

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОЙ ПОДСИСТЕМЫ РАСЧЕТА  
КЛИЕНТСКОЙ УБЫЛИ БАНКА

Предварительная обработка данных

- Трансформация категориальных переменных
- Отсечение линейнозависимых признаков
- Обработка пропущенных значений
- Нормализация данных
- Удаление выбросов
- Разбиение выборки на обучающую, тестовую и валидационную

Выбор модели машинного обучения

- Классические модели машинного обучения
- Ансамбли моделей
- Бэггинг, Стэкинг и Бустинг
- Библиотеки градиентного бустинга

Применение нейронных сетей

- Общие архитектуры нейронных сетей
- Построение нейронной сети

Калибровка полученных моделей

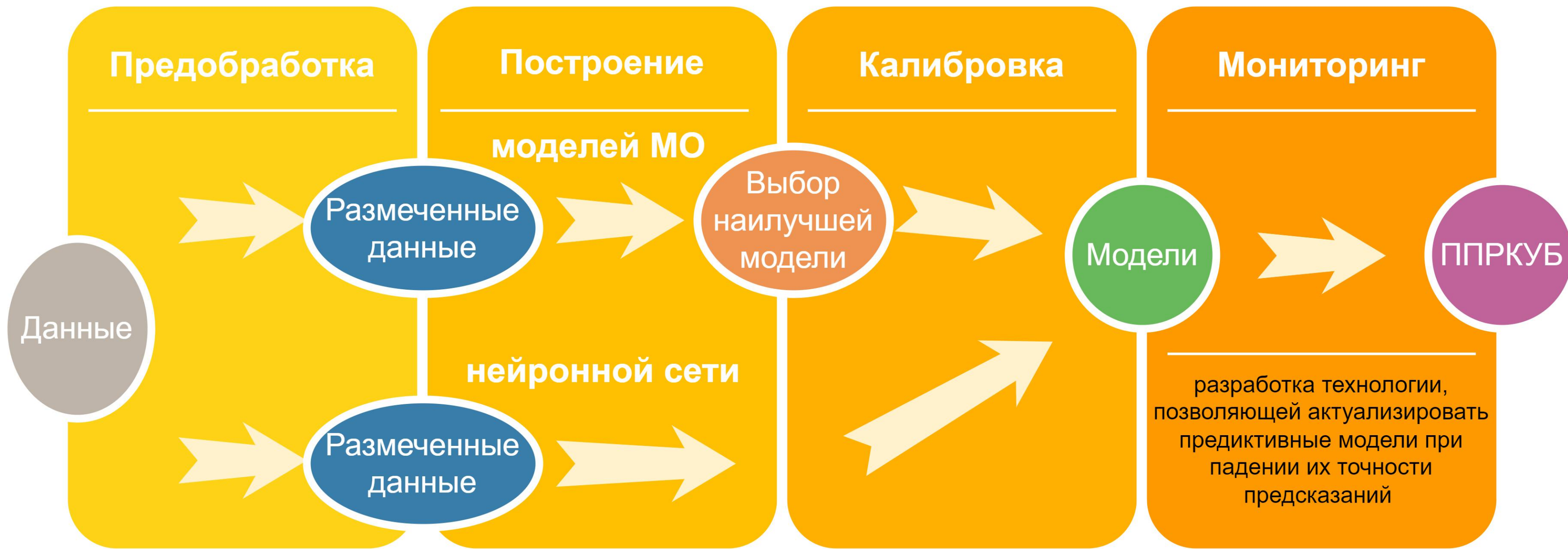
- Построение кривых надежности
- Расчет метрики Brier Score для моделей машинного обучения

Вывод результатов работы моделей

- Таблицы с указанием вероятности ухода клиентов
- Построение AUC-кривых
- Графики, указывающие на наиболее значимые параметры и их интерпретация

Разработка технологии мониторинга

- Алгоритм технологии мониторинга
- Построение графика мониторинга работоспособности моделей

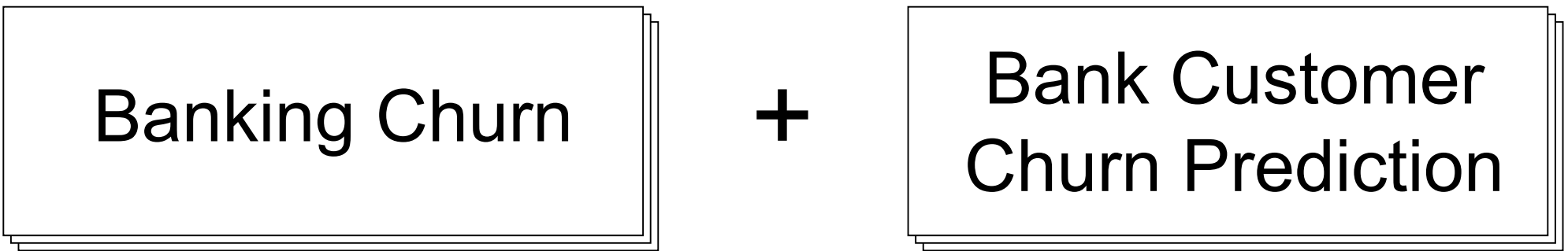


| Выпускная квалификационная работа магистра |      |                 |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка                  |  |  |  |           |
|--|------|-----------------|-------|------|--|--|--|--|-----------|
| Изм.                                       | Лист | № докум.        | Подп. | Дата | Этапы разработки программной подсистемы расчета клиентской убыли банка |  |  | Лит.   | Масштаб   |
| Разраб.                                    |      | Матвиенко Е.К.  |       |      |  |  |  |  |           |
| Провер.                                    |      | Панамарева А.Д. |       |      |  |  |  |  |           |
|  |      |                 |       |      |  |  |  |  |           |
| Н.контроль                                 |      | Минитоева А.М.  |       |      |  |  |  | Лист 1   | Листов 10 |
|  |      |                 |       |      |  |  |  | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИС6-43М |           |



ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Объединение датасетов



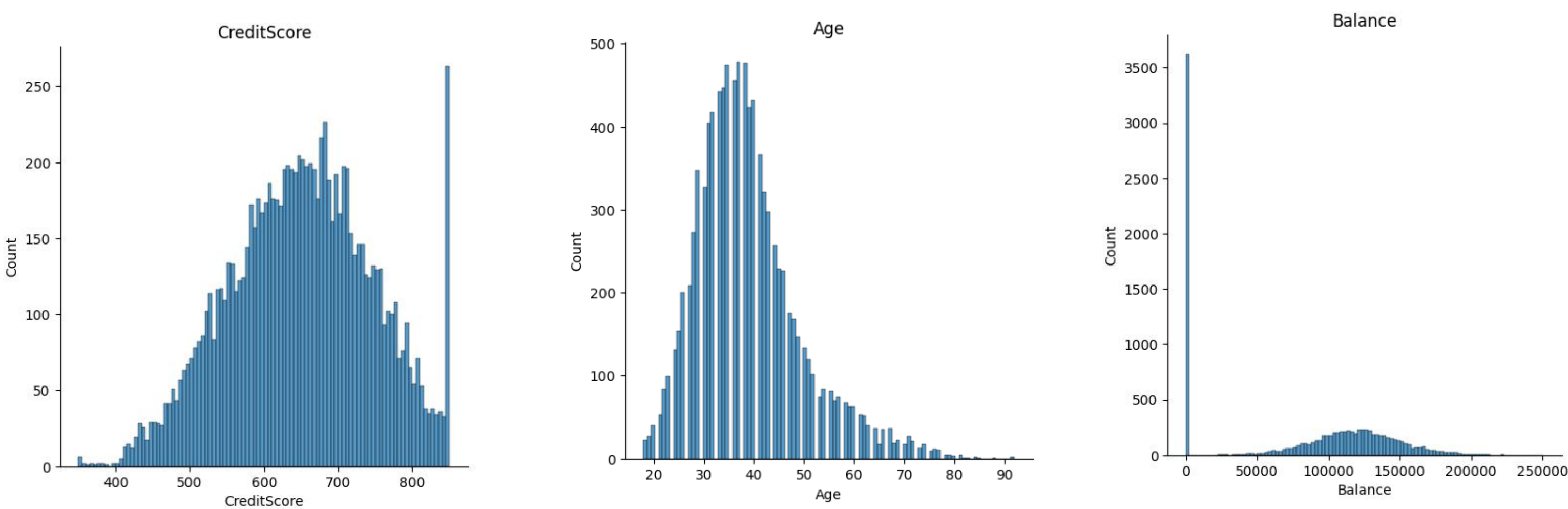
Удаление выбросов

$$IQR = Q_3 - Q_1$$
$$[Q_1 - 1.5IQR, Q_3 + 1.5IQR]$$

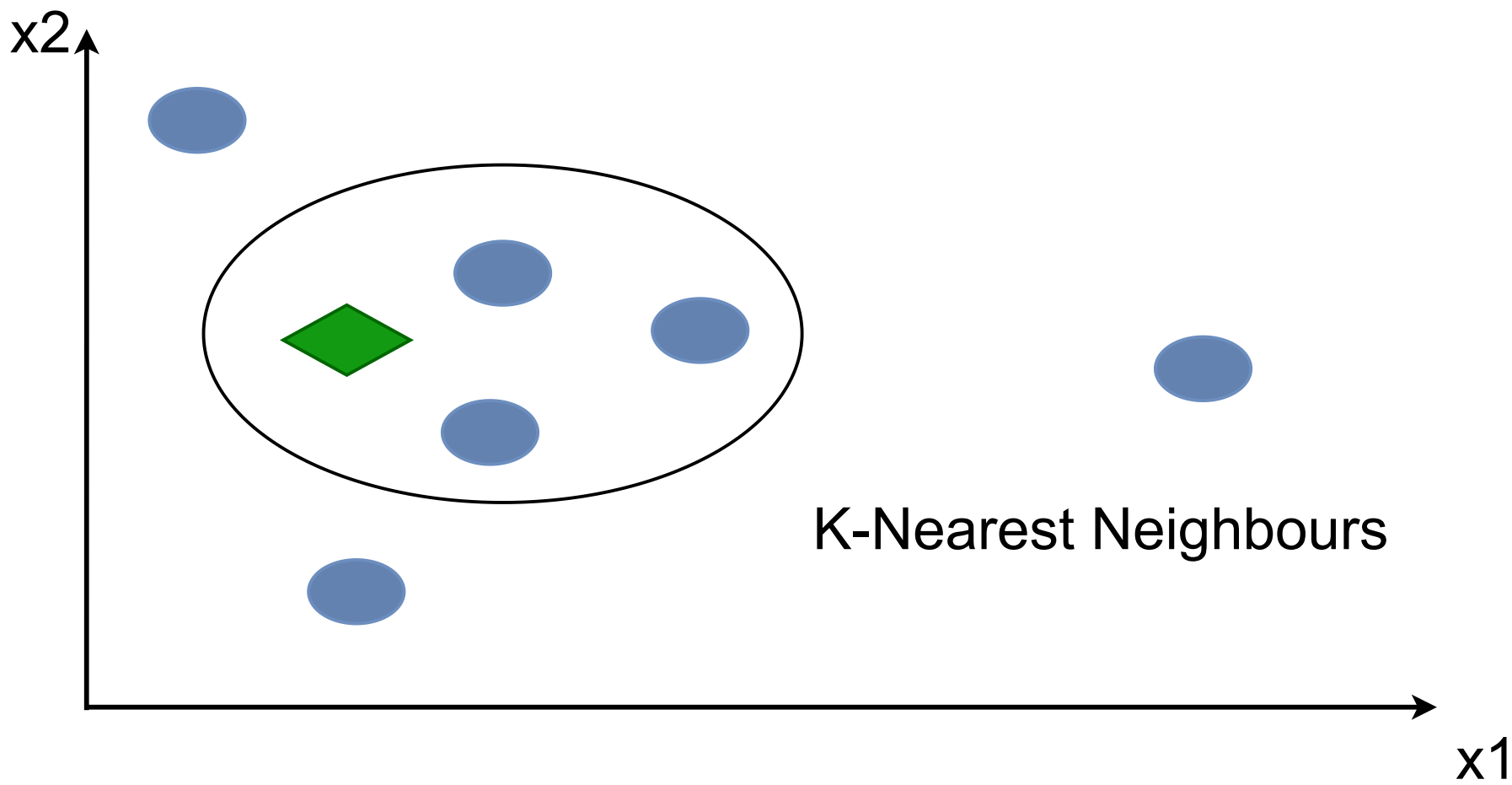
