

Model Card + Evaluation Report

*** **4.10.1 مقدمه***

این سند مدل پیش‌بینی زمان انتظار و سیستم مدیریت صف نوبت‌دهی را مستند می‌کند. اگرچه این سیستم یک **مدل یادگیری `nobatnou.ir` (rule-based) ماشین کلاسیک** نیست، اما از **قوانین مبتنی بر منطق کسب‌وکار برای پیش‌بینی‌های حساس استفاده می‌کند. این گزارش بر ** (rule-based) ارزیابی عملکرد، شناسایی نقاط شکست، و تضمین ایمنی تصمیم‌گیری‌ها تمرکز دارد.

*** **4.10.2 کارت مدل (Model Card)***

| بخش | توضیحات |

| ----- | ----- |

| **نام مدل** | NobatNou Queue Time Predictor (NN-QTP v1.0) |

| **نوع مدل** | Rule-Based Heuristic Model (نه ML) |
| **ورودی‌ها** | `position` (موقعیت در صف) ،
`avg_time_per_patient` (میانگین زمان ویزیت) ،
`pending_before` (قبل تعداد نوبت‌های) |
| **خروجی‌ها** | (Predictions)
| `estimated_wait_minutes` (زمان تخمینی انتظار به دقیقه)
| `estimated_wait_minutes` =
پیش‌فرض: `pending_before * avg_time_per_patient`
| (دقیقه 15 = avg_time_per_patient)
هدف **	کاهش زمان انتظار بیماران با پیش‌بینی دقیق‌تر **
توسعه‌دهنده **	تیم فنی نوبت نو **
تاریخ انتشار **	۱۵/۰۷/۱۴۰۲ **
`nobatnou.ir` مجوز **	داخلی – تنها برای استفاده در **
`tech@nobatnou.ir`	**تماس**

*** داده‌های آموزش و ارزیابی 4.10.3 **

****منبع داده******

- از (`wp_nobat_system` تاریخچه نوبت‌های تکمیل‌شده از جدول -
(تاریخ ۰۱/۰۷/۱۴۰۲ تا ۲۰/۰۲/۱۴۰۳).
- تعداد نمونه: ۳,۲۰۰ نوبت تکمیل‌شده.

****ویژگی‌های استخراج‌شده******

ویژگی	نوع	توضیح	نمونه
-----	-----	-----	-----
عددی	زمان واقعی انتظار	از	`actual_wait_minutes`
ثابت تا تکمیل	۴۵ دقیقه		
قبل pending	عددی	تعداد نوبت‌های	`pending_before`
از این نوبت	۳		
دسته‌ای	روز هفته (۰=شنبه، ۶=جمعه)	۲	`day_of_week`
(دوشنبه)			
عددی	ساعت ثبت نوبت (۰-۲۳)	۱۴	`hour_of_day`

****پیش‌پردازش******

- ها (زمان انتظار < ۱۸۰ دقیقه یا > ۱ دقیقه) outlier حذف -
- (ML برای مدل آینده) نرمال‌سازی ویژگی‌های عددی -

*** **4.10.4 ارزیابی مدل (Evaluation Report)**

**** ** (Performance Metrics) الف) متریک‌های عملکرد**

است، ارزیابی بر اساس **خطای rule-based از آنجا که مدل فعلی
پیش‌بینی** نسبت به زمان واقعی انتظار انجام شده است

| متریک | مقدار | توضیح |

| ----- | ----- | ----- |

| دقیقه | میانگین ۲۲/۵ | **MAE (Mean Absolute Error)** |
| اختلاف مطلق پیش‌بینی و واقعیت |

| دقیقه | ۳۵/۸ | **RMSE (Root Mean Square Error)** |
| ها outlier حساس به |

| **MAPE (Mean Absolute Percentage Error)** |
| درصد خطا نسبت به زمان واقعی | ۴۲% |

درصد | ۳۲٪ | ** (Within 10 min) پوشش ۱۰ دقیقه‌ای ** |
| پیش‌بینی‌هایی که ± 10 دقیقه خطا دارند

درصد | ۵۸٪ | ** (Within 20 min) پوشش ۲۰ دقیقه‌ای ** |
| پیش‌بینی‌هایی که ± 20 دقیقه خطا دارند

****تفسیر****

مدل فعلی ****خطای بالایی**** دارد (میانگین خطای ~ 23 دقیقه) -

تنها ۵۸٪ پیش‌بینی‌ها در محدوده ± 20 دقیقه از زمان واقعی هستند -

علت: ****** استفاده از میانگین ثابت ۱۵ دقیقه برای هر ویژگی، بدون در ****** -
نظر گرفتن تغییرات زمانی و پزشکی

**** (Subgroup Analysis) (ب) ارزیابی روی زیرگروه‌ها** #####**

| (دقیقه) | توضیح MAE | زیرگروه | تعداد نمونه |

| ----- | ----- | ----- | ----- |

صبح‌ها (۸-۱۲) ** | ۱,۲۰۰ | ۱۸/۳ | خطای کمتر به دلیل پایداری ** |
| بیشتر به زمان

عصرها (۱۶-۲۰) ** | ۸۰۰ | ۳۲/۱ | خطای بیشتر به دلیل خستگی ** |
| پزشک و تأخیر تجمعی

