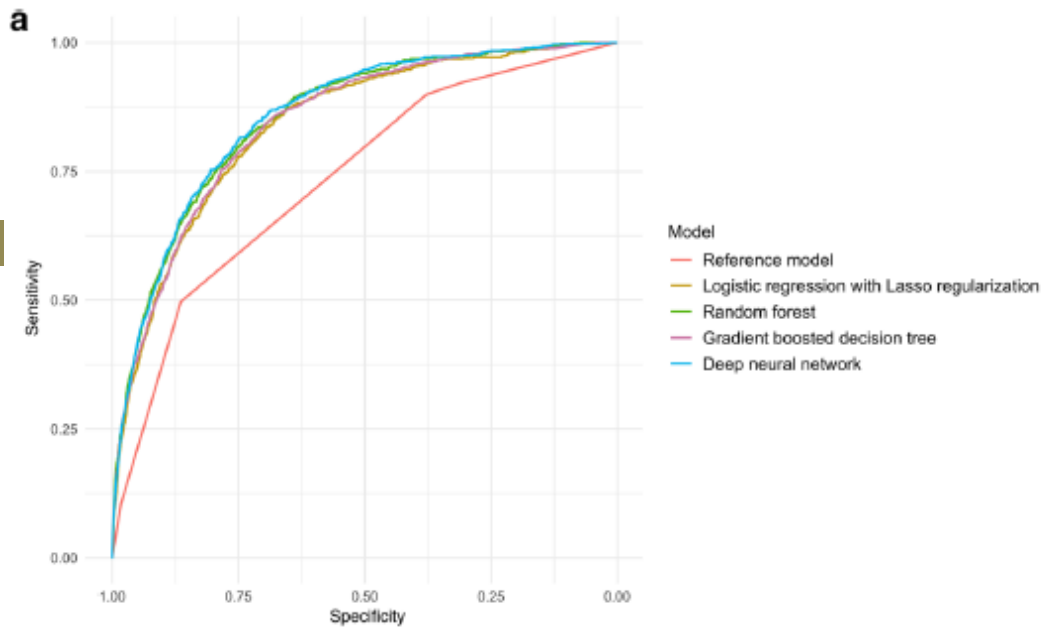
Table 1 Predictor variables and outcomes in 135,470 adult emergency department visits

Variable	<i>n</i> = 135,470	
Age (year), median (IQR)	46	(29–60)
Female sex	58,450	(43.1)
Mode of arrival		
Ambulance	26,820	(19.8)
Emergency Severity Index		
1 (immediate)	2628	(1.9)
2 (emergent)	16,908	(12.5)
3 (urgent)	65,917	(48.7)
4 (semi-urgent)	41,007	(30.3)
5 (non-urgent)	9010	(6.7)
Critical care outcome*	2782	(2.1)
Hospitalization outcome†	22,010	(16.2)

نتایج (ادامه)

Critical care outcome			Hospitalization outcome		
CCS*	Diagnostic category	n	CCS*	Diagnostic category	n
122	Pneumonia	161	102	Nonspecific chest pain	1836
102	Nonspecific chest pain	161	251	Abdominal pain	900
109	Acute cerebrovascular disease	138	122	Pneumonia	892
108	Congestive heart failure (non-hypertensive)	133	133	Other lower respiratory diseases	732
133	Other lower respiratory diseases	125	108	Congestive heart failure (non-hypertensive)	626
153	Gastrointestinal hemorrhage	101	127	Chronic obstructive pulmonary disease and bronchiectasis	570
106	Cardiac dysrhythmias	95	245	Syncope	556
131	Respiratory failure, insufficiency, and arrest	90	259	Residual codes (unclassified)	554
2	Septicemia	90	657	Mood disorders	535
259	Residual codes (unclassified)	86	197	Skin and subcutaneous tissue infections	531
55	Fluid and electrolyte disorders	82	106	Cardiac dysrhythmias	530
127	Chronic obstructive pulmonary disease and bronchiectasis	70	109	Acute cerebrovascular disease	483
100	Acute myocardial infarction	64	153	Gastrointestinal hemorrhage	466
101	Coronary atherosclerosis and other heart disease	62	159	Urinary tract infections	463
50	Diabetes mellitus with complications	57	55	Fluid and electrolyte disorders	459
233	Intracranial injury	53	659	Schizophrenia and other psychotic disorders	391
242	Poisoning by other medications and drugs	45	101	Coronary atherosclerosis and other heart disease	319
251	Abdominal pain	43	660	Alcohol-related disorders	285
245	Syncope	40	252	Malaise and fatigue	270
159	Urinary tract infections	40	246	Fever of unknown origin	258