Нормализация данных

$$X_{new} = \frac{X_{old} - X_{mean}}{\sigma}$$

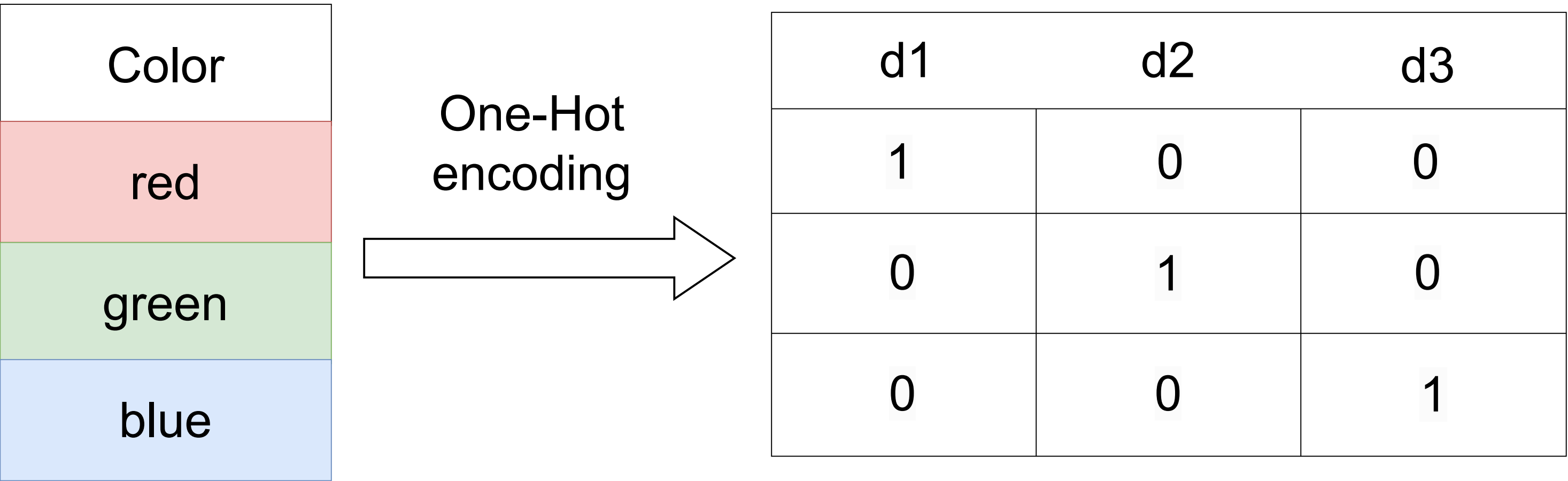
Визуальный осмотр данных



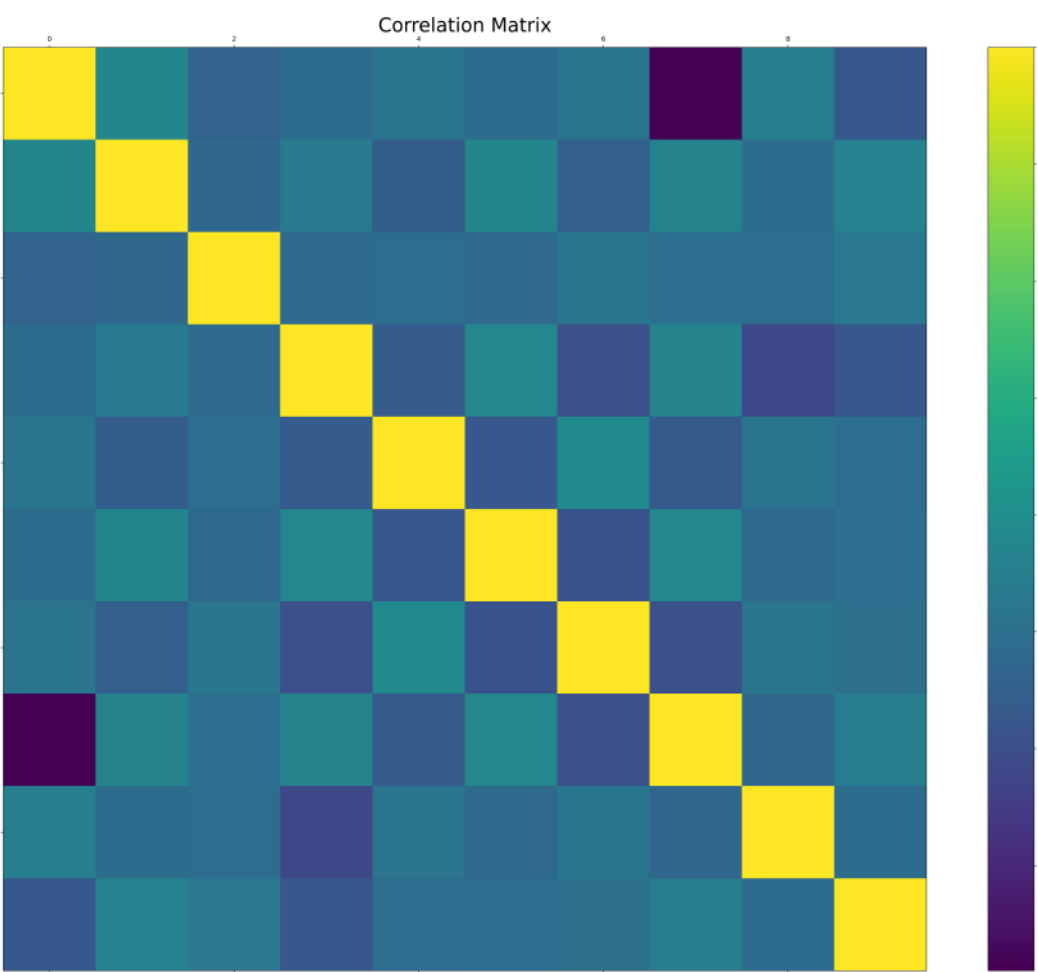
Обработка пропущенных значений



