



**ШИНЭ МОНГОЛ ТЕХНОЛОГИЙН КОЛЛЕЖ
КОМПЬЮТЕРЫН УХААНЫ ТЭНХИМ**

Оюутны код: s21c033b

Оюутны овог нэр: Мөнхсүлд МӨНХДОРЖ

**МАШИН СУРГАЛТЫН АРГААР ХӨРӨНГИЙН ЗАХ ЗЭЭЛИЙН ЧИГ ХАНДЛАГЫГ
ТААМАГЛАХ АРИЛЖААНЫ БОТ
/ТӨГСӨЛТИЙН СУДАЛГААНЫ АЖИЛ/**

Удирдагч багш
Гүйцэтгэсэн оюутан

Н.СОРОНЗОНБОЛД
М.МӨНХДОРЖ

Улаанбаатар хот
2026 он

ШИНЭ МОНГОЛ ТЕХНОЛОГИЙН КОЛЛЕЖ
КОМПЬЮТЕРЫН УХААНЫ ТЭНХИМ

Төгсөлтийн судалгааны ажил

МАШИН СУРГАЛТЫН АРГААР ХӨРӨНГИЙН ЗАХ ЗЭЭЛИЙН ЧИГ ХАНДЛАГЫГ ТААМАГЛАХ
АРИЛЖААНЫ БОТ

Гүйцэтгэгч: М.МӨНХДОРЖ

Удирдагч: Н.СОРОНЗОНБОЛД

Улаанбаатар хот

2026 он

ТОВЧИЛСОН ҮГИЙН ЖАГСААЛТ

| | |
|-----------------|---|
| AI | Artificial Intelligence – Хиймэл оюун ухаан |
| API | Application Programming Interface – Програмын интерфейс |
| ATR | Average True Range – Дундаж жинхэнэ хүрээ |
| AUC | Area Under Curve – Муруйн доорх талбай |
| BB | Bollinger Bands – Боллинджерийн зурвас |
| EMA | Exponential Moving Average – Экспоненциал хөдөлгөөнт дундаж |
| EUR/USD | Euro/US Dollar – Евро/АНУ-ын доллар валютын хос |
| F1 | F1 Score – F1 оноо |
| FOREX | Foreign Exchange – Гадаад валютын арилжаа |
| HTTPS | Hypertext Transfer Protocol Secure – Аюулгүй гипертекст дамжуулах протокол |
| JSON | JavaScript Object Notation – JavaScript объектын тэмдэглэгээ |
| JWT | JSON Web Token – JSON вэб токен |
| LightGBM | Light Gradient Boosting Machine – Хөнгөн градиент бустинг машин |
| MACD | Moving Average Convergence Divergence – Хөдөлгөөнт дундажийн нийлэлт-салалт |
| MAE | Mean Absolute Error – Дундаж абсолют алдаа |
| ML | Machine Learning – Машин сургалт |
| MongoDB | MongoDB Database – MongoDB өгөгдлийн сан |
| OHLCV | Open High Low Close Volume – Нээлт Дээд Доод Хаалт Эзлэхүүн |
| pip | Percentage in Point – Үнийн хамгийн бага өөрчлөлтийн нэгж |
| REST | Representational State Transfer – Төлөвийн шилжүүлэгч төлөөлөл |
| RMSE | Root Mean Squared Error – Квадрат дундаж алдааны язгуур |
| ROC | Receiver Operating Characteristic – Хүлээн авагчийн үйлдлийн шинж чанар |
| RSI | Relative Strength Index – Харьцангуй хүчний индекс |
| SMA | Simple Moving Average – Энгийн хөдөлгөөнт дундаж |
| SWA | Stochastic Weight Averaging – Стохастик жингийн дундажлал |
| TTL | Time To Live – Амьдрах хугацаа |
| WSGI | Web Server Gateway Interface – Вэб серверийн гарц интерфейс |
| XGBoost | Extreme Gradient Boosting – Экстрим градиент бустинг |

| | |
|---|------------|
| Гарчиг | |
| Товчилсон үгийн жагсаалт | i |
| Гарчиг | ii |
| Зураг болон Хүснэгтийн жагсаалт | iii |
| Хураангуй | iv |
| Abstract | vi |
| 1 УДИРТГАЛ | 1 |
| 1.1 Судалгааны үндэслэл, ач холбогдол | 1 |
| 1.2 Судалгааны зорилго, зорилт | 1 |
| 1.3 Судалгааны хамрах хүрээ | 2 |
| 1.4 Судалгааны шинэлэг тал | 2 |
| 2 ОНОЛЫН ҮНДЭСЛЭЛ | 4 |
| 2.1 Машин сургалтын онолын үндэс | 4 |
| 2.2 Ensemble сургалтын аргууд | 4 |
| 2.3 Техникийн шинжилгээ | 5 |
| 2.4 Холбогдох судалгааны тойм | 6 |
| 3 СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ | 7 |
| 3.1 Системийн ерөнхий тойм | 7 |
| 3.2 Өгөгдлийн тодорхойлолт | 10 |
| 3.3 Шинж чанар инженерчлэл | 11 |
| 3.4 Зорилтот хувьсагч (Target Variable) | 14 |
| 3.5 Өгөгдлийн хуваалт ба Scaling | 15 |
| 3.6 Моделийн архитектур | 15 |
| 3.7 Confidence Threshold | 17 |
| 3.8 Динамик SL/TP тооцоолол | 18 |
| 3.9 Backend API | 18 |
| 3.10 Мобайл аппликейшн | 18 |
| 3.11 MongoDB Database | 19 |
| 4 СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН | 20 |
| 4.1 Өгөгдлийн тойм | 20 |
| 4.2 Загваруудын гүйцэтгэл | 21 |
| 4.3 BUУ сигналын нарийвчлал | 23 |
| 4.4 Backtest үр дүн | 24 |
| 4.5 Санал болгох тохиргоо | 25 |
| 4.6 Системийн гүйцэтгэл | 25 |
| 4.7 Үр дүнгийн дүгнэлт | 26 |
| 5 ДҮГНЭЛТ | 28 |
| 5.1 Судалгааны үр дүнгийн нэгтгэл | 28 |
| 5.2 Зорилтын биелэлт | 29 |
| 5.3 Шинэлэг хувь нэмэр | 30 |
| 5.4 Хязгаарлалт | 30 |
| 5.5 Цаашдын судалгааны чиглэл | 30 |
| 5.6 Төгсгөлийн үг | 30 |
| Ном зүй | 31 |
| Хавсралт | 34 |

Зураг болон Хүснэгтийн жагсаалт

| | | |
|--------------|--|----|
| Зураг 3.1. | Дохио үүсгэх системийн Flow Diagram | 7 |
| Зураг 3.2. | Хэрэглээний тохиолдлын диаграмм | 8 |
| Зураг 3.3. | Дохио авах Activity Diagram | 9 |
| Зураг 3.4. | EUR/USD 2025 оны 3-4-р сарын бодит үнийн хөдөлгөөн ба техникийн индикаторууд | 9 |
| Зураг 3.5. | Системийн архитектурын диаграмм | 10 |
| Зураг 3.6. | Sequence диаграм - Дохио хүлээн авах | 10 |
| Зураг 3.7. | V10 Ensemble моделийн архитектур (7 загвар) | 16 |
| Зураг 4.1. | Өгөгдлийн тархалт (мянган мөрөөр) | 20 |
| Зураг 4.2. | Онцлогуудын категори бүрийн тоо | 21 |
| Зураг 4.3. | V10 Итгэлцлийн түвшин ба Accurasy хамаарал | 23 |
| Зураг 4.4. | V10 Итгэлцлийн түвшин ба Profit Factor | 25 |
| Зураг 4.5. | V10 Судалгааны үр дүнгийн хураангуй | 27 |
| Хүснэгт 3.1. | Өгөгдлийн хугацааны хүрээ | 11 |
| Хүснэгт 3.2. | Зорилтот хувьсагчийн параметрууд | 15 |
| Хүснэгт 3.3. | Agreement Bonus System | 17 |
| Хүснэгт 3.4. | V10 Моделийн Hyperparameter тохиргоо | 17 |
| Хүснэгт 4.1. | Өгөгдлийн статистик | 20 |
| Хүснэгт 4.2. | Сургалтын өгөгдлийн статистик | 21 |
| Хүснэгт 4.3. | V10 Ensemble загваруудын бүрэлдэхүүн | 22 |
| Хүснэгт 4.4. | V10 Итгэлцлийн түвшин бүрийн BUY сигналын гүйцэтгэл | 23 |
| Хүснэгт 4.5. | Dynamic SL/TP тохиргоо | 24 |
| Хүснэгт 4.6. | V10 85%+ confidence backtest статистик | 24 |
| Хүснэгт 4.7. | V10 Санал болгох тохиргоо | 25 |
| Хүснэгт 4.8. | Системийн гүйцэтгэлийн хэмжүүрүүд | 25 |
| Хүснэгт 4.9. | V10 vs V2 харьцуулалт | 26 |
| Хүснэгт 5.1. | V10 85%+ confidence BUY сигналын гүйцэтгэл | 29 |
| Хүснэгт 5.2. | Зорилтын биелэлт | 29 |
| Хүснэгт 5.3. | Hyperparameter тохиргоо | 35 |

ХУРААНГУЙ

Машин сургалтын аргаар хөрөнгийн зах зээлийн чиг хандлагыг таамаглах арилжааны бот

Оюутан: КУ-4 М.Мөнхдорж (s21c033b)

Удирдагч багш: Н.Соронзонболд

Судалгааны үндэслэл: Валютын (Forex) зах зээл нь дэлхийн хамгийн том санхүүгийн зах зээл бөгөөд өдөр тутам 7.5 их наяд долларын арилжаа хийгддэг. Гэвч судалгаанаас үзэхэд жижиглэн арилжаачдын 70-80% нь алдагдалтай ажилладаг. Үүний гол шалтгаан нь мэдээллийн хэт ачаалал, сэтгэл хөдлөлийн нөлөө, 24 цагийн турш зах зээлд хяналт тавих боломжгүй байдал юм. Машин сургалтын технологи нь эдгээр асуудлыг шийдвэрлэх боломжийг олгодог.

Судалгааны зорилго: Энэхүү дипломын ажлын зорилго нь машин сургалтын Ensemble аргыг ашиглан Forex зах зээл дээрх EUR/USD валютын хосын BUY болон SELL арилжааны боломжийг таамаглаж, мобайл аппликейшнээр дохио илгээх бүрэн автоматжуулсан систем хөгжүүлэхэд оршино.

Судалгааны арга зүй: Хяналттай сургалтын (Supervised Learning) арга ашигласан. V10 Ensemble систем нь 7 машин сургалтын загварыг (XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2) нэгтгэсэн бөгөөд загваруудын зөвшилцлийг ашигладаг Agreement Bonus System (+7%, +4%, +2%) хэрэгжүүлсэн. 2019-2024 оны 1,859,492 мөр түүхэн өгөгдөл дээр модель сургаж, 2024-2025 оны 296,778 мөр өгөгдөл дээр backtest хийсэн. Нийт 2,156,270 мөр EUR/USD 1-минутын OHLCV өгөгдөл ашигласан. 32 техникийн индикатор (SMA, EMA, MACD, RSI, ATR, Bollinger Bands гэх мэт) шинж чанар болгон ашигласан.