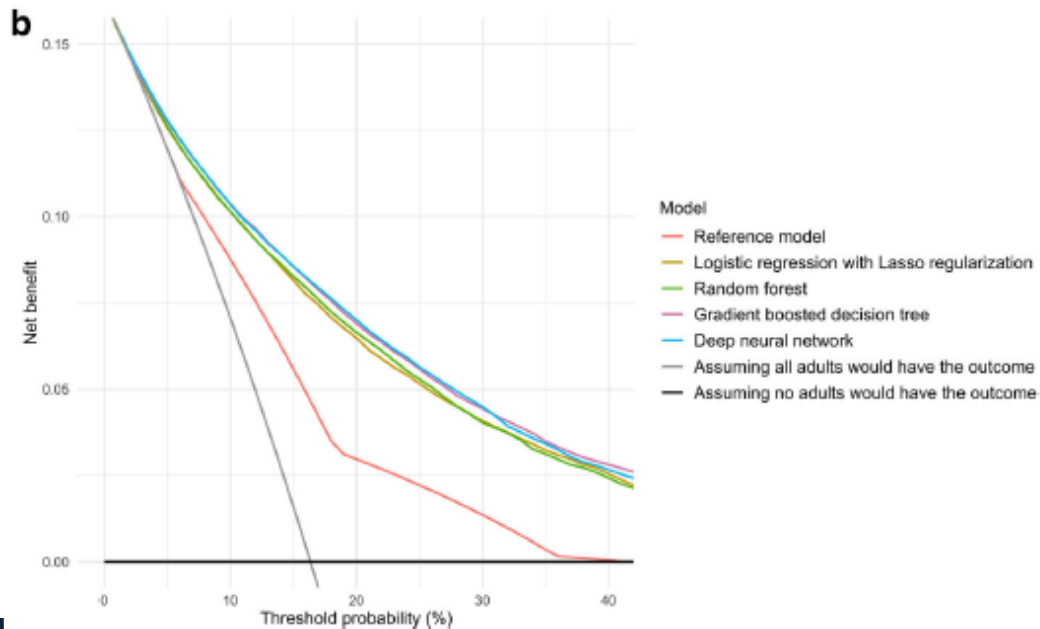
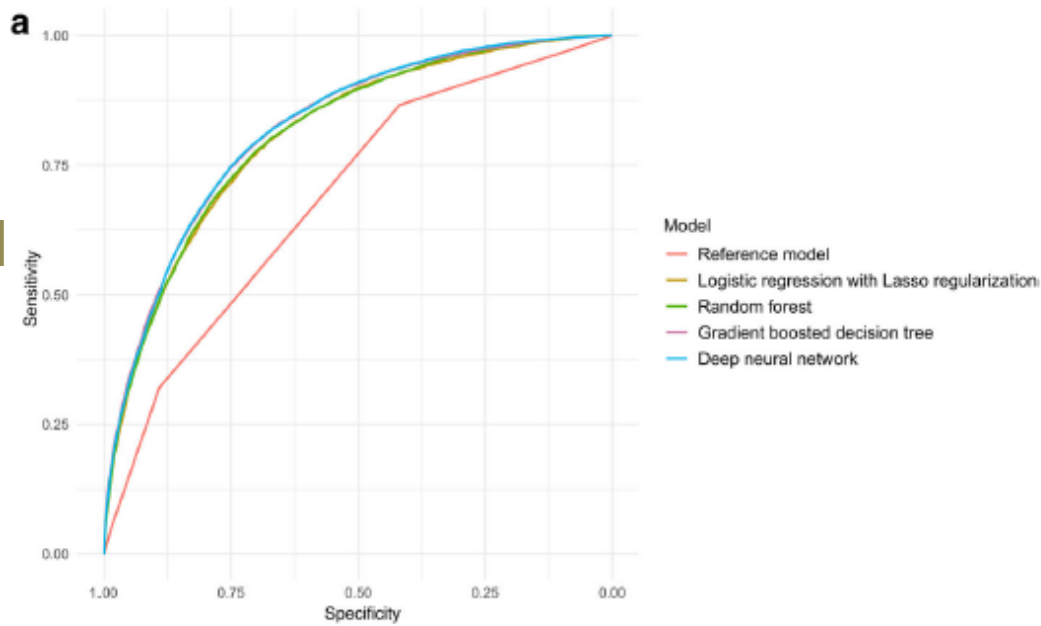
نتایج (ادامه)



