

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



شتاب دهنده و استارت آپ استدیو نفت و گاز پتروپالاتوس

تولید نرم افزار برنامه ریزی خطی تولید محصول LPG پالایشگاه
آبادان با استفاده از هوش مصنوعی

بیان مسئله :

تولید محصول LPG در پالایشگاه آبادان فرآیندی پیچیده و وابسته به متغیرهای متعدد عملیاتی، اقتصادی و محیطی است. به دلیل تغییر در نوع و کیفیت نفت خام ورودی، ویژگی‌های کاتالیست‌ها، شرایط دمایی و فشار، تولید بهینه و اقتصادی این محصول با چالش‌های بسیاری مواجه است. علاوه بر این، نیاز به تأمین خوراک واحدهای پتروشیمی و صادرات محصول نیز اهمیت مسئله را دوچندان کرده است.

در حال حاضر تصمیم‌گیری‌های مرتبط با تنظیم شرایط تولید، ترکیب بهینه مواد اولیه و پیش‌بینی میزان تولید، عمدتاً به صورت تجربی و غیربهینه صورت می‌گیرد که منجر به کاهش بهره‌وری و سودآوری می‌شود. از این رو، ایجاد یک سامانه هوشمند مبتنی بر مدل‌های ریاضی (Linear Programming) و الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌تواند در بهینه‌سازی تولید، کاهش هزینه‌ها و افزایش سوددهی نقش مؤثری ایفا کند.

ضرورت اجرای طرح :

با توجه به شرایط رقابتی بازار انرژی، کاهش منابع و الزامات زیست‌محیطی، ضرورت بهینه‌سازی فرآیند تولید LPG بیش از پیش احساس می‌شود. این پروژه از جهات زیر دارای ضرورت حیاتی است:

- اقتصادی : بهینه‌سازی ترکیب تولید برای کاهش هزینه‌های عملیاتی (انرژی، مواد اولیه، نیروی انسانی و تعمیرات) و افزایش سود خالص شرکت.
- فناوریانه : بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی و برنامه‌ریزی خطی برای تصمیم‌گیری دقیق و سریع در محیط‌های پیچیده و پویای پالایشگاهی.
- عملیاتی : تأمین به موقع و پایدار خوراک برای واحدهای داخلی و خارجی، کنترل بهتر بر میزان تولید، انرژی مصرفی، و اثرات زیست‌محیطی.
- تحلیلی : فراهم‌سازی بستری برای مانیتورینگ، تحلیل و پیش‌بینی دقیق عملکرد سیستم تولید با استفاده از داشبورد مدیریتی و اتصال به سنسورها از طریق [Prometheus](#).

همچنین لازم به ذکر است که با توجه به توضیحات طراح پروژه، هزینه‌های پیش‌بینی‌شده عمدتاً به تجهیزات فیزیکی (نظیر نصب سنسورها) و توسعه زیرساختی (نظیر استقرار روی سرور لوکال و امنیت سطح بالا) مربوط می‌شود؛ چرا که نرم‌افزار اصلی به صورت بومی و داخلی توسعه یافته است.

اهداف طرح :

در راستای دستیابی به تولید بهینه LPG، این پروژه اهداف زیر را دنبال می‌کند:

اهداف کوتاه‌مدت :

- توسعه یک ماژول اولیه آنالیز کامل داده‌ها با استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی و آماری (پیاده‌سازی شده در فایل [Full_Data_Analysis.ipynb](#))
- آموزش مدل‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی عمیق برای پیش‌بینی حجم تولید و شاخص‌های عملیاتی (فایل [LPG_Model_Training.ipynb](#))
- توسعه نسخه ابتدایی بک‌اند با Flask جهت تعامل با مدل‌ها و ارائه API اولیه برای داشبورد مدیریتی (فایل [app.py](#))

اهداف میان‌مدت :

- جایگزینی فریم‌ورک Flask با Django جهت توسعه رابط کاربری گرافیکی با سطوح دسترسی متفاوت و امکانات امنیتی پیشرفته
- اتصال سامانه به سنسورهای عملیاتی و محیطی با استفاده از Prometheus برای مانیتورینگ مستمر
- ارائه داشبورد تحلیلی با قابلیت مصورسازی داده‌ها، نمایش سیناریوهای بهینه‌سازی و بررسی اهمیت ویژگی‌ها

اهداف بلندمدت :