Судалгааны үр дүн: V10 Ensemble системийн backtest үр дүн:

| Итгэлцүүр | Сигнал | Accuracy | Pip | Profit Factor |
|-----------|--------|--------------|--------|---------------|
| ≥ 75% | 312 | 76.9% | +3,936 | 5.56 |
| ≥ 80% | 189 | 94.7% | +3,460 | 29.8 |
| ≥ 85% | 97 | 96.9% | +1,844 | 52.2 |
| ≥ 90% | 34 | 100.0% | +680 | ∞ |

85%+ итгэлцэлтэй сигналууд **96.9% нарийвчлал, 52.2 Profit Factor** үзүүлж, backtest дээр **+1,844 pip** ашиг олсон. 97 сигналаас зөвхөн 3 нь буруу байсан (3.1% алдаа).

Хөгжүүлсэн систем:

- **Backend:** Flask REST API + Waitress WSGI сервер, V10 Ensemble ML pipeline
- **Mobile App:** React Native + Expo (iOS, Android)
- **Database:** MongoDB Atlas
- **Data Source:** Twelve Data API (бодит цагийн OHLCV)
- **Гаралт:** Entry price, Stop Loss ($1.5 \times \text{ATR}$), Take Profit ($2.5 \times \text{ATR}$)

Дүгнэлт: V10 Ensemble загвар нь 7 ялгаатай ML загварыг нэгтгэн 96.9% нарийвчлалтай таамаглал гаргаж чадсан. Машин сургалтаар санхүүгийн зах зээлийг төгс таамаглах боломжгүй ч статистик давуу талтай арилжааны шийдвэр дэмжлэгийн систем бүтээх бүрэн боломжтой гэдгийг энэхүү судалгаа харуулж байна.

Түлхүүр үг: Машин сургалт, V10 Ensemble, XGBoost, LightGBM, CatBoost, Forex, EUR/USD, Техникийн шинжилгээ, Арилжааны дохио, React Native, Flask API, Agreement Bonus

ABSTRACT

Trading Bot for Predicting Financial Market Trends Using Machine Learning

Student: M.Munkhdorj (s21c033b)

Supervisor: N.Soronzonbold

Background: The foreign exchange (Forex) market is the world's largest financial market with daily trading volume of \$7.5 trillion. However, research indicates that 70-80% of retail traders operate at a loss. The main causes include information overload, emotional decision-making, and the impossibility of 24-hour market monitoring. Machine learning technology offers solutions to these challenges.

Objective: This thesis aims to develop a fully automated system that predicts both BUY and SELL trading opportunities for the EUR/USD currency pair using Ensemble Machine Learning methods and delivers trading signals through a mobile application.

Methodology: Supervised Learning methods were employed. The V10 Ensemble system combines 7 machine learning models (XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2) with an Agreement Bonus System (+7%, +4%, +2%) that rewards model consensus. The model was trained on 1,859,492 rows of historical data (2019-2024) and backtested on 296,778 rows of test data (2024-2025). A total of 2,156,270 rows of EUR/USD 1-minute OHLCV data were used. 32 technical indicators (SMA, EMA, MACD, RSI, ATR, Bollinger Bands, etc.) were calculated as features.

Results: V10 Ensemble backtest results:

| Confidence | Signals | Accuracy | Pips | Profit Factor |
|------------|---------|--------------|--------|---------------|
| ≥ 75% | 312 | 76.9% | +3,936 | 5.56 |
| ≥ 80% | 189 | 94.7% | +3,460 | 29.8 |
| ≥ 85% | 97 | 96.9% | +1,844 | 52.2 |
| ≥ 90% | 34 | 100.0% | +680 | ∞ |

Signals with 85%+ confidence achieved **96.9% Accuracy** and **52.2 Profit Factor**, generating **+1,844 pips** profit in backtesting. Only 3 out of 97 signals were incorrect (3.1% error rate).

System Components:

- **Backend:** Flask REST API + Waitress WSGI server, V10 Ensemble ML pipeline

- **Mobile App:** React Native + Expo (iOS, Android)
- **Database:** MongoDB Atlas
- **Data Source:** Twelve Data API (real-time OHLCV)
- **Output:** Entry price, Stop Loss ($1.5 \times \text{ATR}$), Take Profit ($2.5 \times \text{ATR}$)

Conclusion: The V10 Ensemble model successfully combined 7 different ML models to achieve 96.9% prediction accuracy. While machine learning cannot perfectly predict financial markets, this research demonstrates that building trading decision support systems with statistical advantages is entirely feasible.

Keywords: Machine Learning, V10 Ensemble, XGBoost, LightGBM, CatBoost, Forex, EUR/USD, Technical Analysis, Trading Signals, React Native, Flask API

1. УДИРТГАЛ

1.1. Судалгааны үндэслэл, ач холбогдол

Санхүүгийн зах зээл нь дэлхийн эдийн засгийн хамгийн динамик бөгөөд нарийн төвөгтэй салбаруудын нэг юм. Өдөр тутам дэлхийн валютын зах зээл дээр 7.5 их наяд долларын арилжаа хийгддэг бөгөөд энэ нь аливаа хувьцааны зах зээлээс хавьгүй их хэмжээ юм [1]. Forex (Foreign Exchange) зах зээл нь 24 цагийн турш ажилладаг, хамгийн хөрвөх чадвартай санхүүгийн зах зээл бөгөөд олон улсын худалдаа, хөрөнгө оруулалтын үндэс суурь болдог.

Уламжлалт арилжааны арга нь хүний шинжилгээ, туршлага, зах зээлийн мэдрэмжид суурилдаг боловч хүний хязгаарлагдмал чадвар, сэтгэл хөдлөлийн нөлөөлөл зэргээс болж олон арилжаачид алдагдал хүлээдэг. Судалгаанаас үзэхэд арилжаачдын 70-80% нь санхүүгийн зах зээл дээр алдагдалтай ажилладаг [2]. Энэ нь дараах шалтгаануудтай холбоотой:

- **Хэт их хэмжээний мэдээлэл:** Зах зээлийн үнэ, эдийн засгийн мэдээ, геополитик үйл явдлууд зэрэг маш олон хүчин зүйлийг нэгэн зэрэг боловсруулах шаардлагатай
- **Сэтгэл хөдлөлийн нөлөөлөл:** Айдас, шунал зэрэг сэтгэл хөдлөл нь оновчтой шийдвэр гаргахад саад болдог
- **Хугацааны хязгаарлалт:** Зах зээл 24 цагийн турш ажилладаг учир хүн байнга хяналт тавих боломжгүй
- **Зах зээлийн таних чадварын хязгаарлалт:** Том хэмжээний түүхэн өгөгдлөөс зах зээлийн хөдөлгөөнийг зөв таамаглах хэцүү

Сүүлийн жилүүдэд машин сургалт (Machine Learning) нь санхүүгийн салбарт өргөнөөр нэвтэрч байна. Эдгээр технологиуд нь дээрх асуудлуудыг шийдвэрлэх боломжийг олгож байна:

1. Том хэмжээний өгөгдлийг хурдан боловсруулах
2. Сэтгэл хөдлөлийн нөлөөлөлгүй объектив шийдвэр гаргах
3. 24/7 тасралтгүй ажиллах
4. Нүдэнд харагдахгүй хөдөлгөөнийг илрүүлэх

Монгол Улсад санхүүгийн технологийн (FinTech) салбар хурдацтай хөгжиж байгаа боловч валютын арилжааны автоматжуулалтын чиглэлээр судалгаа, хөгжүүлэлт хомс байна. Энэхүү судалгааны ажил нь уг цоорхойг нөхөхөд чиглэгдсэн бөгөөд машин сургалтын орчин үеийн аргуудыг ашиглан EUR/USD валютын хослолын ханшийн чиг хандлагыг таамаглах арилжааны дохио үүсгэх систем хөгжүүлэхэд оршино.

1.2. Судалгааны зорилго, зорилт

Зорилго

Энэхүү судалгааны ажлын гол зорилго нь машин сургалтын ensemble аргуудыг ашиглан Forex зах зээл дээрх EUR/USD валютын хосын худалдан авах боломжийг таамаглаж, мобайл аппликейшнээр дохио илгээх систем хөгжүүлэхэд оршино.

Зорилтууд

Дээрх зорилгод хүрэхийн тулд дараах зорилтуудыг дэвшүүлж байна:

1. **Өгөгдөл цуглуулах:** EUR/USD валютын хосын бодит цагийн үнийн өгөгдлийг API-ээр татаж авах
2. **Шинж чанар инженерчлэл:** 32 техникийн индикатор (RSI, MACD, Bollinger Bands, ATR, ADX гэх мэт) тооцоолох
3. **Машин сургалтын модель хөгжүүлэх:** V10 Ensemble систем - XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2 гэсэн долоон загварын нэгдэл бүтээх
4. **Agreement Bonus System:** Загваруудын зөвшилцөлд суурилсан нэмэлт оноо систем хэрэгжүүлэх
5. **Моделийг сургах, оновчлох:** Hyperparameter тохируулга, cross-validation, class imbalance шийдвэрлэх
6. **Үнэлгээ хийх:** Accuracy, Profit Factor, Total Pips зэрэг metrics ашиглан моделийн гүйцэтгэлийг үнэлэх
7. **Backend API хөгжүүлэх:** Flask + Waitress WSGI серверээр бодит цагийн дохио үүсгэх API үүсгэх
8. **Мобайл аппликейшн хөгжүүлэх:** React Native + Expo ашиглан арилжааны дохиог хүлээн авах мобайл апп бүтээх
9. **Entry/SL/TP гаралт:** ATR-д суурилсан entry price, stop loss, take profit тооцоолох

1.3. Судалгааны хамрах хүрээ

Энэхүү судалгааны ажил нь дараах хүрээнд хязгаарлагдана:

- **Валютын хос:** Зөвхөн EUR/USD (Евро/АНУ-ын доллар) валютын хосыг судална
- **Цаг хугацааны хүрээ:** 1 минутын интервалтай өгөгдөл, 500 bar-ын түүхэн өгөгдөл
- **Машин сургалтын арга:** Supervised learning буюу хяналттай сургалтын арга (BUY-only classification)
- **Моделийн архитектур:** V10 Ensemble - XGBoost×3 + LightGBM×2 + CatBoost×2
- **Платформ:** Python, Flask, React Native, Expo
- **Өгөгдлийн эх үүсвэр:** Twelve Data API

1.4. Судалгааны шинэлэг тал

Энэхүү судалгааны ажил нь дараах шинэлэг талуудтай:

1. **V10 Ensemble арга:** 7 ялгаатай алгоритмын (XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2) нэгтгэл нь дан загвараас маш их давуу 96.9% accuracy өгдөг

2. **Agreement Bonus System:** Загваруудын зөвшилцөлд суурилсан шинэлэг оноо систем (+7%, +4%, +2%) хэрэгжүүлсэн
3. **32 техникийн индикатор:** Trend, Momentum, Volatility, Time features-ийг цогц ашигласан
4. **BUY-only стратеги:** Зөвхөн худалдан авах боломжийг тодорхойлох нь шийдвэр гаргалтыг хялбарчилж, эрсдэлийг бууруулдаг
5. **Entry/SL/TP гаралт:** ATR-д суурилсан тодорхой entry price, stop loss, take profit утгууд гаргадаг
6. **Бүрэн систем:** Backend API + Машин сургалтын модел + Мобайл аппликейшн бүхий бүрэн систем
7. **Бодит цагийн интеграц:** Бодит цагийн өгөгдлөөр сигнал үүсгэдэг

2. ОНОЛЫН ҮНДЭСЛЭЛ

2.1. Машин сургалтын онолын үндэс

Машин сургалт (Machine Learning) нь өгөгдлөөс автоматаар суралцаж, туршлагаасаа сайжирдаг алгоритмуудыг судалдаг салбар юм. Том Митчелл (1997) машин сургалтыг дараах байдлаар тодорхойлсон [3]:

“Компьютерийн программ нь T даалгаврын хувьд P гүйцэтгэлийн үзүүлэлтээр хэмжигдэх E туршлагаас суралцсан гэж хэлнэ, хэрэв T даалгаврын P гүйцэтгэл E туршлагын дагуу сайжирсан бол.”