نتایج (ادامه)

Outcome and model	AUC	P value*	NRIt	P value†	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Critical care outcome								
Reference model	0.74 (0.72–0.75)	Reference	Reference	Reference	0.50 (0.47–0.53)	0.86 (0.82–0.87)	0.07 (0.05–0.08)	0.988 (0.988–0.988)
Lasso regression	0.84 (0.83–0.85)	< 0.001	0.39 (0.32–0.46)	< 0.001	0.75 (0.72–0.78)	0.77 (0.75–0.80)	0.06 (0.06–0.07)	0.993 (0.993–0.994)
Random forest	0.85 (0.84–0.87)	< 0.001	0.07 (0.003–0.14)	0.04	0.86 (0.83–0.88)	0.68 (0.68–0.71)	0.05 (0.05–0.06)	0.996 (0.996–0.996)
Gradient boosted decision tree	0.85 (0.83–0.86)	< 0.001	0.32 (0.25–0.38)	< 0.001	0.75 (0.73–0.79)	0.77 (0.75–0.80)	0.06 (0.06–0.07)	0.993 (0.993–0.994)
Deep neural network	0.86 (0.85–0.87)	< 0.001	0.73 (0.67–0.79)	< 0.001	0.80 (0.77–0.83)	0.76 (0.73–0.78)	0.06 (0.06–0.07)	0.995 (0.994–0.995)
Hospitalization outcome								
Reference model	0.69 (0.68–0.69)	Reference	Reference	Reference	0.87 (0.86–0.87)	0.42 (0.39–0.43)	0.23 (0.22–0.23)	0.94 (0.94–0.94)
Lasso regression	0.81 (0.80–0.81)	< 0.001	0.53 (0.50–0.55)	< 0.001	0.71 (0.70–0.72)	0.76 (0.75–0.77)	0.36 (0.35–0.37)	0.93 (0.93–0.93)
Random forest	0.81 (0.81–0.82)	< 0.001	0.66 (0.63–0.68)	< 0.001	0.77 (0.76–0.78)	0.71 (0.70–0.72)	0.34 (0.33–0.35)	0.94 (0.94–0.94)
Gradient boosted decision tree	0.82 (0.82–0.83)	< 0.001	0.63 (0.61–0.66)	< 0.001	0.75 (0.73–0.76)	0.75 (0.74–0.76)	0.37 (0.36–0.38)	0.94 (0.94–0.94)
Deep neural network	0.82 (0.82–0.83)	< 0.001	0.68 (0.65–0.70)	< 0.001	0.79 (0.78–0.80)	0.71 (0.69–0.72)	0.35 (0.34–0.36)	0.95 (0.94–0.95)