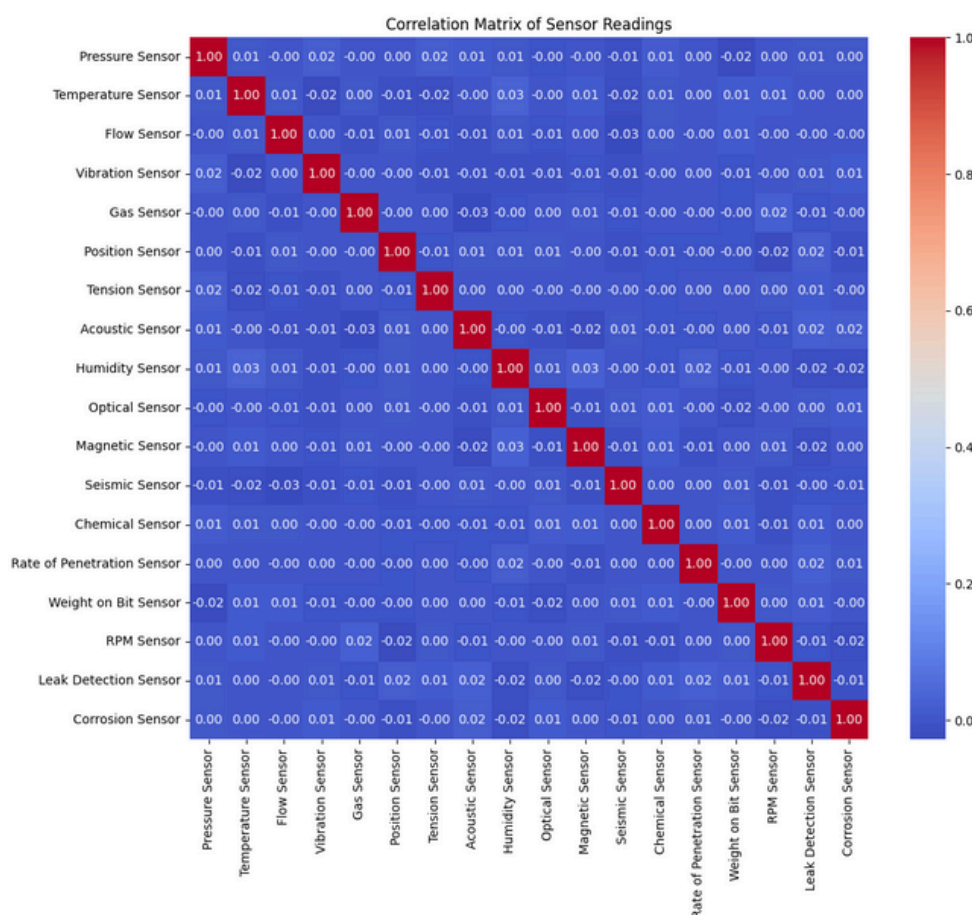
- استقرار سامانه روی سرور محلی ایمن در پالایشگاه آبادان
- بهره‌برداری عملیاتی در محیط واقعی و دریافت بازخورد جهت بهبود مستمر
- توسعه نسخه‌های قابل استفاده در سایر پالایشگاه‌های کشور

پیشینه پژوهش :

با بررسی منابع داخلی و بین‌المللی، تاکنون پروژه‌ای با تمرکز بر ترکیب روش‌های برنامه‌ریزی خطی (Linear Programming) و هوش مصنوعی (AI) برای بهینه‌سازی تولید LPG در پالایشگاه‌های ایران به صورت رسمی منتشر نشده است. اگرچه مدل‌های LP به طور گسترده‌ای در صنایع فرآیندی برای بهینه‌سازی ترکیب محصولات استفاده می‌شوند، اما اغلب محدود به مدل‌سازی سنتی ریاضی هستند و از توانمندی یادگیری و پیش‌بینی الگوریتم‌های یادگیری ماشین غافل‌اند.

در سطح بین‌المللی، استفاده از AI برای پیش‌بینی قیمت، تقاضا، راندمان و عملکرد عملیاتی در پالایشگاه‌ها در حال رشد است، اما پیاده‌سازی بومی‌شده، متناسب با زیرساخت‌های فنی و نیازهای خاص صنعت نفت ایران، هنوز نیازمند توسعه و بومی‌سازی است.