روزهای شلوغ (یکشنبه‌ها) ** | ۷۰۰ | ۴۰/۵ | بیشترین خطا به دلیل ** |
ازدحام |

۱۵۰ | ** (سریع in-progress وضعیت) نوبت‌های اورژانسی ** |
مدل قادر به پیش‌بینی وقفه‌های اورژانسی نیست | ۶۵/۲

نتیجه: ** مدل در شرایط ** غیرایده‌ال ** (عصرها، روزهای شلوغ، **
اورژانس) به شدت دچار افت می‌شود

** Stress Testing (پایداری) و Robustness (ج) ** #####

** سناریوهای استرس **

۱. افزایش ناگهانی ترافیک: ** ۵۰ نوبت در ۱۰ دقیقه **

نتیجه: خطای پیش‌بینی به ۵۵+ دقیقه می‌رسد -

۲. تأخیر طولانی یک ویزیت: ** یک ویزیت ۶۰ دقیقه‌ای (به جای ۱۵ **
دقیقه)

نتیجه: تمام پیش‌بینی‌های بعدی به هم می‌ریزد -

۳. لغوهای پیاپی: ** لغو ۳ نوبت متوالی **

نتیجه: مدل قادر به تعدیل سریع موقعیت‌ها نیست -

**** (Failure Mode) نقطه شکست ****

مدل **** غیرانعطاف پذیر **** است و نمی تواند با **** تغییرات پویا **** در محیط -
(تأخیر پزشکی، لغو ناگهانی) سازگار شود.

**** و ریسک ها (Critical Errors) خطاهای بحرانی 4.10.5 ** ###**

| نوع خطا | احتمال | تأثیر | ریسک | اقدام کاهش |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

پیش بینی بیش از حد خوشبینانه ****** | بالا | بیمار زودتر از موعد مراجعه ****** |
buffer time می کند و معطل می شود | نارضایتی، اتلاف وقت | افزودن
| (مثلاً +۱۰٪) |

پیش بینی بیش از حد بدبینانه ****** | متوسط | بیمار دیر مراجعه می کند و ****** |
نوبت را از دست می دهد | از دست دادن بیمار، شکایت | نمایش محدوده ای
| از زمان (مثلاً 45 ± 15 دقیقه) |

شکست در به روز رسانی بلا درنگ ****** | بالا | پس از تغییر وضعیت ****** |
هر polling | نوبت، پیش بینی اصلاح نمی شود | اطلاعات غلط به کاربر
| ۳۰ ثانیه برای به روز رسانی |

عدم شناسایی وضعیت اورژانسی** | پایین | بیمار اورژانسی وارد** |
اورژانسی flag صف عادی می‌شود | خطر جانی (احتمال کم) | تعریف
| توسط پزشک

** (Fairness) و عدالت (Bias) بایاس 4.10.6** ###

منابع بایاس شناسایی شده ####

| نوع بایاس | اثر بر پیش‌بینی | گروه متأثر | راهکار |

| ----- | ----- | ----- | ----- |

بایاس زمانی** | پیش‌بینی‌های عصرها کم‌دقت‌تر است | بیماران عصر** |
| | مدل جداگانه برای هر بازه زمانی

بایاس پزشکی** | زمان ویزیت بسته به پزشک متغیر است | بیماران** |
| در مدل آینده `doctor_id` پزشک‌های کندتر | در نظر گرفتن

بایاس فصلی** | در فصول بیماری (مثلاً زمستان) زمان ویزیت** |
| «طولانی‌تر است | همه کاربران | اضافه کردن ویژگی «فصل

** (Fairness Test) آزمون عدالت** ####

- بین زیرگروه‌ها نباید بیشتر از ۱۵ دقیقه باشد MAE معیار: **اختلاف** -
- بین صبح و عصر = ۱۳/۸ دقیقه MAE وضعیت فعلی: **اختلاف** -
(قابل قبول).
- خطر: **اگر داده‌های کافی از پزشکان مختلف نداشته باشیم، پیش‌بینی** -
برای برخی پزشکان ناعادلانه خواهد بود.

** (Model Limitations) محدودیت‌های مدل 4.10.7 **

۱. ایستا بودن: **مدل بر اساس میانگین ثابت ۱۵ دقیقه کار می‌کند و با**
داده‌های جدید به‌روز نمی‌شود.
۲. عدم در نظرگیری عوامل خارجی: **ترافیک، تعطیلات، بیماری**
پزشک، موارد اورژانسی.
۳. وابستگی به داده‌های تاریخی: **اگر الگوی ویزیت تغییر کند، مدل**
منسوخ می‌شود.
۴. عدم توانایی در پیش‌بینی بلندمدت: **فقط زمان انتظار فعلی را**
پیش‌بینی می‌کند، نه وضعیت فردا یا هفته آینده.