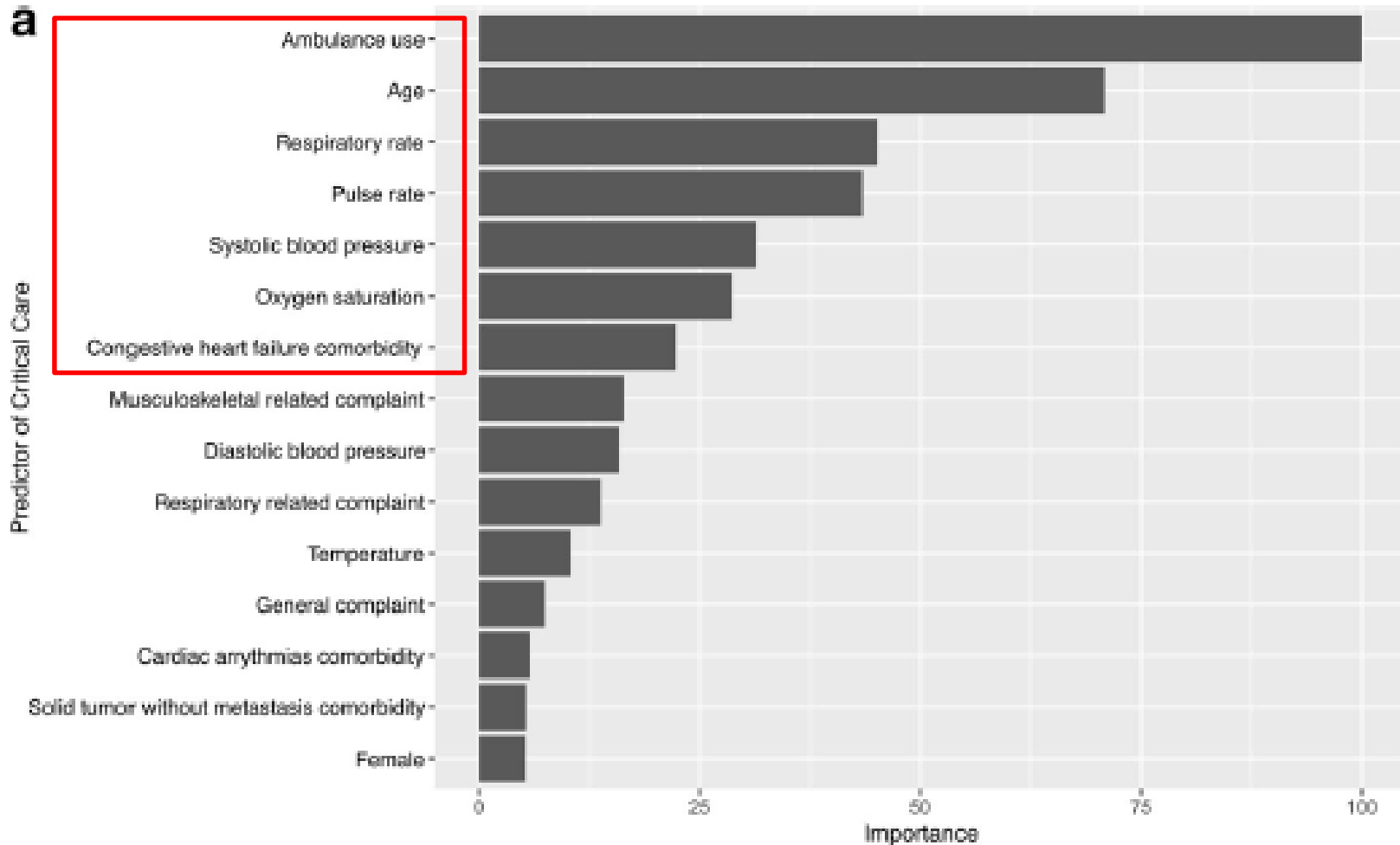
نتایج (ادامه)