از این رو، طرح حاضر تلاش دارد تا یک مدل تلفیقی با قابلیت یادگیری، پیش‌بینی و بهینه‌سازی همزمان طراحی کرده و در قالب یک نرم‌افزار کاربرمحور با رابط گرافیکی و داشبورد مدیریتی پیاده‌سازی نماید.

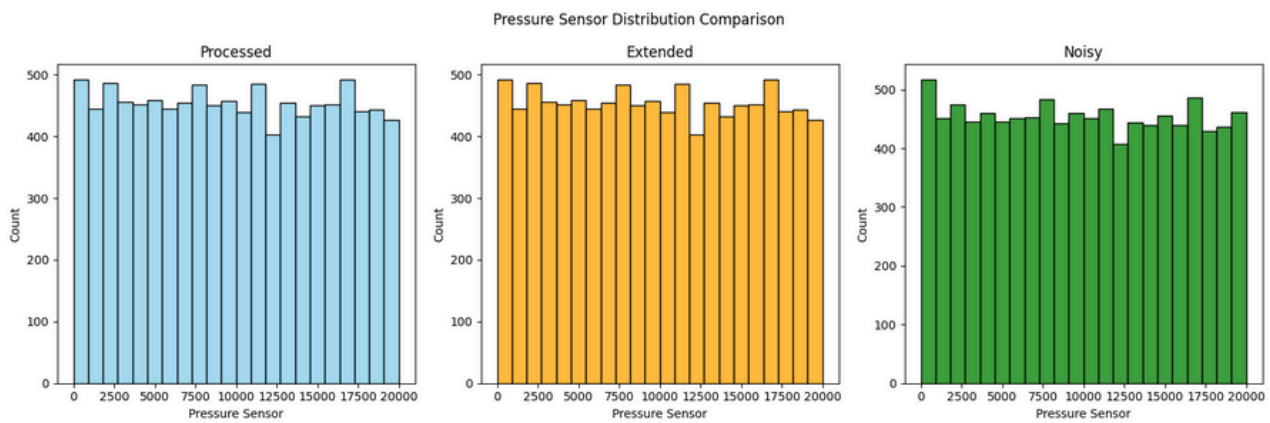


متدولوژی و روش اجرای طرح :

روش انجام پروژه شامل پنج فاز اصلی است که با تمرکز بر توسعه گام‌به‌گام سیستم هوشمند، پوشش‌دهی داده، مدل‌سازی، توسعه نرم‌افزار، و استقرار صنعتی دنبال خواهد شد :

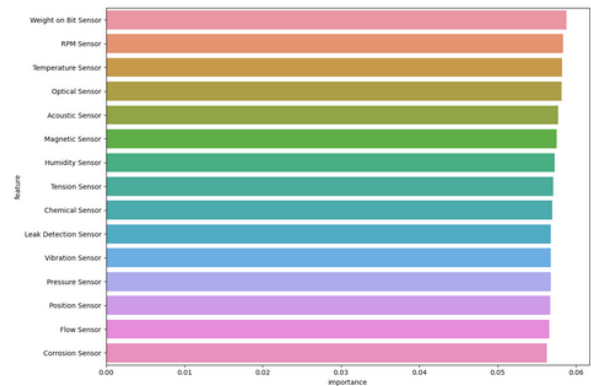
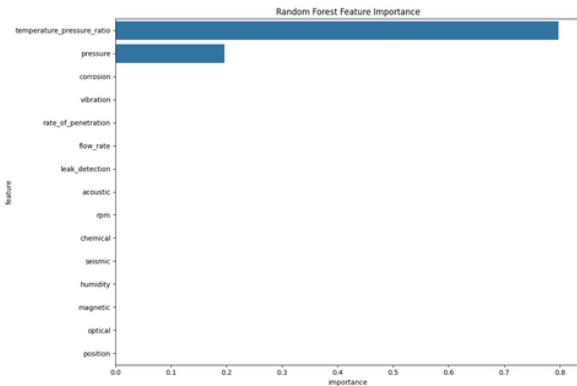
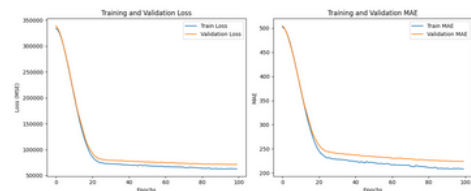
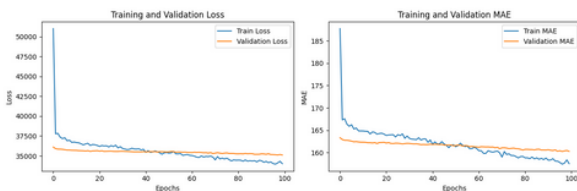
فاز 1: جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها

- بررسی سیستم‌های اطلاعاتی پالایشگاه و استخراج داده‌های تاریخی از فرآیند تولید، شامل:
- دما، فشار، دبی جریان، درصد کاتالیست، زمان واکنش و خروجی LPG
- تحلیل آماری، کشف الگو و حذف نویز از داده‌ها با استفاده از ابزارهای Seaborn، Pandas، و Scikit-learn در فایل Full_Data_Analysis.ipynb
- استخراج ویژگی‌های مشتق‌شده مانند نسبت دما به فشار، ضریب چگالی جریان، و محاسبه ضرایب همبستگی برای استفاده در مدل‌سازی



فاز 2: مدلسازی یادگیری ماشین و شبکه عصبی

- آموزش مدل‌های متنوع از جمله:
 - Keras/Tensorflow با Random Forest, XGBoost, Linear Regression, Neural Networks
- ارزیابی مدل‌ها بر اساس معیارهای دقت (MAE, RMSE) و انتخاب بهترین مدل برای استقرار
- ذخیره مدل نهایی و مقیاس‌گر داده‌ها با joblib برای استفاده در فاز بعد
- فایل مرجع: LPG_Model_Training.ipynb



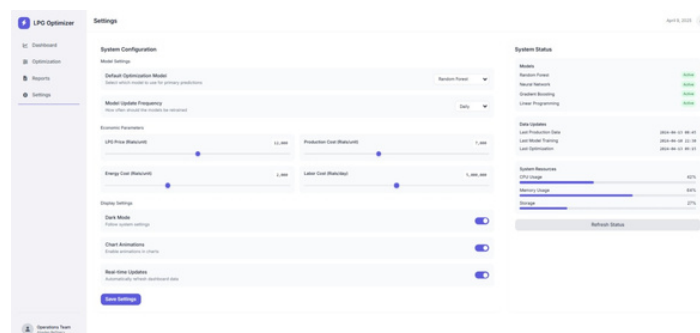
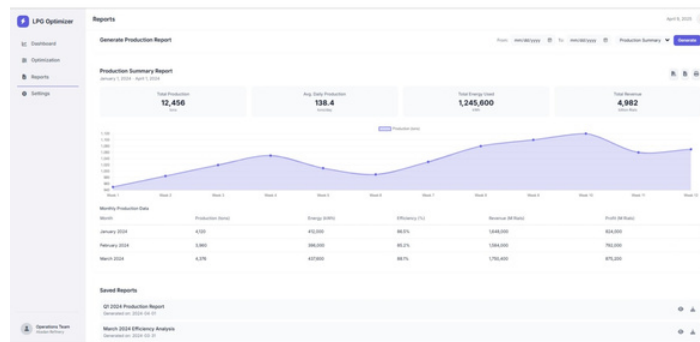
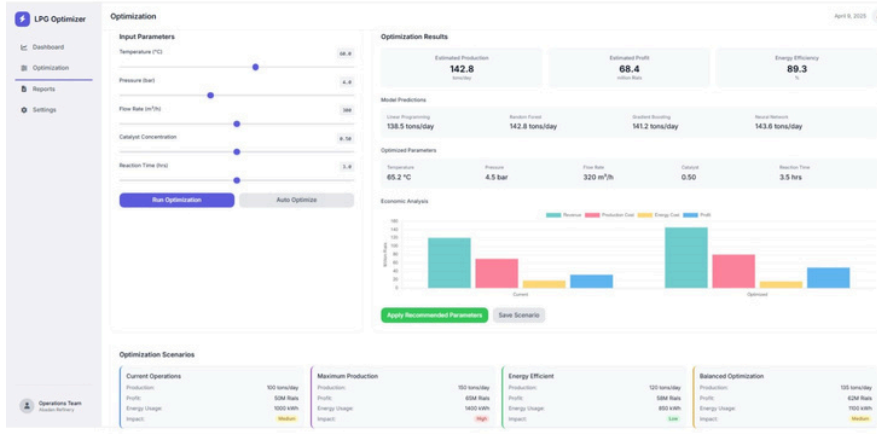
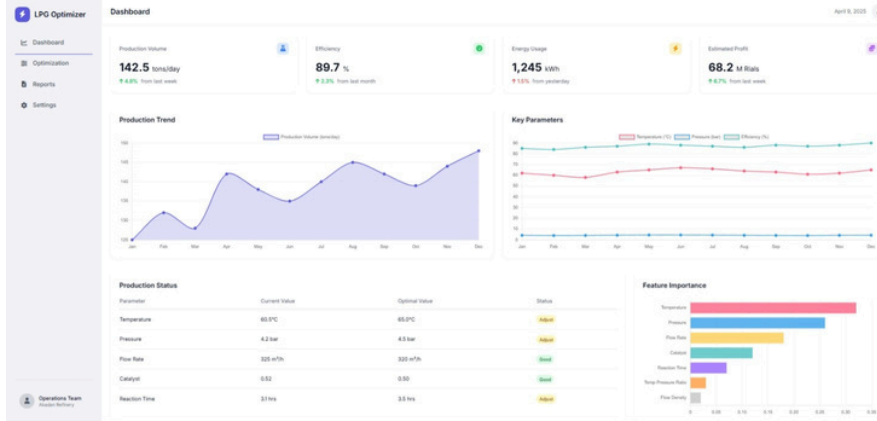
```

Metrics

1 Random Forest Performance:
2   MSE: 54.9084
3   RMSE: 7.4100
4   MAE: 2.6995
5   R2 Score: 0.9984
6
7 Gradient Boosting Performance:
8   MSE: 557.8163
9   RMSE: 23.6181
10  MAE: 16.3463
11  R2 Score: 0.9841
  