`pending_before` حساسیت به داده‌های ورودی: ** اگر **. ۵.
بهدرستی محاسبه نشود، تمام پیش‌بینی‌ها اشتباه می‌شوند.

** (Safety Guards) کنترل‌های ایمنی 4.10.8 ***

** :کنترل‌های پیاده‌شده ****

| کنترل | منطق | هدف |

| ----- | ----- | ----- |

| `estimated_wait_minutes` حداکثر زمان پیش‌بینی ** | اگر ** |
| ، نمایش "بیش از ۳ ساعت" | جلوگیری از پیش‌بینی غیرواقعی `180 >

| به‌روزرسانی خودکار ** | هر بار که وضعیت نوبتی تغییر کرد، ** |
| پیش‌بینی‌ها مجدد محاسبه شوند | کاهش خطای تجمعی

| اعلام عدم قطعیت ** | نمایش محدوده‌ای از زمان (مثلاً ۴۵-۷۵ دقیقه) ** |
| به جای یک عدد دقیق | مدیریت انتظارات کاربر

** :کنترل‌های پیشنهادی ****

هشدار به ادمین: ** اگر خطای پیش‌بینی از ۳۰ دقیقه بیشتر شد، ادمین ** ۱. مطلع شود.

به حالت ساده: ** در صورت بروز خطا در مدل، نمایش fallback ** ۲. «زمان تقریبی: به زودی» به جای عدد نادرست.

ثبت لاگ خطاها: ** همه پیش‌بینی‌ها و خطاهای بعدی در جدول ** ۳. جداگانه ذخیره شود.

** و شفافیت (Explainability) توضیح‌پذیری 4.10.9 ** ###

مدل فعلی ** کاملاً قابل تفسیر ** است

فرمول شفاف: ** زمان انتظار = تعداد افراد قبل از شما * ۱۵ دقیقه ** -

نمایش مراحل: ** در صفحه وضعیت نوبت، تعداد افراد قبل و زمان ** -
متوسط نمایش داده می‌شود.

** اما: **

به کاربر توضیح داده نمی‌شود که چرا ** میانگین زمان ۱۵ دقیقه است -

عوامل مؤثر (مانند پزشک، ساعت روز) پنهان هستند -

****پیشنهاد****

- افزودن بخش ****«چگونه این زمان محاسبه شد؟»**** در صفحه نتیجه -
- نمایش عوامل مؤثر (مثلاً «امروز شلوغ‌تر از معمول است») -

****4.10.10 (Model Improvement Roadmap) برنامه ارتقاء مدل 4.10.10****

****ماهی ۳ - (Moving Average) فاز ۱: مدل مبتنی بر میانگین متحرک****

- جایگزینی میانگین ثابت ۱۵ دقیقه با میانگین متحرک ۷ روزه -
- به ۱۸ دقیقه MAE انتظار: ****کاهش**** -

****ماهی ۶ - (Linear Regression) فاز ۲: مدل رگرسیون ساده****

- ویژگی‌های جدید: ``hour_of_day``, ``day_of_week``, ``doctor_id`` -

به ۱۲ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش ** -

** ماه ۱۲ - (XGBoost/LightGBM) فاز ۳: مدل پیشرفته ** ####

استفاده از داده‌های تاریخی کامل -

پیش‌بینی‌های شخصی‌شده برای هر پزشک -

به $8 >$ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش ** -

** ماه ۱۸ - (Real-time ML) فاز ۴: مدل بلادرنگ ** ####

یکپارچه‌سازی با سیستم حضور و غیاب پزشک -

پیش‌بینی با داده‌های زنده -

به $5 >$ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش ** -

** مستندات وابسته 4.10.11 ** ####

| سند | توضیح | لینک |

|-----|-----|-----|

| **Data Dictionary** | بخش ۴/۹ | تعریف دقیق ویژگی‌ها |

| **QA Test Reports** | داخلی | گزارش تست مدل |

| **User Feedback Log** | نظرات کاربران درباره دقت
پیش‌بینی | داخلی |

| **Model Retraining Plan** | داخلی | برنامه بازآموزی مدل |
|

نتیجه‌گیری 4.10.12

یک **راهمحل ساده و قابل تفسیر** برای `NN-QTP v1.0` مدل فعلی
پیش‌بینی زمان انتظار ارائه می‌دهد، اما **دقت محدود** و **عدم انعطاف**
در برابر شرایط پویا از نقاط ضعف اصلی آن هستند. با این حال، با
پیاده‌سازی **کنترل‌های ایمنی**، **پایش مستمر خطا** و **برنامه ارتقاء
تدریجی**، می‌توان از تبدیل خطاهای پیش‌بینی به **بحران‌های عملیاتی یا
اعتماد** جلوگیری کرد.

****توصیه فوری****

۱. نمایش محدوده‌ای از زمان به جای عدد دقیق.
۲. اضافه کردن هشدار به ادمین در صورت خطای بالا.
۳. شروع جمع‌آوری داده‌های غنی‌تر (ویژگی پزشکی، ساعت، روز) برای مدل آینده.