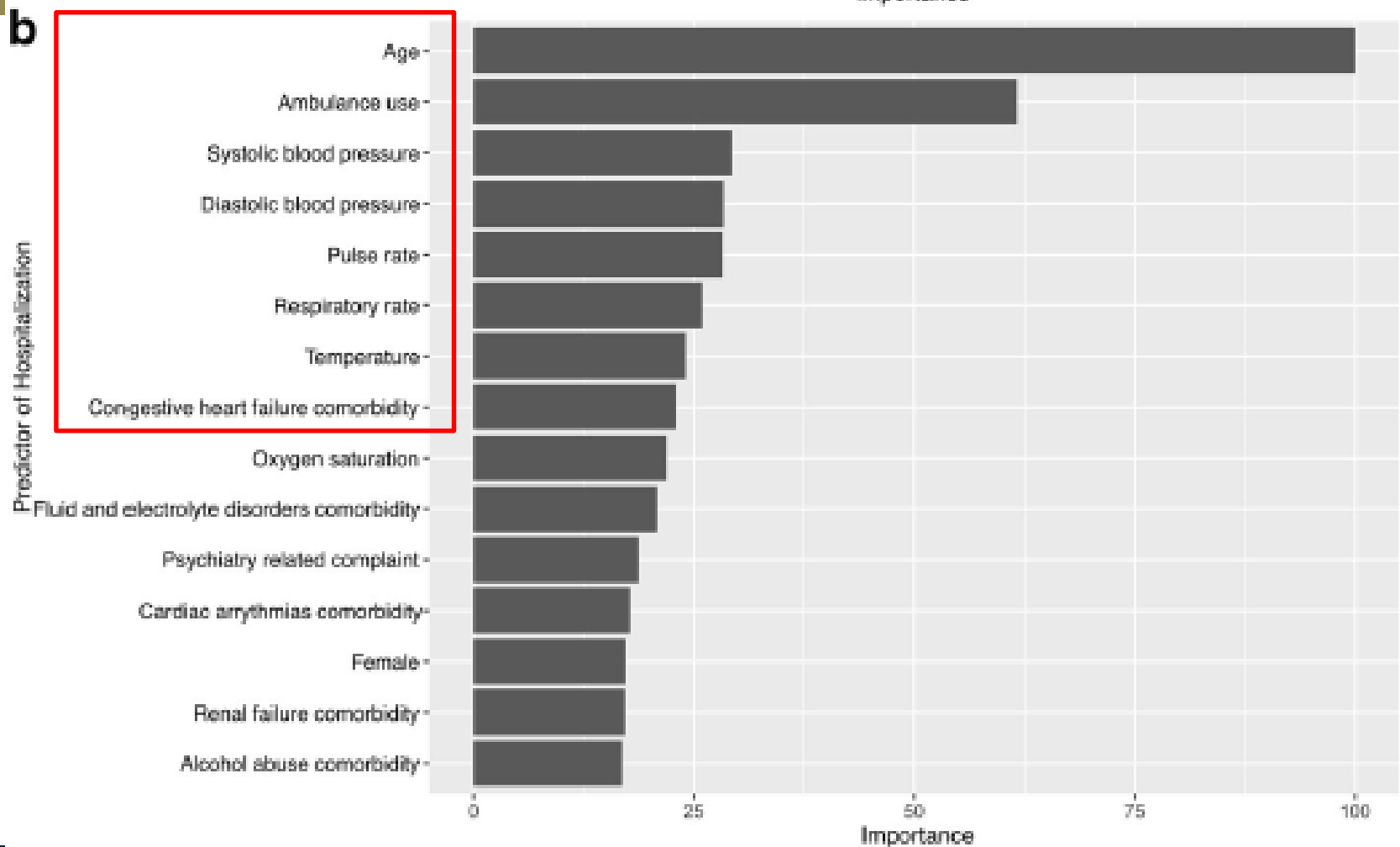
نتایج (ادامه)