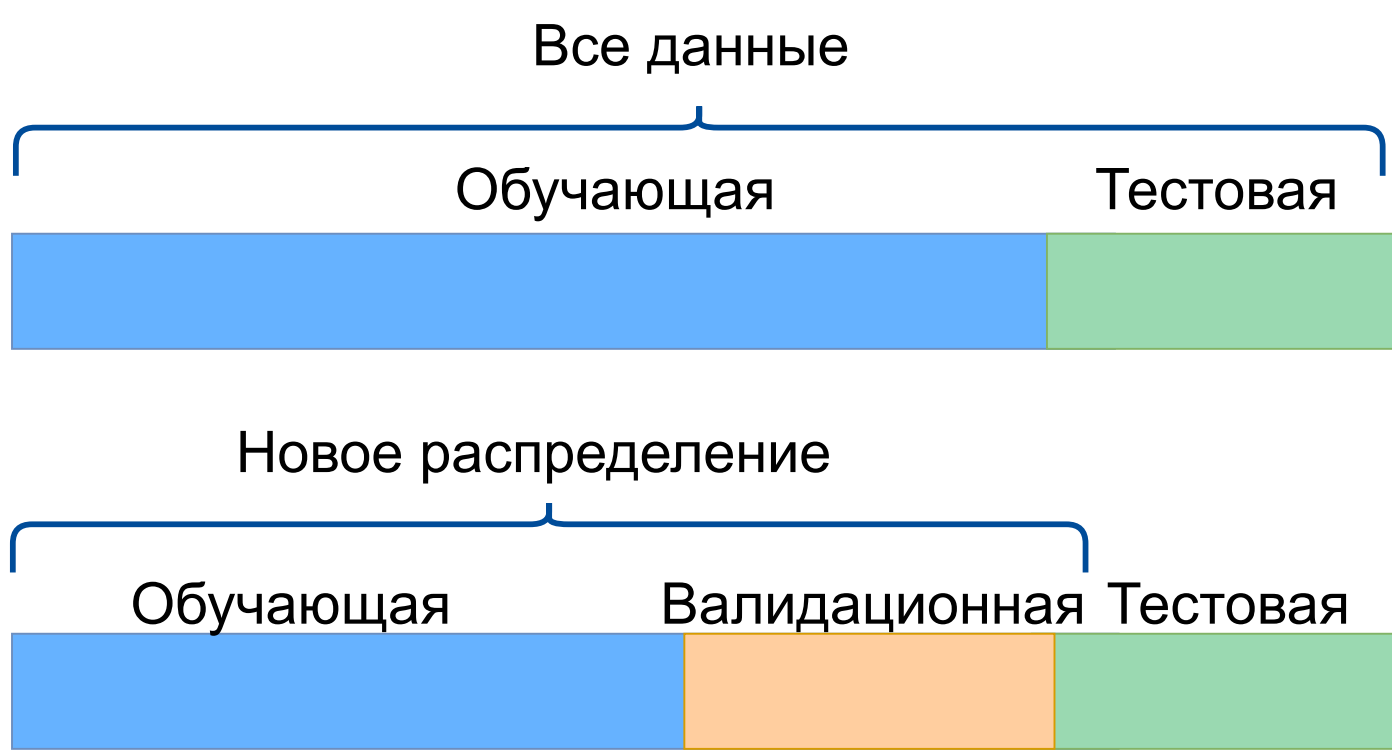
Трансформация категориальных переменных



Отсечение линейнозависимых признаков

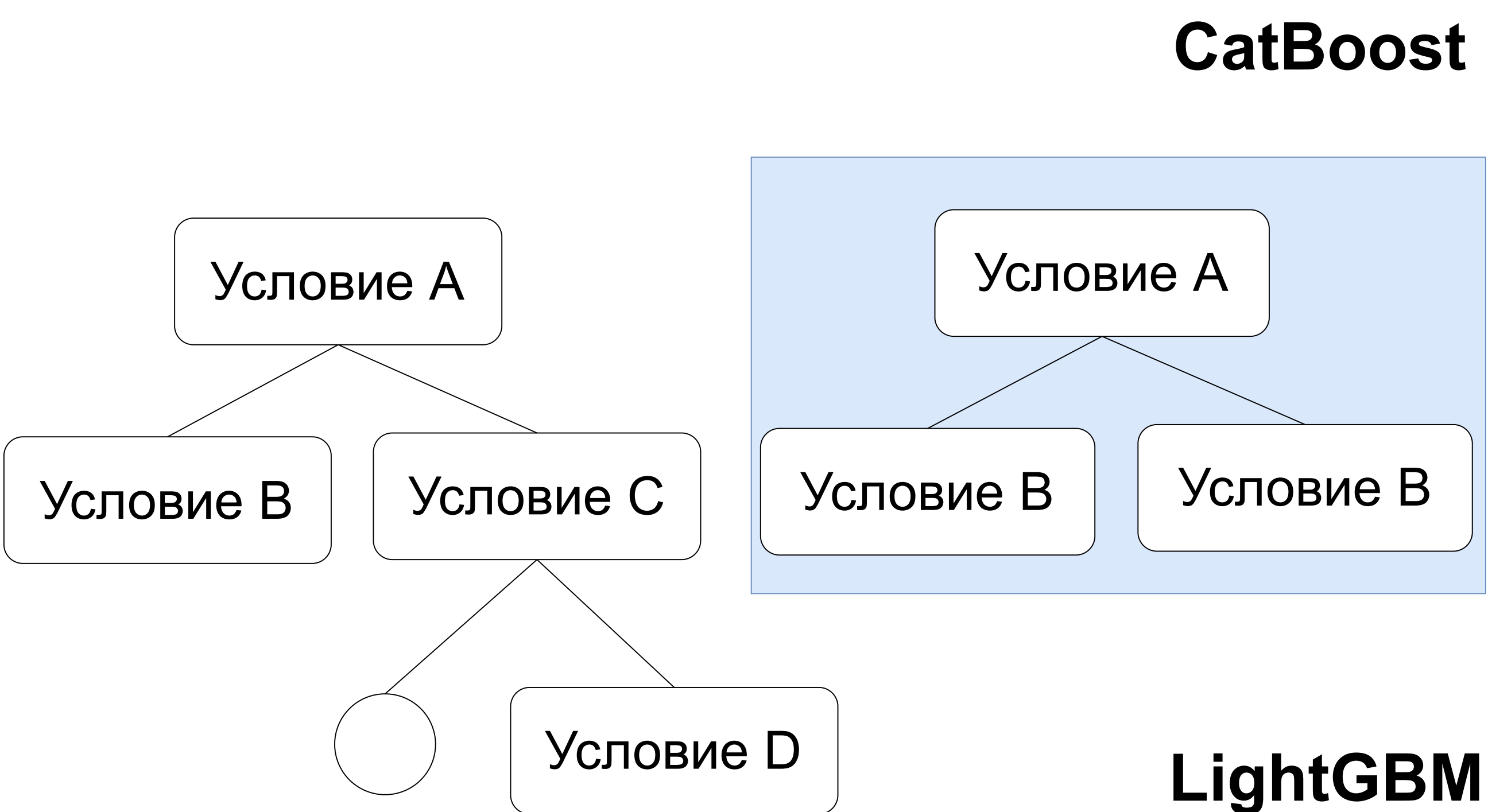
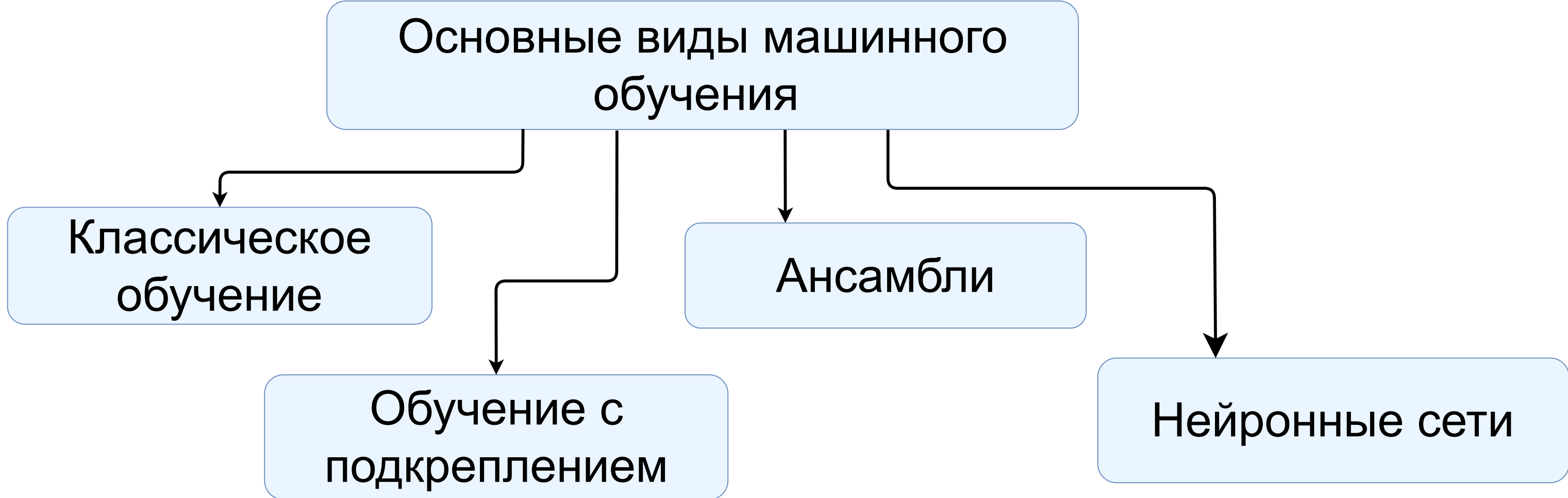