```

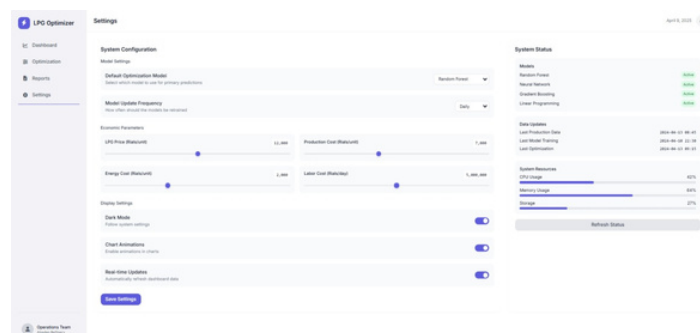
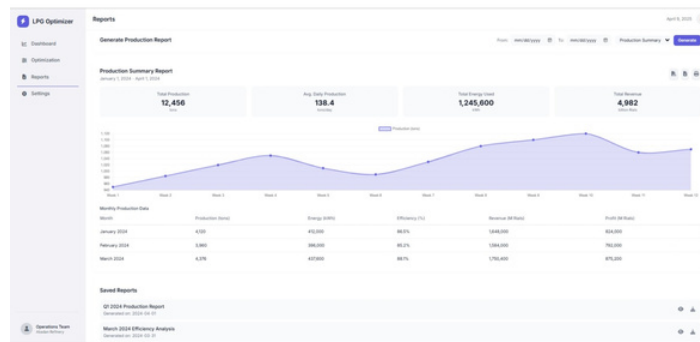
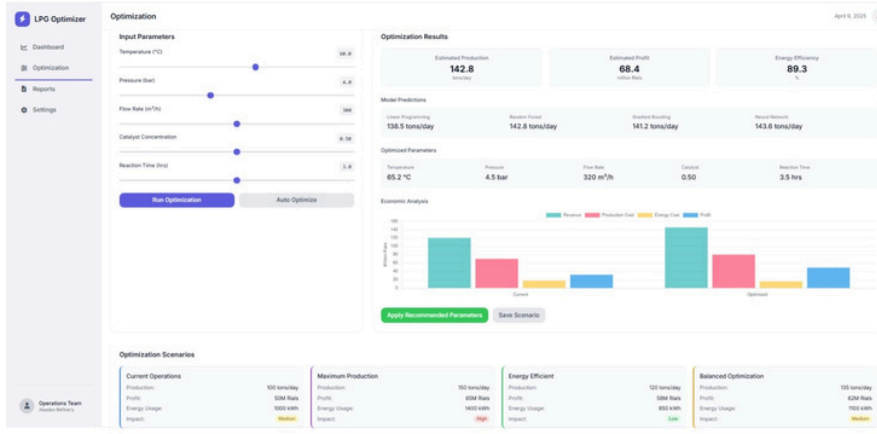
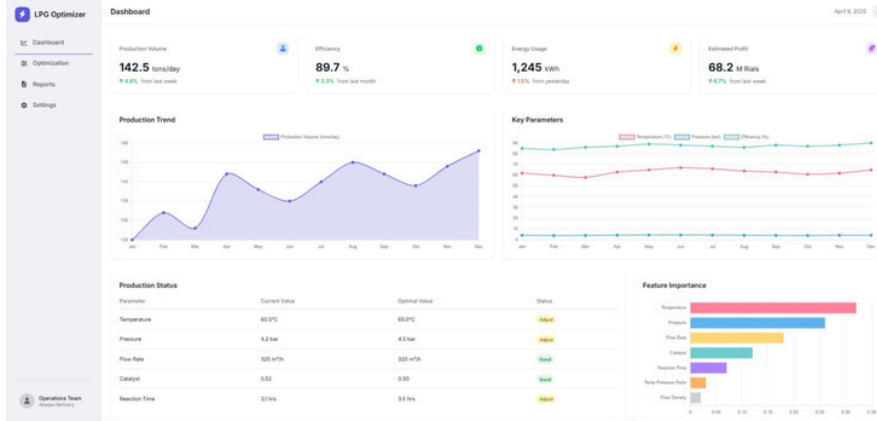
فاز 3: توسعه نرم افزار اولیه با Flask