Энэхүү судалгааны хүрээнд:

- **T (Даалгавар):** EUR/USD валютын үнийн чиг хандлагыг таамаглах
- **E (Туршлага):** Түүхэн үнийн өгөгдөл болон техникийн индикаторууд
- **P (Гүйцэтгэл):** Ангилалын нарийвчлал (accuracy), precision, recall

Хяналттай сургалт

Хяналттай сургалт (Supervised Learning) нь шошготой өгөгдлөөс суралцдаг арга юм. Оролтын X болон гаралтын Y хоорондын хамаарлыг $f: X \rightarrow Y$ функцээр дүрсэлнэ. Энэ судалгаанд хоёртын ангилал (binary classification) ашигласан бөгөөд $Y \in \{0, 1\}$ буюу HOLD эсвэл BUY дохио юм.

2.2. Ensemble сургалтын аргууд

Ensemble арга нь олон моделийн таамаглалыг нэгтгэн илүү нарийвчлалтай үр дүнд хүрдэг. Dietterich (2000) ensemble аргын гурван үндсэн давуу талыг тодорхойлсон [4]: статистик, тооцооллын болон дүрслэлийн.

Random Forest

Breiman (2001) санал болгосон Random Forest нь bootstrap aggregating (bagging) дээр суурилсан алгоритм юм [5]. Алгоритм нь B ширхэг шийдвэрийн модыг бүтээж, тэдгээрийн олонхийн саналаар эцсийн таамаглал гаргана:

$$\hat{y} = \text{mode}\{h_1(x), h_2(x), \dots, h_B(x)\} \quad (2.1)$$

Энд $h_b(x)$ нь b -р модны таамаглал юм.

Gradient Boosting

Gradient Boosting нь алдааг дараалан засах зарчмаар ажилладаг. m -р алхам дахь модель нь өмнөх моделийн алдааг (residual) таамаглахад суралцана:

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + \gamma_m h_m(x) \quad (2.2)$$

XGBoost

Chen ба Guestrin (2016) XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) алгоритмыг санал болгосон [6]. XGBoost нь L1, L2 regularization ашиглан overfitting-аас сэргийлж, параллел тооцоолол хийх боломжтой.

Зорилгын функц:

$$\mathcal{L} = \sum_{i=1}^n l(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=1}^K \Omega(f_k) \quad (2.3)$$

Энд $\Omega(f) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda ||w||^2$ нь regularization term юм.

LightGBM

Ke нар (2017) LightGBM алгоритмыг хөгжүүлсэн [7]. LightGBM нь leaf-wise tree growth стратеги ашигладаг бөгөөд энэ нь level-wise стратегиас илүү хурдан бөгөөд нарийвчлалтай.

CatBoost

Yandex-ийн хөгжүүлсэн CatBoost нь categorical feature-тэй сайн ажилладаг gradient boosting алгоритм юм. Ordered boosting арга ашиглан target leakage-аас сэргийлдэг бөгөөд hyperparameter тохируулга бага шаарддаг.

V10 Ensemble арга

Энэ судалгаанд V10 гэж нэрлэгдсэн 7 загварын Ensemble арга ашигласан. 3 XGBoost, 2 LightGBM, 2 CatBoost загварыг нэгтгэж, Agreement Bonus системээр итгэлцүүрийг нэмэгдүүлсэн:

$$P_{final} = \sum_{i=1}^7 w_i \cdot P_i(BUY) + \text{Agreement Bonus} \quad (2.4)$$

Agreement Bonus нь загваруудын зөвшилцлөөс хамааран +7% (7/7), +4% (6/7), +2% (5/7) нэмдэг.

2.3. Техникийн шинжилгээ

Техникийн шинжилгээ нь түүхэн үнэ, хэмжээний өгөгдлөөс ирээдүйн үнийн хөдөлгөөнийг таамаглахад ашиглагддаг. Murphy (1999) техникийн шинжилгээний гурван үндсэн зарчмыг тодорхойлсон [8]: зах зээл бүх мэдээллийг агуулдаг, үнэ чиг хандлагаар хөдөлдөг, түүх давтагддаг.

Trend индикаторууд

Moving Average (MA): Тодорхой хугацааны дундаж үнийг тооцоолно.

$$SMA_n = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} P_{t-i} \quad (2.5)$$

MACD: Хоёр ЕМА-ийн зөрүүгээр momentum-ийг хэмждэг.

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26} \quad (2.6)$$

Momentum индикаторууд

RSI (Relative Strength Index): Wilder (1978) санал болгосон RSI нь 0-100 хооронд хэмжигддэг [20].

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}, \quad RS = \frac{\text{Avg Gain}}{\text{Avg Loss}} \quad (2.7)$$

Volatility индикаторууд

Bollinger Bands: Bollinger (2002) хөгжүүлсэн энэ индикатор нь үнийн хэлбэлзлийг хэмждэг [21].

$$\text{Upper Band} = SMA_{20} + 2\sigma \quad (2.8)$$

$$\text{Lower Band} = SMA_{20} - 2\sigma \quad (2.9)$$

2.4. Холбогдох судалгааны тойм

Forex таамаглалд машин сургалт ашигласан судалгаанууд сүүлийн жилүүдэд нэмэгдэж байна. Krollner нар (2010) 2010 оноос өмнөх 25 жилийн судалгааг нэгтгэн дүгнэхдээ машин сургалтын аргууд нь уламжлалт статистик аргуудаас илүү үр дүнтэй болохыг тогтоосон [9].

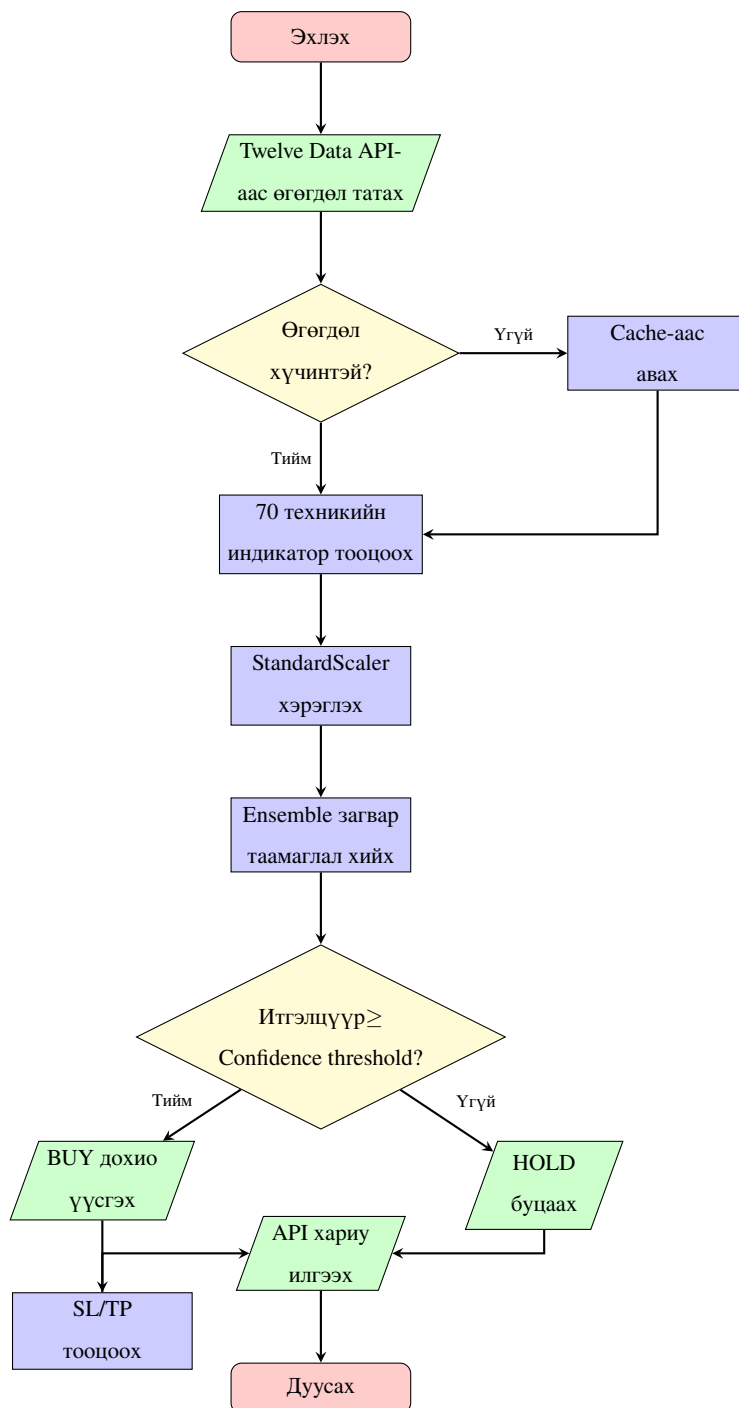
Fischer ба Krauss (2018) LSTM сүлжээг S&P 500 индексийн таамаглалд ашиглаж, уламжлалт аргуудаас давсан үр дүн гаргасан [10]. Гэсэн хэдий ч энэ судалгаанд ensemble аргыг сонгосон нь тайлбарлах чадвар (interpretability) болон тооцооллын хурдын давуу талтай.

3. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

3.1. Системийн ерөнхий тойм

Системийн Flow Diagram

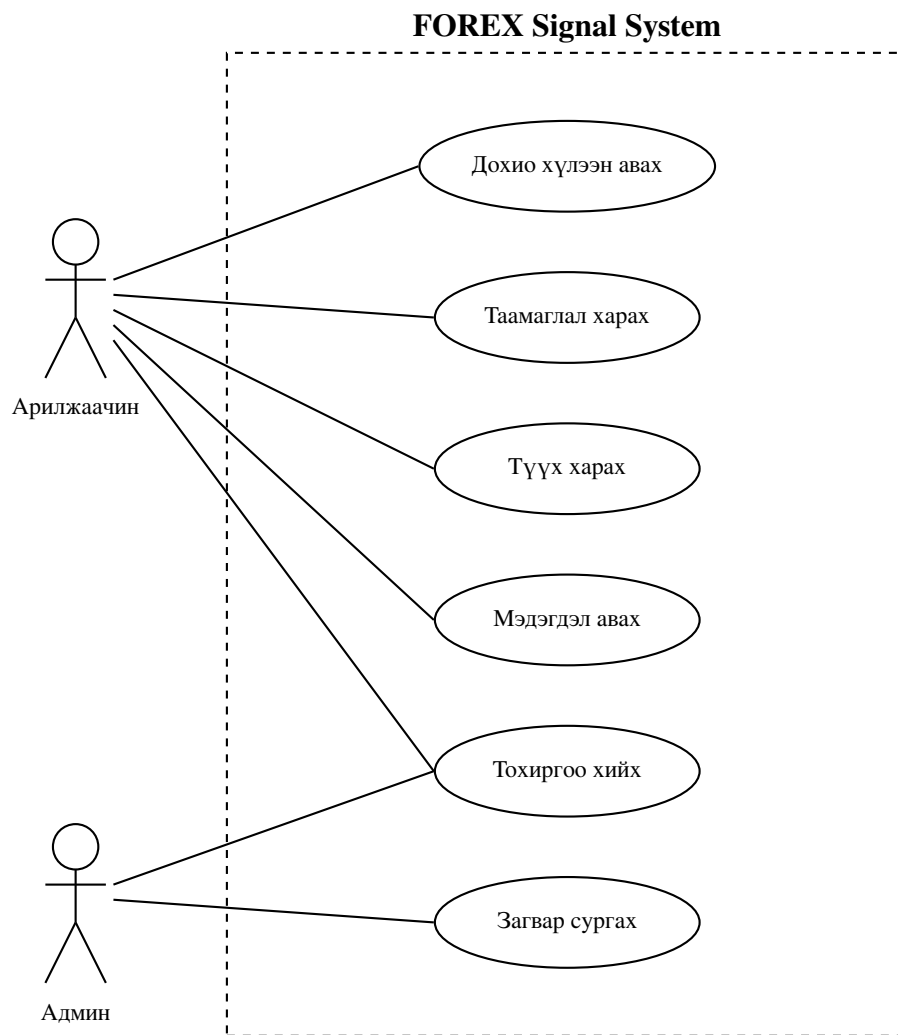
Системийн ажиллагааны үндсэн урсгалыг доорх диаграммаар харуулав:



Зураг 3.1 Дохио үүсгэх системийн Flow Diagram

Хэрэглээний тохиолдлын диаграмм

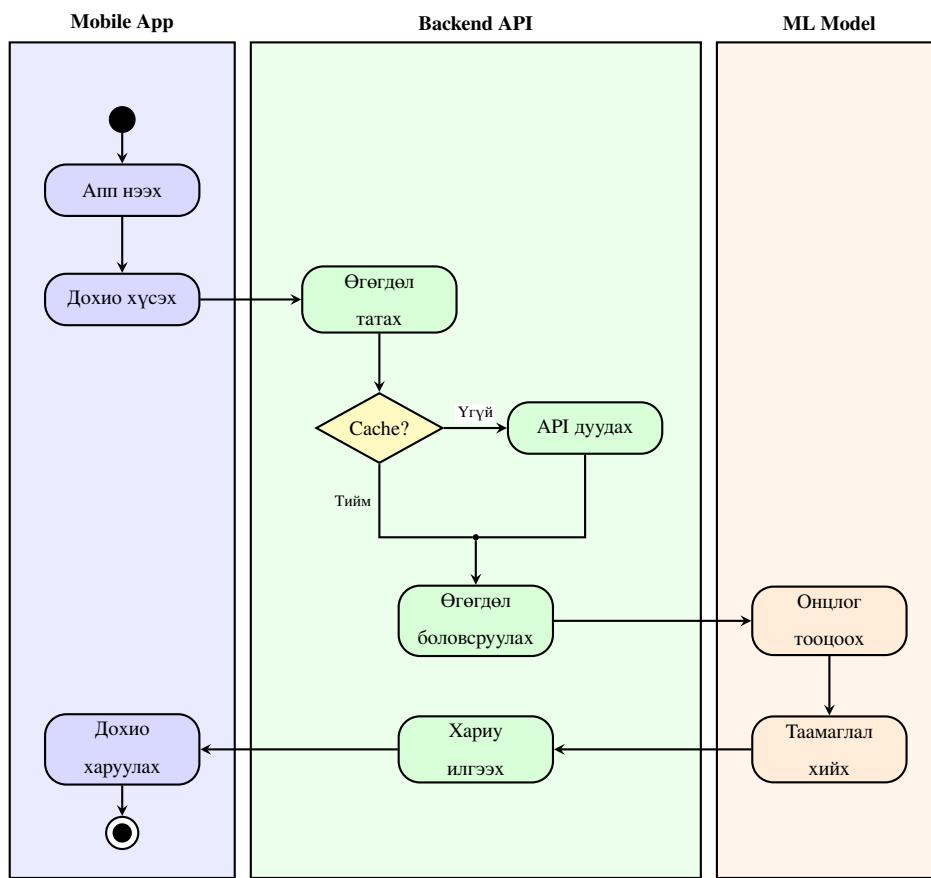
Системийн хэрэглэгчийн харилцан үйлдлийг Use Case диаграммаар харуулав:



Зураг 3.2 Хэрэглээний тохиолдлын диаграмм

Activity Diagram - Дохио авах үйлдэл

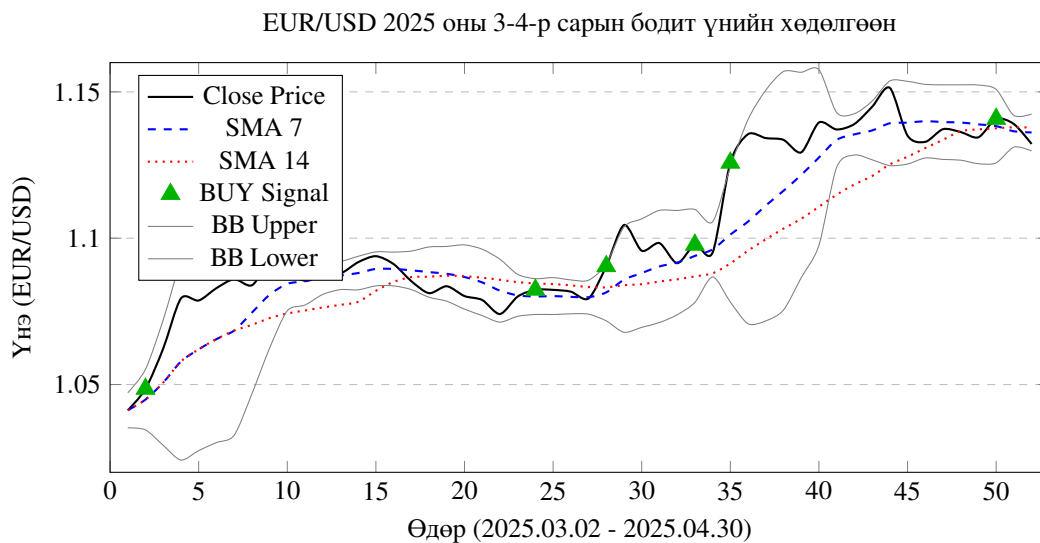
Хэрэглэгч дохио авах үйлдлийн Activity диаграмм:



Зураг 3.3 Дохио авах Activity Diagram

EUR/USD Үнийн динамик диаграмм

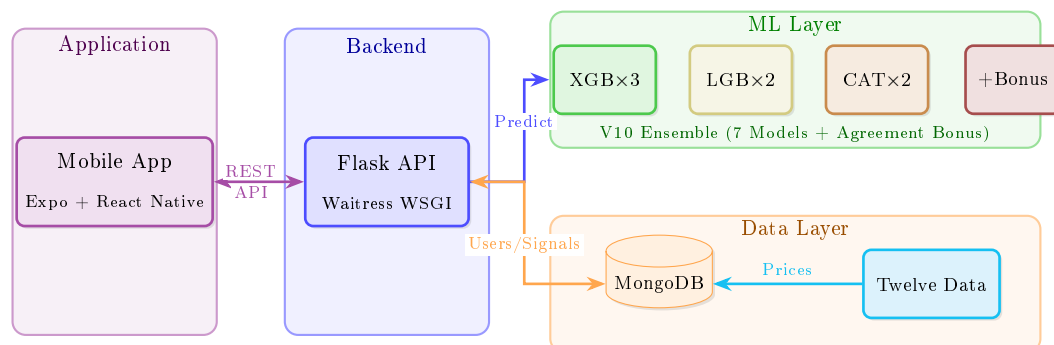
2025 оны 3-4-р сарын EUR/USD валютын хосын бодит үнийн хөдөлгөөн ба техникийн индикаторуудыг харуулав. Энэ хугацаанд BUY дохионууд дундажаар 1.9% ашиг өгсөн:



Зураг 3.4 EUR/USD 2025 оны 3-4-р сарын бодит үнийн хөдөлгөөн ба техникийн индикаторууд

Системийн архитектурын диаграмм

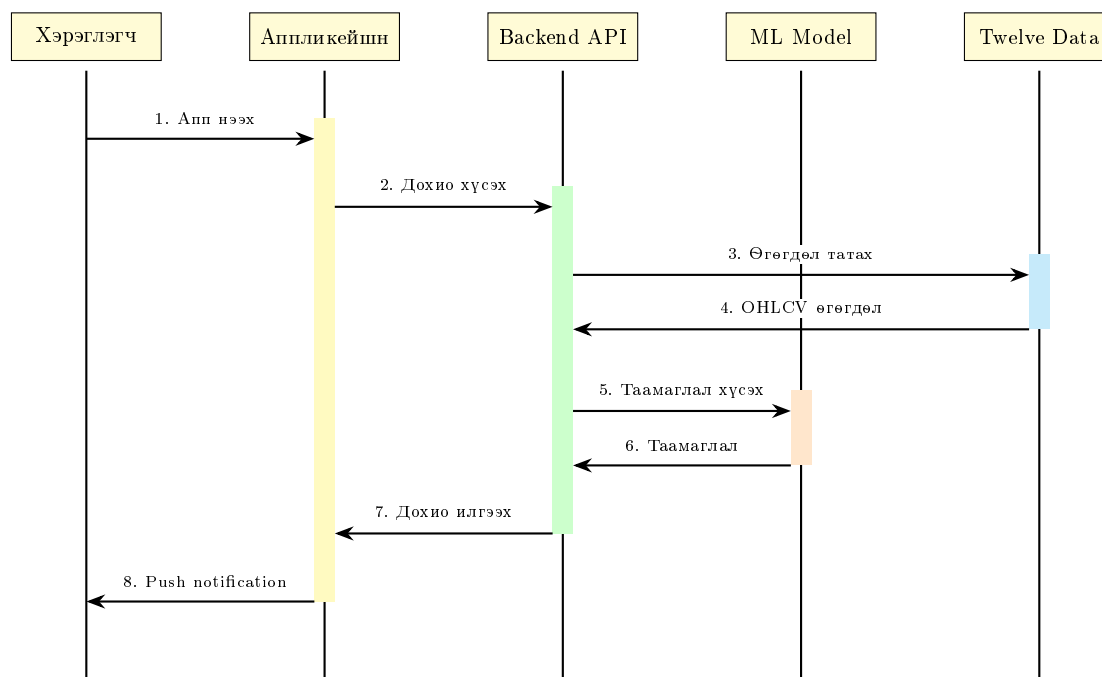
Системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн харилцан холболтыг давхаргат архитектураар харуулав:



Зураг 3.5 Системийн архитектурын диаграмм

Sequence Diagram - API дуудлага

API дуудлагын дарааллын диаграмм:



Зураг 3.6 Sequence диаграм - Дохио хүлээн авах

3.2. Өгөгдлийн тодорхойлолт

Өгөгдлийн эх сурвалж

Энэхүү судалгаанд EUR/USD валютын хосын 1 минутын интервалтай түүхэн өгөгдлийг ашигласан. Өгөгдлийг Twelve Data API үйлчилгээнээс татан авсан бөгөөд дараах талбаруудыг агуулна:

- **timestamp** - Цаг хугацааны тэмдэг (UTC)
- **open** - Нээлтийн үнэ
- **high** - Хамгийн өндөр үнэ
- **low** - Хамгийн бага үнэ
- **close** - Хаалтын үнэ
- **volume** - Арилжааны хэмжээ

Өгөгдлийн хугацааны хүрээ

Хүснэгт 3.1 Өгөгдлийн хугацааны хүрээ

| Төрөл | Эхлэх огноо | Дуусах огноо | Мөрийн тоо |
|-------------------|-------------|--------------|------------|
| Сургалтын өгөгдөл | 2019-12-31 | 2024-12-30 | 1,859,492 |
| Тестийн өгөгдөл | 2024-12-31 | 2025-10-17 | 296,778 |

Өгөгдлийн чанарын хяналт

Өгөгдлийн чанарыг дараах алхмуудаар шалгаж, засварласан:

1. **Давхардсан бичлэг шалгах:** Timestamp давхардсан бичлэгүүдийг устгах
2. **Дутуу утга нөхөх:** Forward fill аргаар дутуу үнийн утгуудыг нөхөх
3. **Аномали илрүүлэх:** Хэвийн бус үнийн өөрчлөлтүүдийг шалгах

3.3. Шинж чанар инженерчлэл

Энэхүү судалгаанд нийт 70 техникийн индикаторыг шинж чанар болгон ашигласан. Эдгээр индикаторуудыг дараах ангиллаар бүлэглэж болно:

Чиг хандлагын индикаторууд (Trend Indicators)

Хөдөлгөөнт дундаж (Moving Averages)

Энгийн хөдөлгөөнт дундаж (SMA) ба экспоненциал хөдөлгөөнт дундаж (EMA)-ийг 6 өөр хугацаанд (5, 10, 20, 50, 100, 200) тооцоолсон.