Разбиение выборки

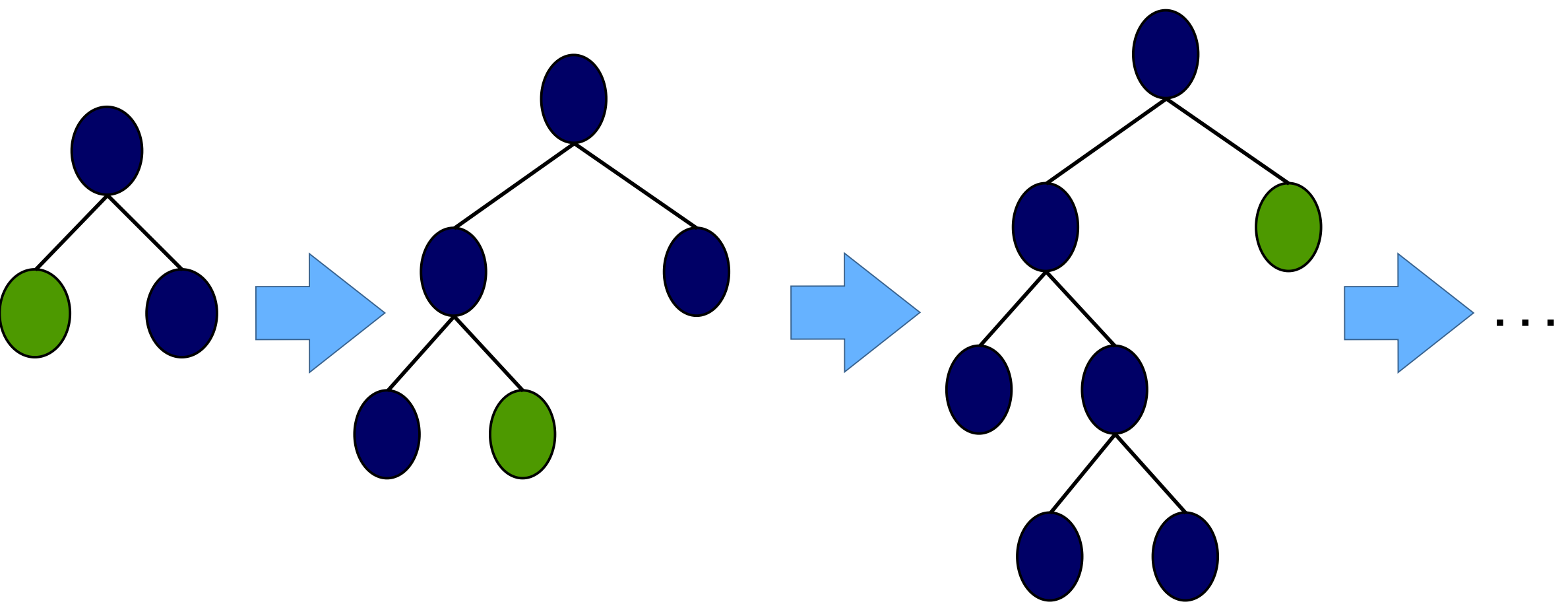
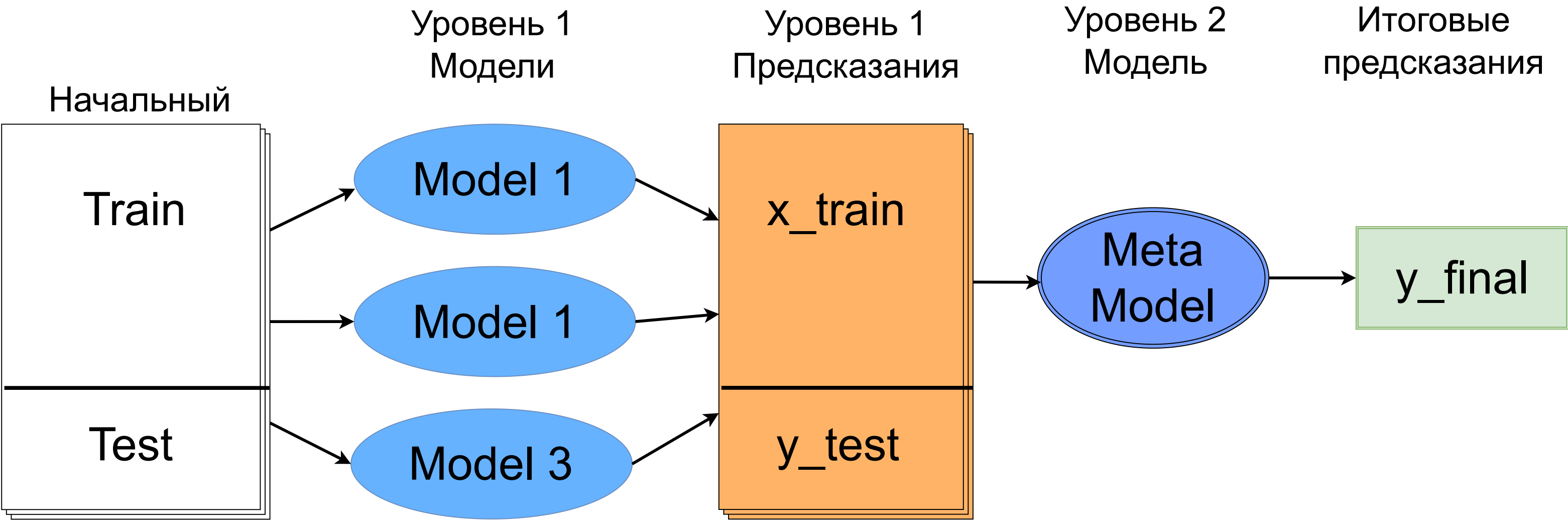


| Выпускная квалификационная работа магистра |      |              |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка |   |           |         |
|--|------|--------------|-------|------|---|---|-----------|---------|
| Изм.                                       | Лист | № докум.     | Подп. | Дата | Предварительная обработка данных                      | Лит.  | Масса     | Масштаб |
| Разраб.                                    |      | Матвеев Е.К. |       |      |   |   |           |         |
| Руковод.                                   |      | Попов А.Д.   |       |      |   |   |           |         |
|  |      |              |       |      |   |   |           |         |
| И.контр.                                   |      | Минина А.М.  |       |      |   | Лист 2  | Листов 10 |         |
|  |      |              |       |      |   | МГТУ им. Н.Э.Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИУ6-43М |           |         |

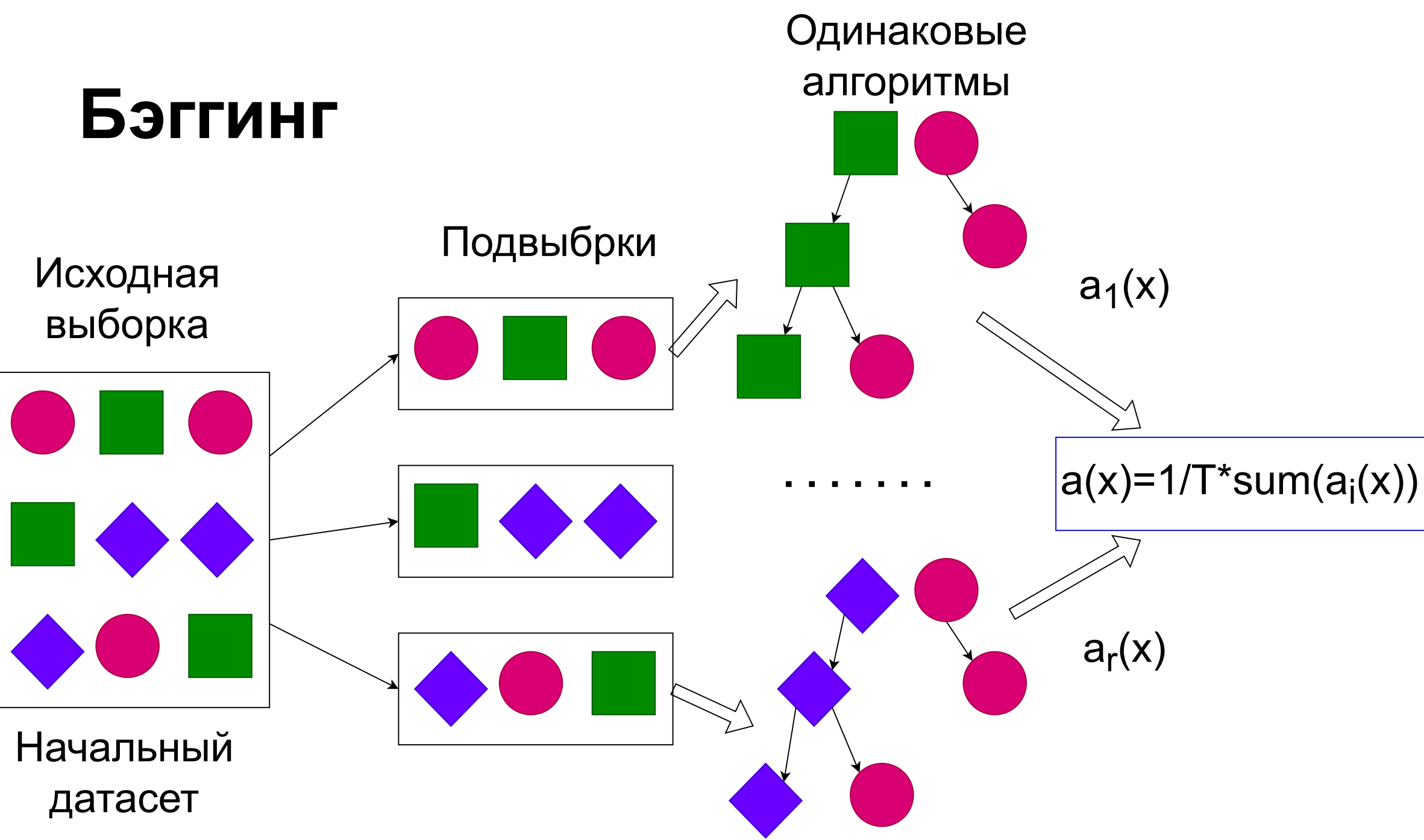
АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ



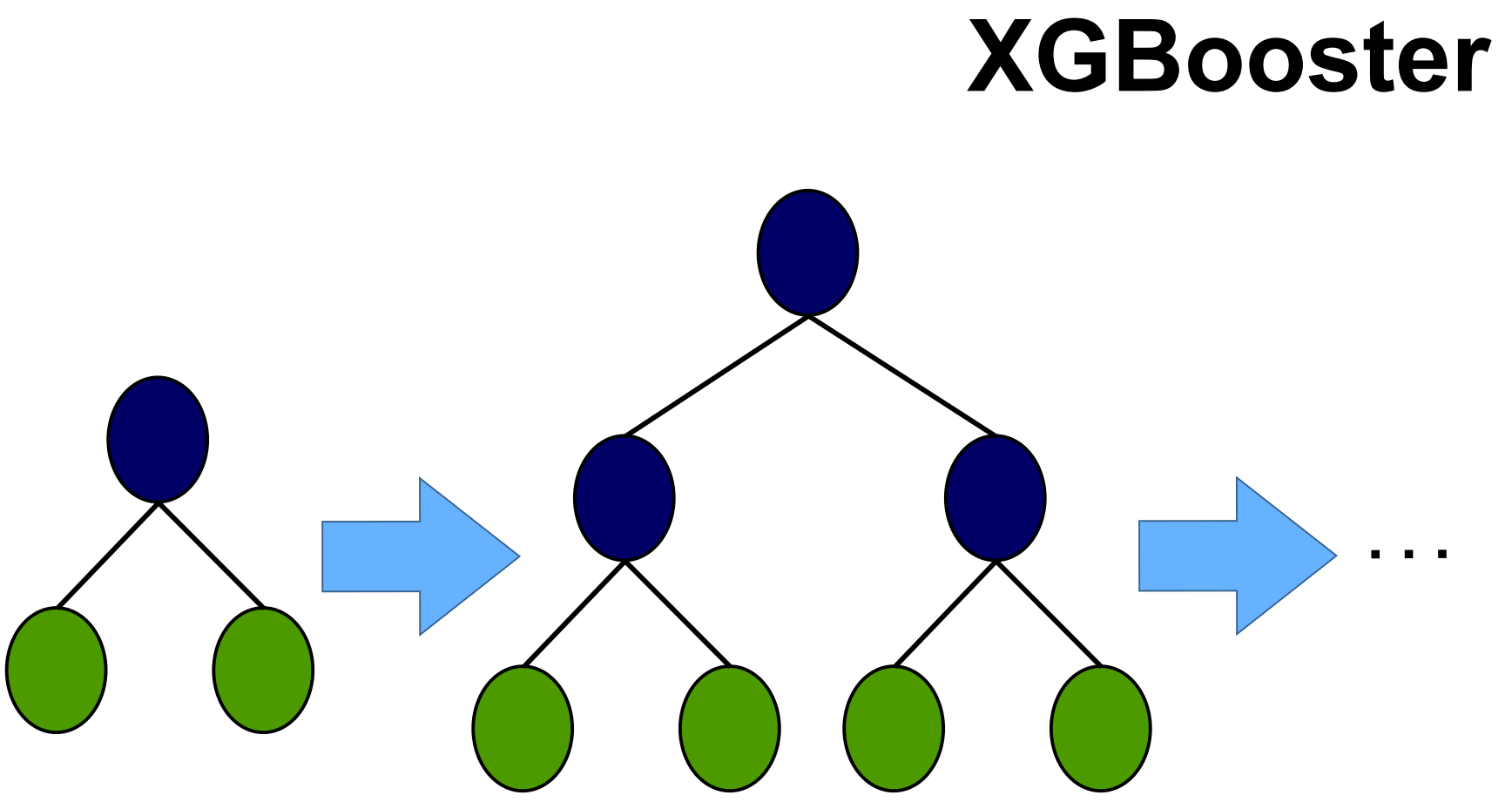
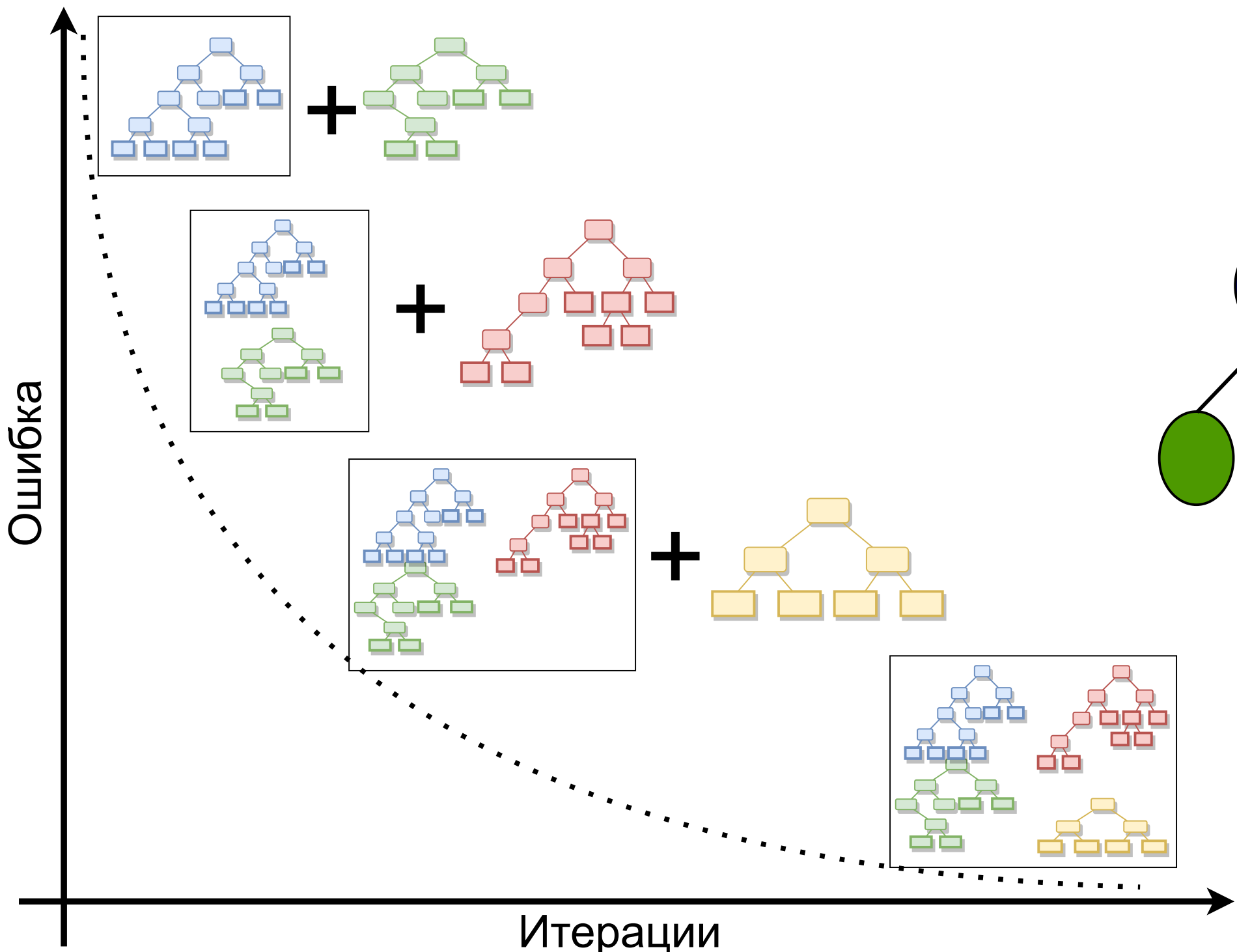
Стэкинг