- طراحی بک اند نرم افزار با استفاده از Flask (فایل app.py) برای:
 - پردازش ورودی های عملیاتی از سمت کاربر
 - پیش بینی حجم تولید LPG با مدل RandomForest
 - محاسبه شاخص های اقتصادی مانند درآمد، هزینه تولید، مصرف انرژی، سود خالص
 - اجرای مدل برنامه ریزی خطی برای بهینه سازی شرایط عملیاتی و افزایش تولید
 - ارائه API های JSON برای نمایش نتایج به صورت لحظه ای و دریافت داده های تاریخی یا اهمیت ویژگی ها



فاز 3: توسعه نرم افزار اولیه با Flask

- طراحی بک اند نرم افزار با استفاده از Flask (فایل app.py) برای:
 - پردازش ورودی های عملیاتی از سمت کاربر
 - پیش بینی حجم تولید LPG با مدل RandomForest
 - محاسبه شاخص های اقتصادی مانند درآمد، هزینه تولید، مصرف انرژی، سود خالص
 - اجرای مدل برنامه ریزی خطی برای بهینه سازی شرایط عملیاتی و افزایش تولید
 - ارائه API های JSON برای نمایش نتایج به صورت لحظه ای و دریافت داده های تاریخی یا اهمیت ویژگی ها



فاز 4: ارتقاء به پلتفرم حرفه‌ای با Django

- پیاده‌سازی داشبورد مدیریتی با سطوح دسترسی مختلف (مدیر، اپراتور، تحلیل‌گر)
- توسعه ماژول‌های امنیتی شامل:
 - احراز هویت JWT
 - محدودسازی IP و حملات Brute Force
 - رمزنگاری داده‌ها و محافظت از API‌ها
- طراحی ماژول‌های مصورسازی با Dash، Plotly یا Chart.js برای تحلیل بصری روند تولید و بهینه‌سازی

فاز 5: استقرار و مانیتورینگ صنعتی

- اتصال به سنسورهای صنعتی از طریق شبکه لوکال برای دریافت داده‌های زنده
- نصب و استقرار Prometheus برای مانیتورینگ لحظه‌ای پارامترهای کلیدی
- اجرای تست‌های پایداری و امنیتی در محیط صنعتی پالایشگاه
- مستندسازی و آموزش تیم بهره‌بردار برای استفاده بهینه از سامانه

```
Prometheus

1 global:
2   scrape_interval: 15s
3
4 scrape_configs:
5   - job_name: 'windows_exporter'
6     static_configs:
7       - targets: ['192.168.1.20:9182'] # Windows
8
9   - job_name: 'node_exporter_linux'
10    static_configs:
11      - targets: ['192.168.1.100:9100'] # Linux
```

در فاز توسعه پیشرفته، پشتیبانی از قابلیت‌های زیر نیز مدنظر قرار دارد:

- پیاده‌سازی سناریوهای بهینه‌سازی متنوع (حداکثر سود، حداقل انرژی، حالت متعادل)
- تحلیل اهمیت ویژگی‌ها در خروجی مدل برای تصمیم‌سازی بهتر مدیران
- پیاده‌سازی ماژول پیش‌بینی آینده با توجه به تغییر در شرایط خوراک و عملیات

چرا Django ?