Outcome and model	AUC	<i>P</i> value*	NR†	<i>P</i> value†	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
Critical care outcome								
Reference model	0.74 (0.72–0.75)	Reference	Reference	Reference	0.50 (0.47–0.53)	0.86 (0.82–0.87)	0.07 (0.05–0.08)	0.988 (0.988–0.988)
Lasso regression	0.84 (0.83–0.85)	< 0.001	0.39 (0.32–0.46)	< 0.001	0.75 (0.72–0.78)	0.77 (0.75–0.80)	0.06 (0.06–0.07)	0.993 (0.993–0.994)
Random forest	0.85 (0.84–0.87)	< 0.001	0.07 (0.003–0.14)	0.04	0.86 (0.83–0.88)	0.68 (0.68–0.71)	0.05 (0.05–0.06)	0.996 (0.996–0.996)
Gradient boosted decision tree	0.85 (0.83–0.86)	< 0.001	0.32 (0.25–0.38)	< 0.001	0.75 (0.73–0.79)	0.77 (0.75–0.80)	0.06 (0.06–0.07)	0.993 (0.993–0.994)
Deep neural network	0.86 (0.85–0.87)	< 0.001	0.73 (0.67–0.79)	< 0.001	0.80 (0.77–0.83)	0.76 (0.73–0.78)	0.06 (0.06–0.07)	0.995 (0.994–0.995)
Hospitalization outcome								
Reference model	0.69 (0.68–0.69)	Reference	Reference	Reference	0.87 (0.86–0.87)	0.42 (0.39–0.43)	0.23 (0.22–0.23)	0.94 (0.94–0.94)
Lasso regression	0.81 (0.80–0.81)	< 0.001	0.53 (0.50–0.55)	< 0.001	0.71 (0.70–0.72)	0.76 (0.75–0.77)	0.36 (0.35–0.37)	0.93 (0.93–0.93)
Random forest	0.81 (0.81–0.82)	< 0.001	0.66 (0.63–0.68)	< 0.001	0.77 (0.76–0.78)	0.71 (0.70–0.72)	0.34 (0.33–0.35)	0.94 (0.94–0.94)
Gradient boosted decision tree	0.82 (0.82–0.83)	< 0.001	0.63 (0.61–0.66)	< 0.001	0.75 (0.73–0.76)	0.75 (0.74–0.76)	0.37 (0.36–0.38)	0.94 (0.94–0.94)
Deep neural network	0.82 (0.82–0.83)	< 0.001	0.68 (0.65–0.70)	< 0.001	0.79 (0.78–0.80)	0.71 (0.69–0.72)	0.35 (0.34–0.36)	0.95 (0.94–0.95)

نتایج (ادامه)



نتایج (ادامه)



بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه از ۴ روش مدرن یادگیری ماشین استفاده شد.

در مقایسه با مدل‌های معمول، این مدل‌های یادگیری ماشین عملکرد بهتری در پیش‌بینی نتایج مراقبت‌های ویژه و بستری داشتند.

دلایل بهبود پیش‌بینی در مدل‌های یادگیری ماشین:

- ۱- الگوریتم ESI به شدت بر ارزیابی بالینی استفاده از منابع پیش‌بینی شده ED متکی است که منجر به عملکرد متوسط و متغیر ارائه‌کنندگان می‌شود.
- ۲- رویکردهای train دستگاه در تعامل مطلوب بین پیش‌بینی‌کننده‌ها و روابط غیرخطی است.
- ۳- در حالی که ارتباطات بیش از حد در مدل‌های معمولی اغلب مشکل‌ساز است، این مدل‌های یادگیری ماشین رویکردهای مختلفی جهت کاهش ارتباطات اضافی دارد.

بحث و نتیجه گیری (ادامه)

براساس تجزیه و تحلیل داده‌های مراجعه ۱۳۵۴۷۰ بزرگسال به ED، مدل‌های یادگیری ماشین با استفاده از داده‌های تریاژ ED توسعه داده شد.

این مدل‌ها نسبت به مدل مبتنی بر ESI عملکردی عالی داشتند و باعث کاهش بیماران under-triaged که با روش‌های متعارف تحت درمان قرار نمی‌گیرند، می‌شوند.

همچنین نتایج over-triaged که منجر به تخصیص بیش از حد منابع به بیماران خفیف می‌شود را کاهش می‌دهد.

نقاط قوت مطالعه

استفاده همزمان از چند تکنیک یادگیری ماشین

ارزیابی از ابعاد مختلف هم از نظر AUC و هم DCA، همچنین ابعاد دیگر مانند specificity و sensitivity و npv و ppv و...

محدودیت مطالعه

حذف missing data

طبقه بندی اشتباه و سوءگیری نتیجه

عدم جمع آوری برخی متغیرهای بالینی مهم

پیشنهادات و کار آینده

استفاده از این تکنیک‌ها بر روی چند database center اورژانس

بومی سازی مدل و تناسب آن با جمعیت ایران

با تشکر از توجه شما