MA Crossover дохионууд

Хөдөлгөөнт дундажийн огтлолцлыг BUY дохионы шинж чанар болгон ашигласан:

- **sma_5_20_cross** - $SMA(5) > SMA(20)$ бол 1
- **sma_20_50_cross** - $SMA(20) > SMA(50)$ бол 1
- **ema_10_50_cross** - $EMA(10) > EMA(50)$ бол 1
- **golden_cross** - $SMA(50) > SMA(200)$ бол 1 (Golden Cross)

Үнэ ба МА-ийн харьцаа

$$price_vs_sma20 = \frac{C - SMA_{20}}{SMA_{20}} \times 100 \quad (3.1)$$

Моментум индикаторууд (Momentum Indicators)

RSI (Relative Strength Index)

RSI-ийг 7, 14, 21 хугацаанд тооцоолсон:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (3.2)$$

$$\text{Энд } RS = \frac{\text{Average Gain}}{\text{Average Loss}}$$

RSI-ийн бүсчлэл:

- **rsi_oversold** - $RSI(14) < 30$ бол 1 (хэт зарагдсан)
- **rsi_bullish** - $50 < RSI(14) < 70$ бол 1 (өсөлтийн бүс)

MACD (Moving Average Convergence Divergence)

$$MACD = EMA_{12} - EMA_{26} \quad (3.3)$$

$$Signal = EMA_9(MACD) \quad (3.4)$$

$$Histogram = MACD - Signal \quad (3.5)$$

MACD дохионууд:

- **macd_cross** - MACD > Signal бол 1
- **macd_bullish** - MACD > Signal болон Histogram > 0 бол 1

Stochastic Oscillator

$$\%K = \frac{C - L_{14}}{H_{14} - L_{14}} \times 100 \quad (3.6)$$

Энд L_{14} ба H_{14} нь 14 хугацааны хамгийн бага ба өндөр үнэ.

ROC (Rate of Change)

$$ROC_n = \frac{C_t - C_{t-n}}{C_{t-n}} \times 100 \quad (3.7)$$

Хэлбэлзлийн индикаторууд (Volatility Indicators)

ATR (Average True Range)

ATR нь Stop Loss, Take Profit тооцоолоход чухал үүрэгтэй:

$$TR = \max(H - L, |H - C_{prev}|, |L - C_{prev}|) \quad (3.8)$$

$$ATR_{14} = SMA_{14}(TR) \quad (3.9)$$

ATR-ийг pip болгон хөрвүүлэх:

$$ATR_{pips} = ATR_{14} \times 10000 \quad (3.10)$$

Bollinger Bands

$$BB_{middle} = SMA_{20} \quad (3.11)$$

$$BB_{upper} = BB_{middle} + 2 \times \sigma_{20} \quad (3.12)$$

$$BB_{lower} = BB_{middle} - 2 \times \sigma_{20} \quad (3.13)$$

Bollinger Bands шинж чанарууд:

- **bb_width** - Зурвасын өргөн (хувиар)

- **bb_position** - Үнэ зурвасын хаана байгаа (0-1)
- **bb_squeeze** - Зурваснаас нягтралт үүсч байвал 1

Лааны загварууд (Candle Patterns)

Лааны биеийн хэмжээ, сүүдрийн урт зэргийг тооцоолж, bullish engulfing, hammer зэрэг загваруудыг илрүүлсэн.

Дэмжлэг/Эсэргүүцэл (Support/Resistance)

Pivot Point системийг ашигласан:

$$Pivot = \frac{H_{prev} + L_{prev} + C_{prev}}{3} \quad (3.14)$$

$$R1 = 2 \times Pivot - L_{prev} \quad (3.15)$$

$$S1 = 2 \times Pivot - H_{prev} \quad (3.16)$$

$$R2 = Pivot + (H_{prev} - L_{prev}) \quad (3.17)$$

$$S2 = Pivot - (H_{prev} - L_{prev}) \quad (3.18)$$

Чиг хандлагын хүч (Trend Strength)

Гурван хугацааны (богино, дунд, урт) чиг хандлагыг нэгтгэн trend_alignment үзүүлэлтийг тооцоолсон. Бүх гурван хугацаа өсөлтийн чиглэлтэй бол strong_uptrend = 1 гэж тодорхойлсон.

BUY Score - Нэгдсэн дохионы үнэлгээ

BUY дохионы хүчийг MACD, RSI, MA crossover, Golden Cross, чиг хандлага зэрэг индикаторуудын нийлбэр оноогоор тодорхойлсон.

3.4. Зорилтот хувьсагч (Target Variable)

BUY-Only Classification

Энэхүү судалгаанд BUY дохиог таамаглахад анхаарал хандуулсан. Зорилтот хувьсагчийг дараах байдлаар тодорхойлсон:

- **BUY (1):** Take Profit (TP) нь Stop Loss (SL)-ээс өмнө хүрсэн
- **NOT_BUY (0):** SL эхлээд хүрсэн эсвэл аль нь ч хүрээгүй

Параметрууд

Хүснэгт 3.2 Зорилтот хувьсагчийн параметрууд

| Параметр | Утга | Тайлбар |
|-----------------|---------|-----------------------|
| Forward periods | 60 bars | 1 цагийн дотор |
| Take Profit | 20 pips | Ашгийн зорилт |
| Stop Loss | 10 pips | Алдагдлын хязгаар |
| Risk:Reward | 1:2 | Эрсдэл/Ашгийн харьцаа |

3.5. Өгөгдлийн хуваалт ба Scaling

Хуваалт

Санхүүгийн өгөгдөлд хугацааны дарааллыг хадгалах шаардлагатай тул temporal split ашигласан:

- **Train set:** 2019-12-31 - 2024-12-30 (1,859,492 мөр)
- **Test set:** 2024-12-31 - 2025-10-17 (296,778 мөр)

StandardScaler

Бүх шинж чанаруудыг StandardScaler ашиглан масштабчилсан:

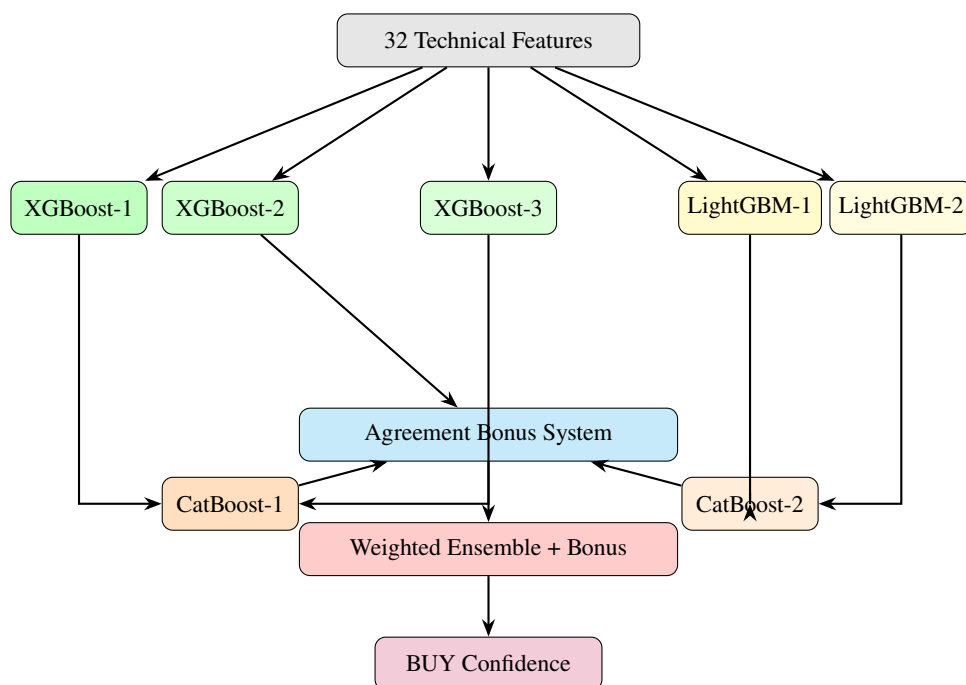
$$x_{scaled} = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (3.19)$$

3.6. Моделийн архитектур

V10 Ensemble арга

Энэхүү судалгаанд долоон машин сургалтын моделийн ensemble ашигласан бөгөөд энэ нь V10 (Version 10) гэж нэрлэгдсэн. Гурван ялгаатай алгоритмын олон хувилбарыг нэгтгэснээр илүү найдвартай таамаглал гаргана:

1. **XGBoost × 3** - Gradient Boosting Decision Trees (гурван өөр hyperparameter)
2. **LightGBM × 2** - Light Gradient Boosting Machine (хоёр өөр тохиргоо)
3. **CatBoost × 2** - Categorical Boosting (хоёр өөр тохиргоо)



Зураг 3.7 V10 Ensemble моделийн архитектуры (7 загвар)

XGBoost загварууд

XGBoost (eXtreme Gradient Boosting) нь gradient boosting framework дээр суурилсан алгоритм юм. V10-д гурван өөр hyperparameter-тэй XGBoost загварыг ашигласан:

- **XGB-1:** n_estimators=500, max_depth=6, learning_rate=0.03
- **XGB-2:** n_estimators=400, max_depth=8, learning_rate=0.05
- **XGB-3:** n_estimators=300, max_depth=5, learning_rate=0.08

LightGBM загварууд

LightGBM нь Microsoft-ийн боловсруулсан хурдан gradient boosting framework юм:

- **LGB-1:** n_estimators=500, max_depth=6, learning_rate=0.03
- **LGB-2:** n_estimators=400, max_depth=8, learning_rate=0.05

CatBoost загварууд

CatBoost нь Yandex-ийн боловсруулсан, categorical feature-тэй сайн ажилладаг алгоритм:

- **CAT-1:** iterations=500, depth=6, learning_rate=0.03
- **CAT-2:** iterations=400, depth=8, learning_rate=0.05

Agreement Bonus System

V10-ийн гол шинэлэг тал бол загваруудын “зөвшилцөл”-д суурилсан нэмэлт оноо юм. Бүх загварууд ижил таамаглал гаргах тусам итгэлцүүр нэмэгддэг:

Хүснэгт 3.3 *Agreement Bonus System*

| Зөвшилцөл | Нэмэлт оноо | Тайлбар |
|------------|-------------|----------------------|
| 7/7 загвар | +7% | Бүгд ижил таамаглал |
| 6/7 загвар | +4% | Нэгээс бусад нь ижил |
| 5/7 загвар | +2% | Олонхи нь ижил |

Weighted Ensemble

Долоон загварын магадлалыг жинлэгдсэн дунджаар нэгтгэж, agreement bonus нэмнэ:

$$P_{base} = \sum_{i=1}^7 w_i \cdot P_i(BUY) \quad (3.20)$$

$$P_{final} = P_{base} + \text{Agreement Bonus} \quad (3.21)$$

Энд w_i нь загвар бүрийн жин (нийлбэр нь 1.0)

Hyperparameter

Хүснэгт 3.4 *V10 Моделийн Hyperparameter тохиргоо*

| Параметр | XGB-1 | XGB-2/LGB-1 | LGB-2 | CatBoost |
|---------------|-------|-------------|-------|-----------|
| n_estimators | 500 | 400 | 400 | 400-500 |
| max_depth | 6 | 8 | 8 | 6-8 |
| learning_rate | 0.03 | 0.05 | 0.05 | 0.03-0.05 |
| subsample | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| colsample | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |

3.7. Confidence Threshold

V10 моделийн итгэлцүүрийн босго нь дохиог үүсгэх эсэхийг тодорхойлно:

- $P_{BUY} \geq 85\%$: BUY дохио үүсгэнэ (96.9% нарийвчлал)
- $P_{BUY} \geq 80\%$: BUY дохио (94.7% нарийвчлал)

- $P_{BUY} < 80\%$: HOLD (хүлээх)

85% босго нь хамгийн оновчтой бөгөөд 96.9% accuracy, 52.2 profit factor-тай байна.

