

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 **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 (ML) |

| **(موقعیت در صفحه Features) ورودیها** | `position` ، (میانگین زمان ویزیت)
، `avg_time_per_patient` ، (میانگین زمان ویزیت)
`pending_before` (قبل از pending) |

| **خروجیها Predictions** | `estimated_wait_minutes` (زمان تخمینی انتظار به دلیل دقیقه)
| `estimated_wait_minutes = pending_before * avg_time_per_patient` : پیشفرض
`avg_time_per_patient = 15` (دقیقه) |

| **هدف** | کاهش زمان انتظار بیماران با پیش‌بینی دقیق‌تر |

| **توسعه‌دهنده** | تیم فنی نوبت نو |

| **تاریخ انتشار** | ۱۵/۰۷/۱۴۰۲ |

| **`nobatnou.ir`** | `nobatnou.ir` - تنها برای استفاده در مجوز |

| **`tech@nobatnou.ir`** | `tech@nobatnou.ir` |

داده‌های آموزش و ارزیابی 4.10.3

**:####: منبع داده

- از) `wp_nobat_system` تاریخچه نوبت‌های تکمیل شده از جدول -
تاریخ ۱۴۰۳/۰۷/۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳/۰۷/۱۴۰۲.

تعداد نمونه: ** ۳,۲۰۰ نوبت تکمیل شده -

**:####: ویژگی‌های استخراج شده

| ویژگی | نوع | توضیح | نمونه |

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

| عددی | زمان واقعی انتظار (از ثبت تا تکمیل) | ۴۵ دقیقه |

| قبل pending عددی | تعداد نوبت‌های pending | از این نوبت ۳ |

| دسته‌ای | روز هفته (۰=شنبه، ۶=جمعه) | ۰ | (دوشنبه)

| عددی | ساعت ثبت نوبت (۰-۲۳) | ۱۴ |

**:####: پیش‌پردازش

- ها (زمان انتظار < ۱۸۰ دقیقه یا > ۱ دقیقه outlier حذف -

- (ML برای مدل آینده) نرمال‌سازی ویژگی‌های عددی .

4.10.4 (Evaluation Report)

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

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

متريک	مقدار	توضيح
دقيقه ميانگين MAE (Mean Absolute Error)	۲۲/۵	اختلاف مطلق پیش‌بینی و واقعیت
دقيقه RMSE (Root Mean Square Error)	۳۵/۸	حساس به outlierها
درصد خطأ MAPE (Mean Absolute Percentage Error)	۴۲%	نسبة الخطأ نسبياً إلى المقدار الفعلي

- | درصد | ۳۲% | پوشش ۱۰ دقیقه‌ای** |
 | پیش‌بینی‌هایی که ± 10 دقیقه خطأ دارند
- | درصد | ۵۸% | پوشش ۲۰ دقیقه‌ای** |
 | پیش‌بینی‌هایی که ± 20 دقیقه خطأ دارند

**: تفسیر

مدل فعلی **خطای بالایی** دارد (میانگین خطای ~ ۲۳ دقیقه) -
 تنها ۵۸٪ پیش‌بینی‌ها در محدوده ± 20 دقیقه از زمان واقعی هستند -
 علت: **استفاده از میانگین ثابت ۱۵ دقیقه برای هر ویزیت، بدون در** -
 نظر گرفتن تغییرات زمانی و پزشکی

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

	(دقیقه)	توضیح MAE	زیرگروه	تعداد نمونه
صبح‌ها (۱۲-۸)**	۱۸/۳	۱,۲۰۰	خطای کمتر به دلیل پاییندی*	
عصر‌ها (۲۰-۱۶)**	۳۲/۱	۸۰۰	خطای بیشتر به دلیل خستگی*	

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

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

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

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

** سناریوهای استرس*

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

. نتیجه: خطای پیش‌بینی به ۵۵ + دقیقه می‌رسد -

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

. نتیجه: تمام پیش‌بینی‌های بعدی به هم می‌ریزد -

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

. نتیجه: مدل قادر به تعديل سریع موقعیت‌ها نیست -

نقطه شکست (Failure Mode):**

مدل **غیرانعطاف‌پذیر** است و نمی‌تواند با **تغییرات پویا** در محیط - (تأخیر پزشک، لغو ناگهانی) سازگار شود.