برنامه نویسی به Qt5 و Signals and Slots مسلط بوده و چه بسا میتوان روی یک سیستم علمب مثل لینوکس یا ویندوز پروژه را اجرا کرد اما ! هر ابرادی که برای این سیستم پیش بیاید باعث توقف کل پروژه می شود اما روی سیستم های ابری این مشکل به وجود نخواهد آمد همچنین سرعت بالاتری برخورداریم و اجازه سرور لینوکسی ارزان است و قیمت خاصی نخواهد داشت و به کمک Docker میتوان از ابزار اتوماسیون مثل Ansible هم استفاده کرد و ارتقا پوزه به نسخه های بالاتر بسیار راحت ترخواهد بود و کار CI/CD هم راحت تر می شود.

پیشنهاد مجری طرح

با توجه به ماهیت فناوریانه، پیچیدگی‌های فنی و ترکیب تخصص‌های میان‌رشته‌ای (هوش مصنوعی، مهندسی فرآیند، برنامه‌ریزی خطی، توسعه نرم‌افزار، و امنیت زیرساخت)، پیشنهاد می‌شود همکاری با یکی از گزینه‌های زیر جهت اجرای تخصصی پروژه انجام گیرد:

الف) شرکت‌های دانش‌بنیان فعال در حوزه هوش مصنوعی صنعتی و انرژی

این شرکت‌ها معمولاً دارای تیم‌های تخصصی در زمینه یادگیری ماشین، توسعه API، طراحی سیستم‌های مانیتورینگ صنعتی و هوش تجاری (BI) هستند.

ب) همکاری با دانشگاه‌های صنعتی معتبر مانند:

- دانشگاه صنعتی شریف (مرکز داده‌کاوی و هوش مصنوعی)
- دانشگاه علم و صنعت (گروه سیستم‌های هوشمند و شبکه‌های صنعتی)
- پژوهشگاه صنعت نفت (در حوزه بهینه‌سازی و مدل‌سازی فرآیندهای نفتی)

دلایل پیشنهاد:

- تسلط به فناوری‌های متن‌باز و بومی‌سازی شده
- سابقه همکاری با صنایع نفت، گاز و پتروشیمی
- توانایی اجرای پروژه در مقیاس صنعتی با هزینه بهینه

برآورد بودجه پیشنهادی

با توجه به اینکه بخش اعظم توسعه نرم‌افزاری پروژه در دمو اولیه به‌صورت بومی و بدون نیاز به لایسنس خارجی پیاده‌سازی شده است، بخش اصلی هزینه به موارد زیر مربوط می‌شود:

ردیف	شرح هزینه	تخمین هزینه (ریال)
۱	خرید و نصب سنسورهای صنعتی برای پارامترهای دما، فشار، دبی، کاتالیز	۶,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۲	راه‌اندازی زیرساخت سرور محلی (با امنیت سطح بالا)	۳۸۰,۰۰۰,۰۰۰
۳	داشبورد گزارشات + Prometheus استقرار و تنظیم نرم‌افزار مانیتورینگ	۳۸۰,۰۰۰,۰۰۰
۴	امنیت، مدیریت کاربران و مصورسازی، توسعه نرم‌افزار نهایی با Django	۳۸۰,۰۰۰,۰۰۰
۵	تست میدانی، مستندسازی، آموزش پرسنل بهره‌بردار	۲,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
۶	پشتیبانی، نگهداری و به‌روزرسانی طی ۱۲ ماه	۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰
	جمع کل	۹,۲۴۰,۰۰۰,۰۰۰ ریال
مدت زمان	عنوان فاز	فاز
۱ ماه	جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها	۱
۱ ماه	مدلسازی و آموزش الگوریتم‌ها	۱
۱ ماه	(Flask) توسعه اولیه نرم‌افزار	۱
۱ ماه	امنیت و سطوح دسترسی + Django مهاجرت به	۲,۳
۱ ماه	Prometheus اتصال به سنسورها و راه‌اندازی مانیتورینگ	۴,۵
۱ ماه	API پیاده‌سازی داشبورد تحلیلی و	۶
۲ ماه	تست میدانی، آموزش و مستندسازی	۷
مدت کل: ۸ ماه		