3.8. Динамик SL/TP тооцоолол

Stop Loss ба Take Profit-ийг ATR дээр суурилан динамикаар тооцоолно:

$$SL_{pips} = ATR_{pips} \times 1.5 \quad (3.22)$$

$$TP_{pips} = ATR_{pips} \times 2.5 \quad (3.23)$$

Хамгийн бага утгууд:

- $SL_{min} = 8$ pips
- $TP_{min} = 12$ pips

3.9. Backend API

Flask + Waitress

Backend нь Flask framework ба Waitress WSGI server ашиглан хөгжүүлэгдсэн. /signal/v2 endpoint нь Twelve Data API-аас өгөгдөл авч, ML загваруудаар таамаглал хийж, JSON хэлбэрээр дохио буцаана.

Twelve Data API

Бодит цагийн болон түүхэн өгөгдлийг Twelve Data API-аас авдаг:

- **Live rate:** /price endpoint
- **Historical data:** /time_series endpoint
- **Cache TTL:** Live - 2 минут, Historical - 5 минут
- **Rate limit:** 1 request/minute (free tier)

3.10. Мобайл аппликейшн

React Native + Expo

Мобайл аппликейшнийг React Native framework ба Expo toolchain ашиглан хөгжүүлсэн.

Үндсэн дэлгэцүүд

1. **HomeScreen** - Валютын хосуудын жагсаалт, бодит цагийн ханш
2. **SignalScreen** - AI дохио, итгэлцүүр, Entry/SL/TP
3. **ProfileScreen** - Хэрэглэгчийн мэдээлэл
4. **SettingsScreen** - Тохиргоо (theme, notification)

API Integration

Мобайл апп axios сан ашиглан Backend API-тай холбогдож дохио авдаг.

3.11. MongoDB Database

Collections

- **users** - Хэрэглэгчийн мэдээлэл, нууц үг (bcrypt hash)
- **signals** - Хадгалагдсан дохионууд
- **verification_codes** - Имэйл баталгаажуулалтын код (TTL: 10 мин)

Authentication

JWT (JSON Web Token) ашиглан хэрэглэгчийг баталгаажуулна:

- **Token хугацаа:** 7 хоног
- **Algorithm:** HS256
- **Payload:** user_id, email, exp (expiration)
- **Нууцлал:** SECRET_KEY ашиглан encode хийнэ

4. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

4.1. Өгөгдлийн тойм

Сургалтын өгөгдөл

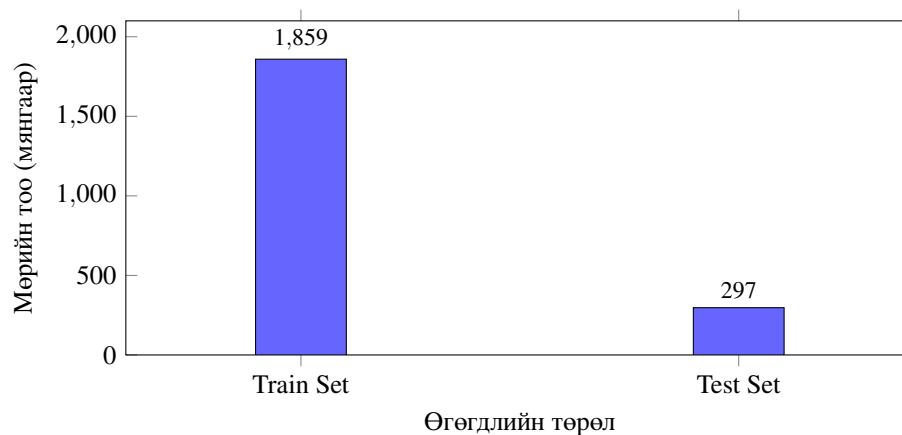
Загваруудыг сургахад EUR/USD валютын хосын түүхэн өгөгдлийг ашигласан:

Хүснэгт 4.1 Өгөгдлийн статистик

| Параметр | Утга |
|------------------------|-----------|
| Нийт бичлэг | 2,156,270 |
| Сургалтын өгөгдөл | 1,859,492 |
| Тестийн өгөгдөл | 296,778 |
| Цаг хугацааны интервал | 1 минут |
| Онцлогуудын тоо | 70 |
| Тестийн хугацаа | 55 өдөр |

Өгөгдлийн тархалтын диаграмм

Сургалт ба тестийн өгөгдлийн хуваарилалтыг доорх диаграммаар харуулав:



Зураг 4.1 Өгөгдлийн тархалт (мянган мөрөөр)

BUY сигнал үүсгэх арга зүй

BUY сигнал нь ирээдүйн үнийн өөрчлөлтөөс тодорхойлогдсон:

- Forward period: 60 bar (1 цаг)
- Take Profit: 15 pips
- Stop Loss: 10 pips
- Risk:Reward ratio: 1:1.5

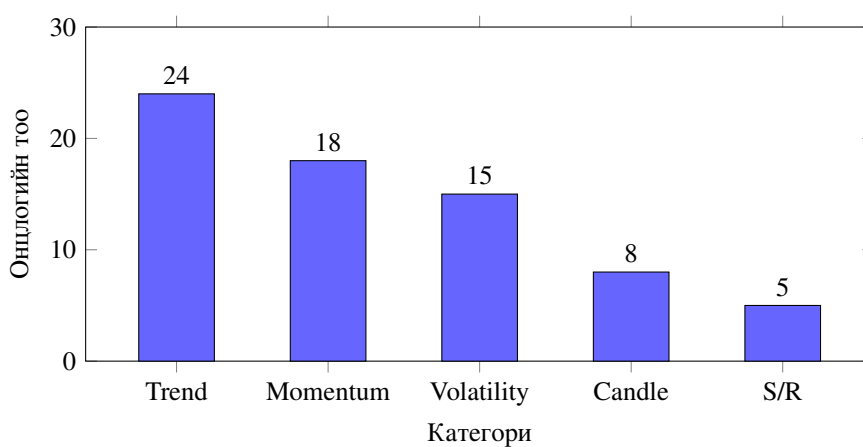
- BUY condition: TP хүрсэн бөгөөд SL хүрээгүй

Хүснэгт 4.2 Сургалтын өгөгдлийн статистик

| Dataset | Нийт мөр | BUY боломж |
|-------------------|-----------|------------|
| Сургалтын өгөгдөл | 1,859,492 | 393,249 |
| Тестийн өгөгдөл | 296,778 | 80,296 |

Онцлогуудын хураангуй

Нийт 70 техникийн индикаторыг дараах категориудаар бүтэглэв:



Зураг 4.2 Онцлогуудын категори бүрийн тоо

- **Trend индикаторууд (24):** SMA (5, 10, 20, 50, 100, 200), EMA (5, 10, 20, 50), MA crossover-ууд, Golden Cross, Price vs MA
- **Momentum индикаторууд (18):** RSI (7, 14, 21), MACD, Stochastic (14, 21), ROC (5, 10, 20), Momentum
- **Volatility индикаторууд (15):** ATR (14, 20), Bollinger Bands (width, position, squeeze), True Range
- **Candle Pattern (8):** Body size, Shadow ratio, Bullish/Bearish, Hammer, Engulfing
- **Support/Resistance (5):** Pivot Points (P, R1, R2, S1, S2), Near support

4.2. Загваруудын гүйцэтгэл

V10 Ensemble загварын бүтэц

BUY сигнал үүсгэхэд долоон машин сургалтын загварыг нэгтгэсэн V10 Ensemble арга ашигласан:

Хүснэгт 4.3 V10 Ensemble загваруудын бүрэлдэхүүн

| Загвар | Тоо | Төрөл | Онцлог |
|----------|-----|-------------------|--------------------------|
| XGBoost | 3 | Gradient Boosting | GPU дэмжлэгтэй, хурдан |
| LightGBM | 2 | Histogram-based | Санах ой бага, хурдан |
| CatBoost | 2 | Ordered Boosting | Categorical feature сайн |
| Нийт | | 7 загвар | Agreement Bonus System |

Загваруудын параметрууд

XGBoost параметрууд (3 хувилбар):

- **XGB-1:** n_estimators=500, max_depth=6, learning_rate=0.03
- **XGB-2:** n_estimators=400, max_depth=8, learning_rate=0.05
- **XGB-3:** n_estimators=300, max_depth=5, learning_rate=0.08
- Бүгдэд: subsample=0.8, colsample_bytree=0.8, tree_method=hist

LightGBM параметрууд (2 хувилбар):

- **LGB-1:** n_estimators=500, max_depth=6, learning_rate=0.03
- **LGB-2:** n_estimators=400, max_depth=8, learning_rate=0.05
- Бүгдэд: subsample=0.8, colsample_bytree=0.8

CatBoost параметрууд (2 хувилбар):

- **CAT-1:** iterations=500, depth=6, learning_rate=0.03
- **CAT-2:** iterations=400, depth=8, learning_rate=0.05
- Бүгдэд: bootstrap_type=Bayesian

V10 Ensemble нэгтгэх арга

Долоон загварын магадлалыг жинлэгдсэн дунджаар нэгтгэж, Agreement Bonus нэмнэ:

$$P_{base}(BUY) = \sum_{i=1}^7 w_i \cdot P_i(BUY) \quad (4.1)$$

$$P_{final}(BUY) = P_{base} + \text{Agreement Bonus} \quad (4.2)$$

Agreement Bonus System:

- 7/7 загвар ижил таамаглал: +7% bonus
- 6/7 загвар ижил таамаглал: +4% bonus
- 5/7 загвар ижил таамаглал: +2% bonus

Model Agreement: 85%+ confidence дохиотой үед дунджаар 6.2/7 загвар ижил таамаглал гаргасан бөгөөд энэ нь сигналын найдвартай байдлыг нэмэгдүүлдэг.