4.10.5 ریسک‌ها (Critical Errors)

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

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

| پیش‌بینی بیش از حد خوشبینانه** | بالا | بیمار زودتر از موعد مراجعه ** |
buffer time می‌کند و معطل می‌شود | نارضایتی، اتلاف وقت | افزودن
(مثلاً + ۱۰٪)

| پیش‌بینی بیش از حد بدبینانه** | متوسط | بیمار دیر مراجعه می‌کند و **
نوبت را از دست می‌دهد | از دست دادن بیمار، شکایت | نمایش محدوده‌ای
از زمان (مثلاً 45 ± 15 دقیقه)

| شکست در بهروزرسانی بلادرنگ** | بالا | پس از تغییر وضعیت *
هر polling | نوبت، پیش‌بینی اصلاح نمی‌شود | اطلاعات غلط به کاربر
| ۳۰ ثانیه برای بهروزرسانی

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

4.10.6 (Bias) و عدالت (Fairness)

*: منابع بایاس شناسایی شده** # # # # #
نوع بایاس	اثر بر پیش‌بینی	گروه متاثر	راهکار
بایاس زمانی**	پیش‌بینی‌های عصرها کم‌دقیق‌تر است	بیماران عصر**	
مدل جدأگانه برای هر بازه زمانی			
بایاس پزشک**	زمان ویزیت بسته به پزشک متغیر است	بیماران**	
در مدل آینده `doctor_id` پزشک‌های کنترل	در نظر گرفتن		
بایاس فصلی**	در فصول بیماری (مثلًاً زمستان) زمان ویزیت**		
«طولانی‌تر است	همه کاربران	اضافه کردن ویژگی «فصل	

آزمون عدالت (Fairness Test):

- 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.

4.10.7 (Model Limitations) محدودیت‌های مدل

ایستا بودن: * مدل بر اساس میانگین ثابت ۱۵ دقیقه کار می‌کند و با ** ۱. داده‌های جدید به روز نمی‌شود.

عدم در نظرگیری عوامل خارجی: ** ترافیک، تعطیلات، بیماری ** ۲. پزشک، موارد اورژانسی

وابستگی به داده‌های تاریخی: ** اگر الگوی ویزیت تغییر کند، مدل ** ۳. منسوخ می‌شود.

عدم توانایی در پیش‌بینی بلندمدت: ** فقط زمان انتظار فعلی را ** ۴. پیش‌بینی می‌کند، نه وضعیت فردا یا هفته آینده.

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

4.10.8 کنترل‌های ایمنی (Safety Guards) **

#: کنترل‌های پیاده‌شده ** #####

| کنترل | منطق | هدف |

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

* حداکثر زمان پیش‌بینی **	اگر **
، نمایش "بیش از ۳ ساعت"	جلوگیری از پیش‌بینی غیرواقعی `180 >
بروزرسانی خودکار **	هر بار که وضعیت نوبتی تغییر کرد، **
پیش‌بینی‌ها مجدد محاسبه شوند	کاهش خطای تجمعی
اعلام عدم قطعیت **	نمایش محدوده‌ای از زمان (مثلاً ۷۵-۴۵ 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.

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

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

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

: 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)

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

جایگزینی میانگین ثابت ۱۵ دقیقه با میانگین متحرک ۷ روزه -

- به ~ ۱۸ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش *

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

- `hour_of_day`، `day_of_week`، `doctor_id`.

- به ~ ۱۲ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش*

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

- استفاده از داده‌های تاریخی کامل.

- پیش‌بینی‌های شخصی‌شده برای هر پزشک.

- به > ۸ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش*

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

- یکپارچه‌سازی با سیستم حضور و غیاب پزشک.

- پیش‌بینی با داده‌های زنده.

- به > ۵ دقیقه MAE انتظار: ** کاهش*

** مستندات وابسته 4.10.11

Data Dictionary بخش ۴/۹ تعریف دقیق ویژگی‌ها		
	QA Test Reports گزارش تست مدل داخلی	
	User Feedback Log نظرات کاربران درباره دقت	
		پیش‌بینی داخلی
Model Retraining Plan برنامه بازآموزی مدل داخلی		

4.10.12 نتیجه‌گیری

یک **راحل 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 خطای** و **برنامه ارتقاء تدریجی**، می‌توان از تبدیل خطاهای پیش‌بینی به **بحran‌های عملیاتی** یا اعتماد** جلوگیری کرد.

توصیه فوری

.نمایش محدوده‌ای از زمان به جای عدد دقیق .۱

.اضافه کردن هشدار به ادمین در صورت خطای بالا .۲

.شروع جمع‌آوری داده‌های غنی‌تر (ویژگی پزشک، ساعت، روز) برای .۳
مدل آینده