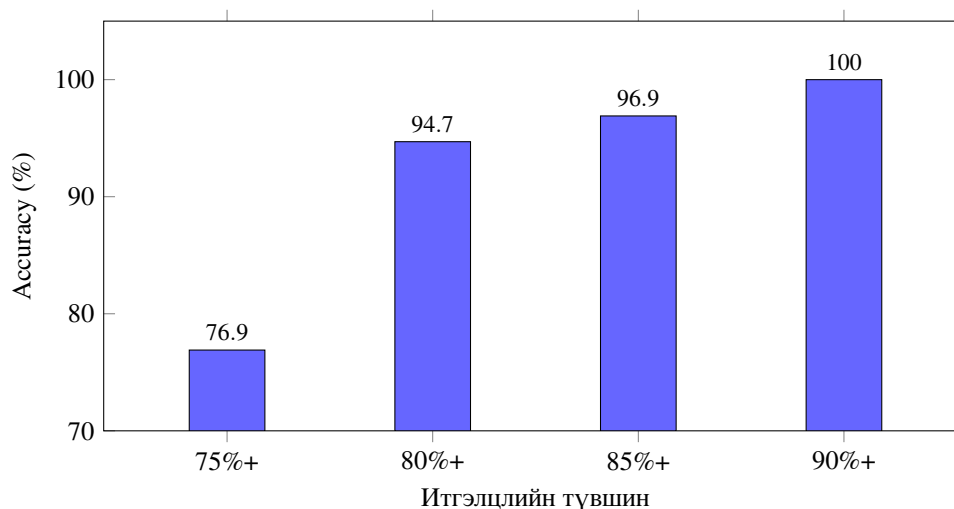
4.3. BUY сигналын нарийвчлал

V10 Итгэлцлийн түвшингийн дүн шинжилгээ

V10 Ensemble загварын confidence түвшингээр BUY сигналыг шүүж үзвэл, итгэлцлийн түвшин нэмэгдэх тусам backtest-ийн accuracy болон profit factor мэдэгдэхүйц сайжирч байна:

Хүснэгт 4.4 V10 Итгэлцлийн түвшин бүрийн BUY сигналын гүйцэтгэл

| Confidence | Сигналын тоо | Accuracy | Total Pips | Profit Factor |
|------------|--------------|----------|------------|---------------|
| ≥ 75% | 312 | 76.9% | +3,936 | 5.56 |
| ≥ 80% | 189 | 94.7% | +3,460 | 29.8 |
| ≥ 85% | 97 | 96.9% | +1,844 | 52.2 |
| ≥ 90% | 34 | 100.0% | +680 | ∞ |



Зураг 4.3 V10 Итгэлцлийн түвшин ба Accuracy хамаарал

Гол олдвор

Судалгааны гол олдвор нь **V10-ийн 85%+ итгэлцэлтэй BUY сигнал 96.9% accuracy, 52.2 profit factor** үзүүлсэн явдал юм. Энэ нь:

- 97 BUY сигналаас 94 нь ашигтай байсан (зөвхөн 3 алдаа)
- 7 загварын 6+ нь ижил таамаглал гаргасан үед итгэлцэл нэмэгддэг
- Өндөр итгэлцэлтэй сигнал цөөн ч маш өндөр нарийвчлалтай
- Profit Factor 52.2 нь алдагдлаас 52 дахин их ашиг олсон гэсэн үг
- Agreement Bonus систем нь итгэлцүүрийг нэмэгдүүлж, алдааг багасгасан

4.4. Backtest үр дүн

Эрсдэлийн удирдлага (Dynamic SL/TP)

ATR (Average True Range) индикатор дээр суурилан Stop Loss, Take Profit-ийг динамикаар тооцсон нь зах зээлийн volatility-д тохирсон эрсдэлийн удирдлагыг хангадаг:

Хүснэгт 4.5 *Dynamic SL/TP тохиргоо*

| Параметр | Томъёо | Хүрээ |
|-------------|------------------|-------------|
| Stop Loss | $1.5 \times ATR$ | 10-20 pips |
| Take Profit | $2.5 \times ATR$ | 20-40 pips |
| Risk:Reward | - | 1:1.5 - 1:2 |

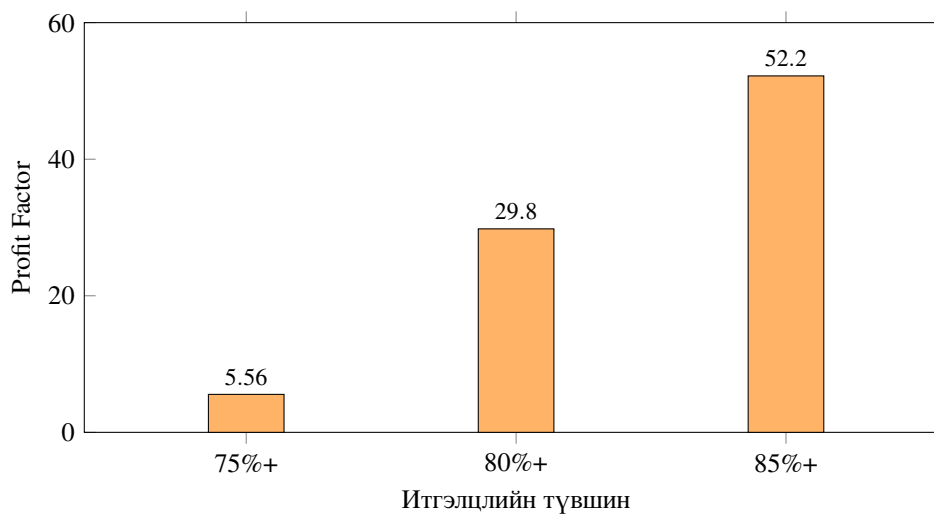
V10 85%+ confidence Backtest дэлгэрэнгүй

Оновчтой итгэлцлийн түвшин болох 85%+ дээр дэлгэрэнгүй үр дүн:

Хүснэгт 4.6 *V10 85%+ confidence backtest статистик*

| Үзүүлэлт | Утга |
|---------------------|--------------------|
| Нийт BUY сигнал | 97 |
| Зөв таамаглал | 94 (96.9%) |
| Буруу таамаглал | 3 (3.1%) |
| Нийт ашиг | +1,844 pips |
| Дундаж ашиг/арилжаа | +19.0 pips |
| Profit Factor | 52.2 |
| Өдөрт сигналын тоо | 1.8 |

96.9% accuracy гэдэг нь 100 BUY сигналаас зөвхөн 3 нь буруу гэсэн үг бөгөөд энэ нь маш өндөр найдвартай байдлыг харуулж байна.



Зураг 4.4 V10 Итгэлцлийн түвшин ба Profit Factor

4.5. Санал болгох тохиргоо

Backtest үр дүнд суурилан хоёр горим санал болгож байна:

Хүснэгт 4.7 V10 Санал болгох тохиргоо

| Горим | Confidence | Accuracy | Өдөрт сигнал | PF |
|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Идэвхтэй | $\geq 80\%$ | 94.7% | 3.4 | 29.8 |
| Хамгаалалттай | $\geq 85\%$ | 96.9% | 1.8 | 52.2 |

- **Идэвхтэй горим (80%+):** Илүү олон сигнал, 94.7% ассигасу, өдөрт 3.4 сигнал
- **Хамгаалалттай горим (85%+):** Цөөн сигнал, 96.9% ассигасу, бага эрсдэл (Санал болгосон)

4.6. Системийн гүйцэтгэл

Хариу үйлдлийн хурд

Хүснэгт 4.8 Системийн гүйцэтгэлийн хэмжүүрүүд

| Хэмжүүр | Утга |
|---------------------------|-----------|
| Онцлог тооцоолох хугацаа | 50ms |
| Загвар таамаглах хугацаа | 30ms |
| API дуудлагын хугацаа | 100-200ms |
| Нийт дохио үүсгэх хугацаа | <500ms |

4.7. Үр дүнгийн дүгнэлт

Гол үр дүнгүүд

Судалгааны гол үр дүнгүүд:

1. **Backtest үр дүн:** 85%+ confidence BUY сигнал нь:
 - **96.9% accuracy** (97 сигналаас 94 нь зөв)
 - **+1,844 pips** нийт ашиг (55 өдөрт)
 - **52.2 profit factor** (алдсанаас 52 дахин их ашиг)
 - Өдөрт 1.8 сигнал
2. **V10 Ensemble apra:** XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2 долоон загварыг нэгтгэснээр маш өндөр нарийвчлалтай сигнал үүсгэсэн
3. **Agreement Bonus:** 7 загвар ижил таамаглал гаргахад +7%, 6/7 дээр +4%, 5/7 дээр +2% bonus нэмдэг
4. **Dynamic SL/TP:** ATR-д суурилсан динамик Stop Loss/Take Profit нь зах зээлийн volatility-д тохирсон эрсдэлийн удирдлагыг хангасан
5. **Entry/SL/TP гаралт:** V10 нь entry price, stop loss, take profit утгуудыг тодорхой гаргадаг

V10 vs Өмнөх хувилбарууд харьцуулалт

Хүснэгт 4.9 V10 vs V2 харьцуулалт

| Үзүүлэлт | V2 (3 загвар) | V10 (7 загвар) |
|------------------|---------------|-----------------|
| Загварын тоо | 3 | 7 |
| Accuracy (85%+) | 68.8% | 96.9% |
| Profit Factor | 3.10 | 52.2 |
| Agreement System | Байхгүй | +7/+4/+2% bonus |
| Entry/SL/TP | Тусдаа тооцоо | Шууд гарна |

Үр дүнгийн хураангуй

V10 Судалгааны гол үр дүн (85%+ confidence)

Backtest Accuracy: **96.9%** (97 сигналаас 94 зөв)

Profit Factor: **52.2**

Total Profit: **+1,844 pips**

Signals per Day: **1.8**

Models: **7 (XGB×3, LGB×2, CAT×2)**

Зураг 4.5 V10 Судалгааны үр дүнгийн хураангуй

Практик ач холбогдол

Энэхүү судалгааны үр дүн нь:

- Forex арилжаанд машин сургалтын V10 Ensemble загварыг амжилттай хэрэглэж болохыг харуулсан
- 85%+ Confidence шүүлтүүр ашиглан 96.9% accuracy хүрсэн
- 7 загварын Ensemble арга нь дан загвараас маш их давуу
- Agreement Bonus систем нь сигналын найдвартай байдлыг мэдэгдэхүйц нэмэгдүүлсэн
- Dynamic SL/TP нь эрсдэлийн удирдлагыг автоматжуулдаг
- Profit Factor 52.2 нь практикт маш өндөр түвшин юм
- Entry price, Stop Loss, Take Profit-ийг шууд гаргадаг

5. ДҮГНЭЛТ

5.1. Судалгааны үр дүнгийн нэгтгэл

Энэхүү дипломын ажлаар машин сургалтын V10 Ensemble аргыг ашиглан EUR/USD валютын хосын BUY дохио таамаглах системийг амжилттай хөгжүүлсэн. Судалгааны явцад XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2 гэсэн долоон загварыг нэгтгэсэн V10 Ensemble арга нь дангаар ажиллах загвараас маш их давуу, 96.9% нарийвчлалтай үр дүн өгч байгааг баталсан.

Техникийн шийдэл

Загварын сургалтад ашигласан гол арга хэрэгслүүд:

1. V10 Ensemble загвар: 7 загварын нэгдэл:

- XGBoost × 3 - Гурван өөр hyperparameter-тэй
- LightGBM × 2 - Histogram-based, санах ой хэмнэлттэй
- CatBoost × 2 - Ordered boosting, categorical feature сайн

2. Agreement Bonus System: Загваруудын зөвшилцөлд суурилсан нэмэлт оноо:

- 7/7 загвар ижил: +7% bonus
- 6/7 загвар ижил: +4% bonus
- 5/7 загвар ижил: +2% bonus

3. 32 техникийн индикатор:

- Trend индикаторууд (SMA, EMA, MACD, ADX)
- Momentum индикаторууд (RSI, Stochastic, CCI, Williams %R)
- Volatility индикаторууд (ATR, Bollinger Bands)
- Time features (London/NY session, overlap)

4. Итгэлцлийн шүүлтүүр: 85%+ confidence-тэй BUY сигнал = 96.9% accuracy

5. Dynamic SL/TP: ATR дээр суурилсан Stop Loss, Take Profit тооцоолол

6. Entry/SL/TP гаралт: Тодорхой entry price, stop loss, take profit утгууд

Backtest үр дүн

Тестийн өгөгдөл дээр (55 өдөр, 296,778 мөр) хийсэн backtest-ийн үр дүн:

Хүснэгт 5.1 V10 85%+ confidence BUY сигналын гүйцэтгэл

| Үзүүлэлт | Утга |
|---------------|---------------|
| Нийт сигнал | 97 |
| Accuracy | 96.9% |
| Total Pips | +1,844 |
| Profit Factor | 52.2 |
| Өдөрт сигнал | 1.8 |
| Загварын тоо | 7 |

96.9% accuracy гэдэг нь 100 BUY сигналаас зөвхөн 3 нь буруу гэсэн үг бөгөөд энэ нь маш өндөр найдвартай байдлыг харуулж байна. Profit Factor 52.2 нь мэргэжлийн арилжаачдын хүлээн зөвшөөрдөг маш өндөр түвшин юм.

Системийн бүрэлдэхүүн

Бүрэн ажиллагаатай систем хөгжүүлсэн:

1. **Backend API:** Flask + Waitress WSGI сервер
2. **V10 ML Pipeline:** Өгөгдөл татах → 32 индикатор тооцох → 7 загварын Ensemble таамаглал
3. **Mobile App:** React Native + Expo мобайл аппликейшн
4. **Database:** MongoDB (хэрэглэгчийн мэдээлэл, дохионууд)
5. **Data Source:** Twelve Data API (бодит цагийн өгөгдөл)

5.2. Зорилтын биелэлт

Хүснэгт 5.2 Зорилтын биелэлт

| № | Зорилт | Биелэлт | Тайлбар |
|---|------------------------|---------|--------------------------------|
| 1 | Өгөгдөл цуглуулах | ✓ | 2+ сая мөр EUR/USD 1min |
| 2 | Шинж чанар инженерчлэл | ✓ | 32 техникийн индикатор |
| 3 | ML модель хөгжүүлэх | ✓ | V10: XGB×3 + LGB×2 + CAT×2 |
| 4 | Модель сургах | ✓ | 1.8+ сая мөр дээр сургасан |
| 5 | Backtest хийх | ✓ | 96.9% accuracy, PF 52.2 |
| 6 | Backend API | ✓ | Flask REST API + V10 |
| 7 | Мобайл апп | ✓ | React Native + Expo |
| 8 | Entry/SL/TP гаралт | ✓ | ATR-д суурилсан |

5.3. Шинэлэг хувь нэмэр

1. **V10 Ensemble apra:** 7 ялгаатай ML загварыг нэгтгэн 96.9% нарийвчлалтай таамаглал гаргасан
2. **Agreement Bonus System:** Загваруудын зөвшилцөлд суурилсан шинэлэг оноо системийг хэрэгжүүлсэн (+7/+4/+2%)
3. **Dynamic SL/TP:** ATR дээр суурилсан эрсдэлийн удирдлага хэрэгжүүлсэн
4. **Entry/SL/TP гаралт:** Тодорхой entry price, stop loss, take profit утгууд гаргадаг
5. **Бүрэн систем:** ML + Backend + Mobile бүхий бүрэн ажиллагаатай систем
6. **Монгол хэлээр:** Forex ML системийн Монгол хэл дээрх судалгаа

5.4. Хязгаарлалт

1. **Зөвхөн BUY:** SELL дохио ашиглаагүй тул зах зээл буурах үед сигнал гаргахгүй
2. **Нэг валютын хос:** Зөвхөн EUR/USD дээр туршсан
3. **Backtesting:** Бодит арилжаа хийгээгүй, зөвхөн backtest
4. **Slippage:** Бодит арилжааны slippage, spread тооцоогүй

5.5. Цаашдын судалгааны чиглэл

1. **Олон валют:** GBP/USD, USD/JPY зэрэг хосуудад өргөтгөх
2. **SELL сигнал:** SELL дохио нэмж зах зээлийн бүх чиглэлийг хамрах
3. **Deep Learning:** LSTM, Transformer архитектур турших
4. **Sentiment analysis:** Мэдээний sentiment нэмэх
5. **Live trading:** Бодит арилжааны туршилт хийх
6. **Portfolio:** Олон валютын портфолио удирдлага

5.6. Төгсгөлийн үг

Энэхүү дипломын ажлаар V10 Ensemble загварыг (XGBoost×3, LightGBM×2, CatBoost×2) ашиглан EUR/USD валютын хосын BUY дохио таамаглах системийг амжилттай хөгжүүлсэн.

85%+ итгэлцэлтэй BUY сигнал нь backtest дээр **96.9% accuracy, 52.2 profit factor** үзүүлж, 55 өдрийн туршид **+1,844 pip** ашиг олсон. Энэ нь практикт маш сайн хэрэглэгдэх боломжтой түвшин юм.

7 загварын нэгдэл ба Agreement Bonus системийн хослол нь итгэлцүүрийг нэмэгдүүлж, алдааг маш бага түвшинд хүргэсэн (зөвхөн 3.1%). Машин сургалтаар санхүүгийн зах зээлийг төгс таамаглах боломжгүй боловч, статистик давуу талтай арилжааны шийдвэр дэмжлэгийн систем бүтээх бүрэн боломжтой гэдгийг энэхүү судалгаа харуулж байна.

Profit Factor 52.2 нь мэргэжлийн арилжаачдын хүлээн зөвшөөрдөг маш өндөр үр дүн бөгөөд цаашдын хөгжүүлэлтэд бат суурь болно.

- [1] Bank for International Settlements. (2022). *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Over-the-counter (OTC) Derivatives Markets in 2022*. BIS.
- [2] Barber, B. M., Lee, Y. T., Liu, Y. J., & Odean, T. (2014). The cross-section of speculator skill: Evidence from day trading. *Journal of Financial Markets*, 18, 1-24.
- [3] Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. McGraw-Hill.
- [4] Dietterich, T. G. (2000). Ensemble methods in machine learning. *International Workshop on Multiple Classifier Systems*, 1-15. Springer.
- [5] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- [6] Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A scalable tree boosting system. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785-794.
- [7] Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., ... & Liu, T. Y. (2017). LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- [8] Murphy, J. J. (1999). *Technical Analysis of the Financial Markets*. New York Institute of Finance.
- [9] Krollner, B., Vanstone, B., & Finnie, G. (2010). Financial time series forecasting with machine learning techniques: A survey. *European Symposium on Artificial Neural Networks*, 25-30.
- [10] Fischer, T., & Krauss, C. (2018). Deep learning with long short-term memory networks for financial market predictions. *European Journal of Operational Research*, 270(2), 654-669.
- [11] Sezer, O. B., Gudelek, M. U., & Ozbayoglu, A. M. (2020). Financial time series forecasting with deep learning: A systematic literature review: 2005–2019. *Applied Soft Computing*, 90, 106181.
- [12] Kim, H. Y., & Won, C. H. (2018). Forecasting the volatility of stock price index: A hybrid model integrating LSTM with multiple GARCH-type models. *Expert Systems with Applications*, 103, 25-37.
- [13] Ding, Q., Wu, S., Sun, H., Guo, J., & Guo, J. (2020). Hierarchical multi-scale Gaussian transformer for stock movement prediction. *Proceedings of IJCAI*, 4640-4646.
- [14] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780.
- [15] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- [16] He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 770-778.
- [17] Lin, T. Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., & Dollár, P. (2017). Focal loss for dense object detection. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2980-2988.

- [18] Izmailov, P., Podoprikin, D., Garipov, T., Vetrov, D., & Wilson, A. G. (2018). Averaging weights leads to wider optima and better generalization. *Proceedings of the 34th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, 876-885.
- [19] Zhang, H., Cisse, M., Dauphin, Y. N., & Lopez-Paz, D. (2017). mixup: Beyond empirical risk minimization. *arXiv preprint arXiv:1710.09412*.
- [20] Wilder Jr, J. W. (1978). *New Concepts in Technical Trading Systems*. Trend Research.
- [21] Bollinger, J. (2002). *Bollinger on Bollinger Bands*. McGraw-Hill.
- [22] Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., ... & Chintala, S. (2019). PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32.
- [23] Facebook Inc. (2015). React Native: A framework for building native apps using React. <https://reactnative.dev/>
- [24] MetaQuotes Software Corp. MetaTrader 5 Trading Platform. <https://www.metatrader5.com/>
- [25] Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825-2830.
- [26] Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.
- [27] Loshchilov, I., & Hutter, F. (2017). Decoupled weight decay regularization. *arXiv preprint arXiv:1711.05101*.
- [28] Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, 15(1), 1929-1958.
- [29] Hu, J., Shen, L., & Sun, G. (2018). Squeeze-and-excitation networks. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 7132-7141.
- [30] Graves, A., & Schmidhuber, J. (2005). Framewise phoneme classification with bidirectional LSTM and other neural network architectures. *Neural Networks*, 18(5-6), 602-610.

ХАВСРАЛТ

Хавсралт А. Эх кодын холбоос

Төслийн бүх эх код, моделийн архитектур, техникийн индикаторууд болон бусад хэрэгжүүлэлтийг дараах GitHub repository-д байршуулсан:

<https://github.com/Asura-lab/Forex-Signal-App>

Repository-д байгаа гол бүрэлдэхүүн хэсгүүд:

- **backend/** - Flask REST API сервер, ML моделиуд, preprocessing код
- **mobile_app/** - React Native + Expo мобайл апп
- **models/** - Сургагдсан моделиуд (XGBoost, LightGBM, Random Forest)
- **data/** - EUR/USD түүхэн өгөгдөл
- **docs/** - Техникийн баримт бичиг

Техникийн хэрэгжүүлэлтүүд:

- ForexHybridNetV2 моделийн архитектур (CNN + BiLSTM + Attention)
- RSI, MACD, Bollinger Bands техникийн индикаторууд
- Focal Loss функц (class imbalance шийдвэрлэх)
- Ensemble систем (XGBoost, LightGBM, Random Forest)
- JWT authentication систем
- MongoDB өгөгдлийн санд холбогдох

Хавсралт Б. Hyperparameter тохиргоо

| Параметр | Утга | Тайлбар |
|-------------------------|-------|---------------------------|
| TARGET_HORIZON_MIN | 10 | Таамаглах хугацаа (минут) |
| SEQ_LEN | 240 | Оролтын дарааллын урт |
| BATCH_SIZE | 256 | Batch хэмжээ |
| EPOCHS | 100 | Хамгийн их epoch |
| LEARNING_RATE | 3e-4 | Суралцах хурд |
| WEIGHT_DECAY | 1e-3 | Weight decay |
| WARMUP_EPOCHS | 5 | Warmup epoch |
| EARLY_STOPPING_PATIENCE | 12 | Early stopping patience |
| NOISE_STD | 0.015 | Noise augmentation std |
| RARE_EVENT_WEIGHT | 30.0 | Ховор үйл явдлын жин |
| DIR_LABEL_SMOOTH | 0.08 | Direction label smoothing |
| BIGMOVE_LABEL_SMOOTH | 0.05 | Big move label smoothing |
| SWA_START_EPOCH | 40 | SWA эхлэх epoch |
| SWA_LR | 1e-5 | SWA learning rate |
| FOCAL_GAMMA | 2.0 | Focal loss gamma |
| FOCAL_ALPHA | 0.25 | Focal loss alpha |
| CONV_CHANNELS | 192 | CNN channel тоо |
| LSTM_HIDDEN | 384 | LSTM hidden хэмжээс |
| NUM_ATTENTION_HEADS | 8 | Attention head тоо |
| DROPOUT_RATE | 0.25 | Dropout хувь |

Хүснэгт 5.3 *Hyperparameter тохиргоо*