Бэггинг



Бустинг



| Выпускная квалификационная работа магистра |              |          |       | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка  |      |       |
|--|--------------|----------|-------|--|------|-------|
| Изм.                                       | Лист         | № докум. | Подп. | Дата   | Лит. | Масса |
| Разраб.                                    | Матвеев Е.К. |          |       |  |      |       |
| Руковод.                                   | Попова А.Д.  |          |       |  |      |       |
| И.контр.                                   | Минина А.М.  |          |       |  |      |       |
|  |              |          |       | Лист 3 из 10   |      |       |
|  |              |          |       | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИУ6-43М |      |       |



ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЫБОР  
НАИБОЛЕЕ ТОЧНОЙ МОДЕЛИ

XGB booster

```
params_xgb = {
    'n_estimators': np.arange(1, 100, 25),
    'max_depth': np.arange(1, 10, 3),
    'max_leaves': np.arange(0, 20, 3),
    'grow_policy': [0, 1],
    'learning_rate': np.arange(0.1, 1, 0.3),
    'booster': ['gbtree', 'gblinear', 'dart'],
    'subsample': np.arange(0.6, 0.8, 0.1),
    'colsample_bytree': np.arange(0.6, 0.8, 0.1),
    'colsample_bylevel': np.arange(0.6, 0.8, 0.1),
    'colsample_bynode': np.arange(0.6, 0.8, 0.1),
    'reg_alpha': np.arange(0, 1, 0.5),
    'reg_lambda': np.arange(0, 1, 0.5),
}
```

LGBM booster

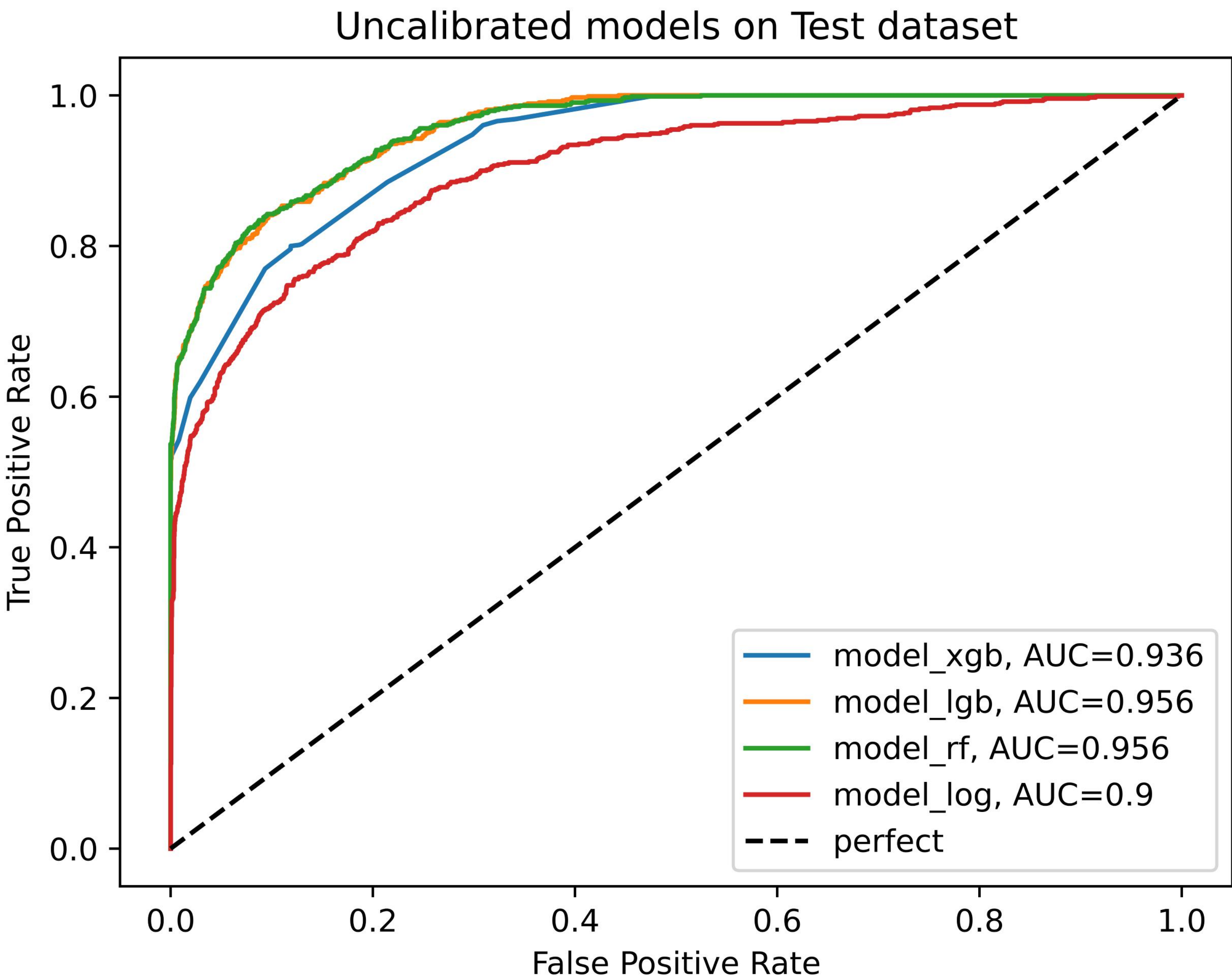
```
params_lgb = {
    'n_estimators': np.arange(1, 100, 25),
    'max_depth': np.arange(1, 10, 3),
    'num_leaves': np.arange(0, 20, 3),
    'learning_rate': np.arange(0.1, 1, 0.3),
    'boosting_type': ['gbdt', 'goss', 'dart'],
    'subsample': np.arange(0.6, 0.8, 0.1),
    'colsample_bytree': np.arange(0.6, 0.8, 0.1),
    'reg_alpha': np.arange(0, 2, 0.5),
    'reg_lambda': np.arange(0, 2, 0.5),
}
```

XGB forest

```
params_rf = {
    'n_estimators': np.arange(1, 100, 50),
    'max_leaves': np.arange(0, 20, 10),
    'learning_rate': np.arange(0.1, 1, 0.3),
    'reg_alpha': np.arange(0, 1, 0.5),
    'reg_lambda': np.arange(0, 1, 0.5),
}
```

LogRegression

```
params_log = {
    'l1_ratio': np.arange(0, 1, 0.2)
}
```



- xgb booster precision metric: 0.76
- lgb booster precision metric: 0.78
- xgb forest precision metric: 0.82
- log regressor precision metric: 0.59

- xgb booster recall metric: 0.39
- lgb booster recall metric: 0.47
- xgb forest recall metric: 0.40
- log regressor recall metric: 0.17

- xgb booster f1 metric: 0.51
- lgb booster f1 metric: 0.59
- xgb forest f1 metric: 0.54
- log regressor f1 metric: 0.26

|            |      |                |       |      |   |  |  |  |       |           |
|------------|------|----------------|-------|------|---|--|--|--|-------|-----------|
|            |      |                |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка                         |  |  |  |       |           |
| Изм.       | Лист | № докум.       | Подп. | Дата | Построение моделей<br>машинного обучения и<br>выбор наиболее точной<br>модели |  |  | Лит.   | Масса | Масштаб   |
| Разраб.    |      | Матвиенко Е.К. |       |      |   |  |  |  |       |           |
| Провер.    |      | Понамарев А.Д. |       |      |   |  |  |  |       |           |
|            |      |                |       |      |   |  |  | Лист 4   |       | Листов 10 |
| Н.контроль |      | Минитиева А.М. |       |      |   |  |  | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИУ6-43М |       |           |



# АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

## Построение моделей нейронных сетей

```
model_1 = Sequential([
    Dense(7, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(7, activation='sigmoid'),
    Dense(2, activation='softmax'),])

model_2 = Sequential([
    Dense(10, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(10, activation='sigmoid'),
    Dense(2, activation='softmax'),])

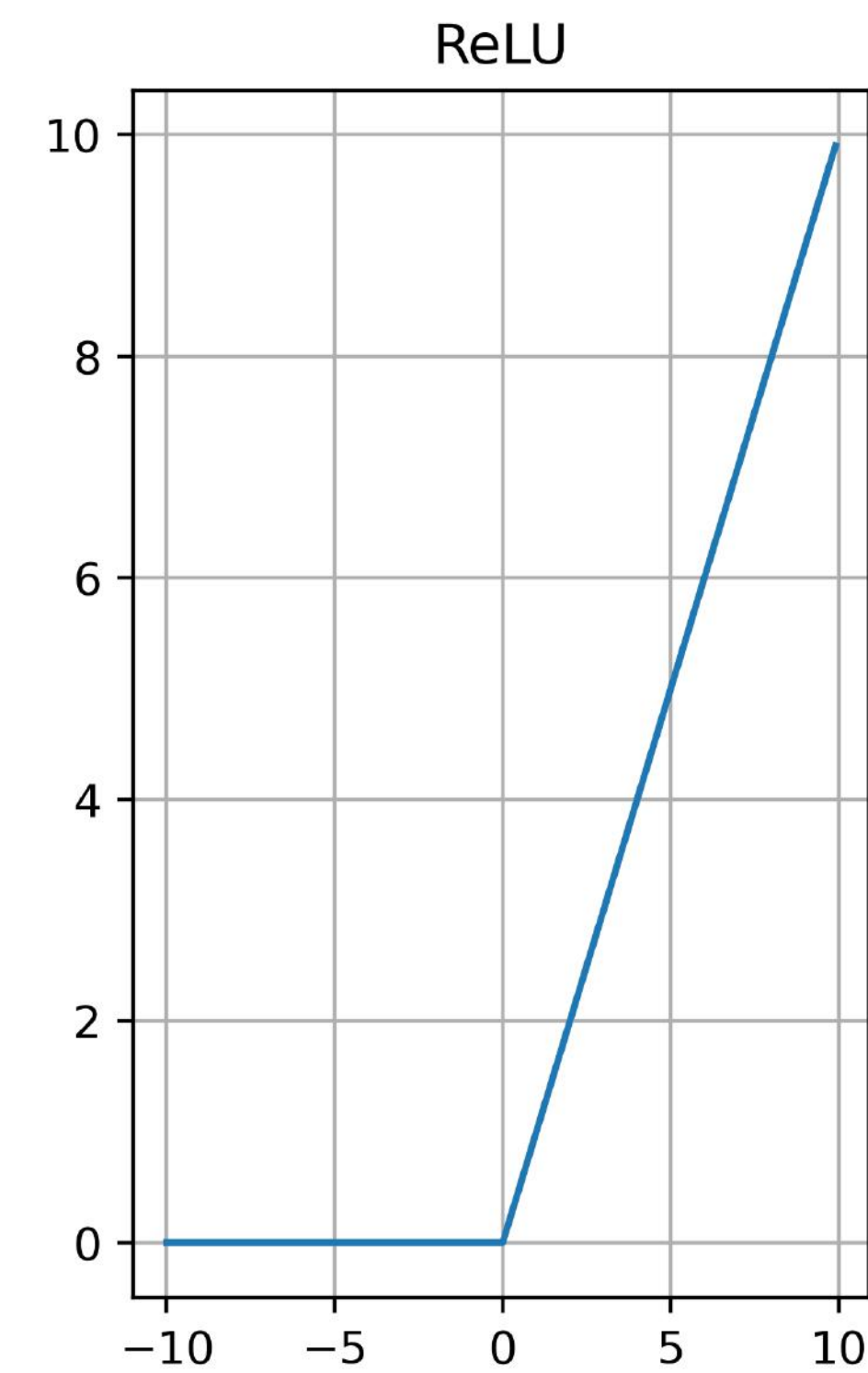
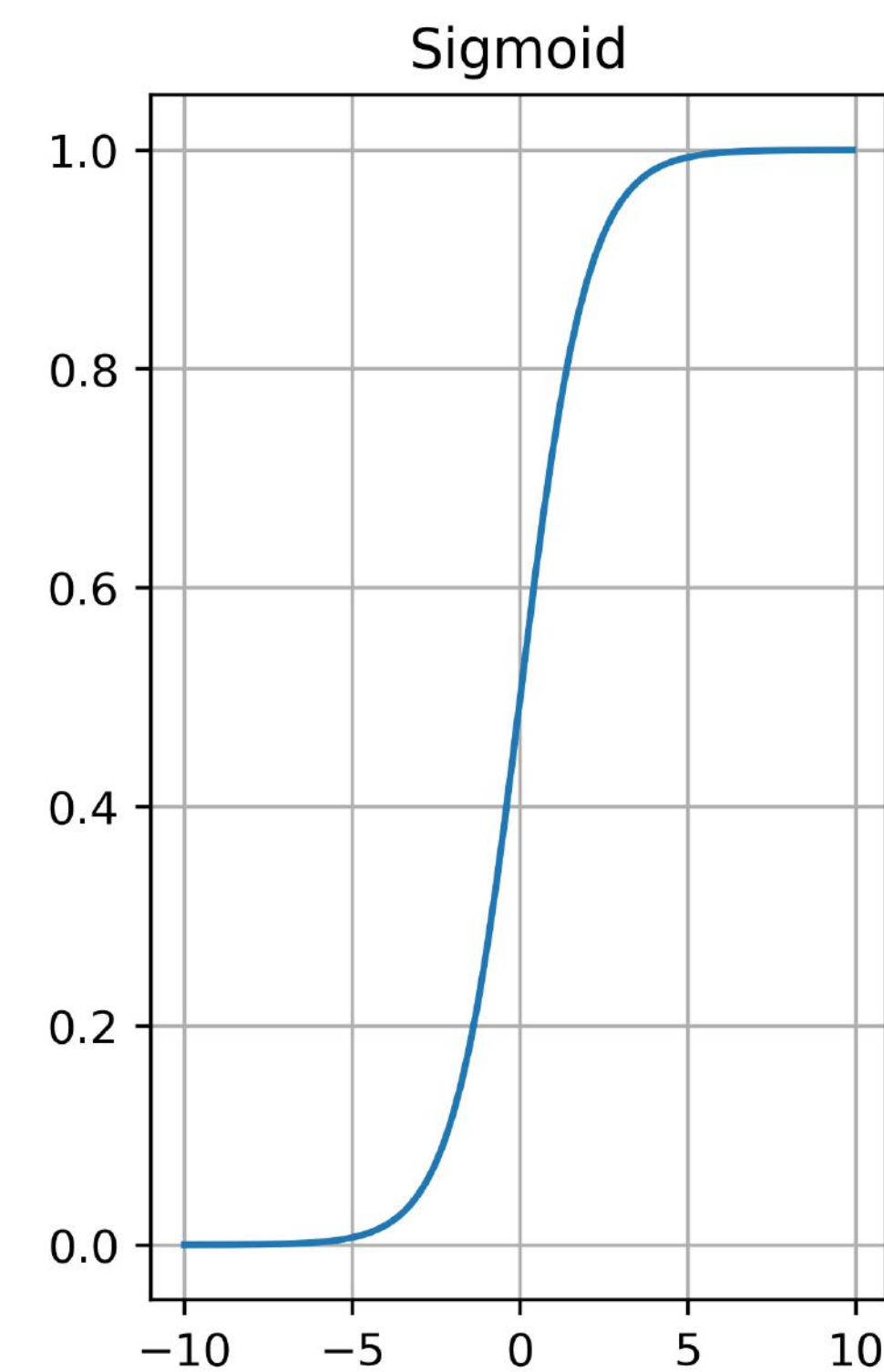
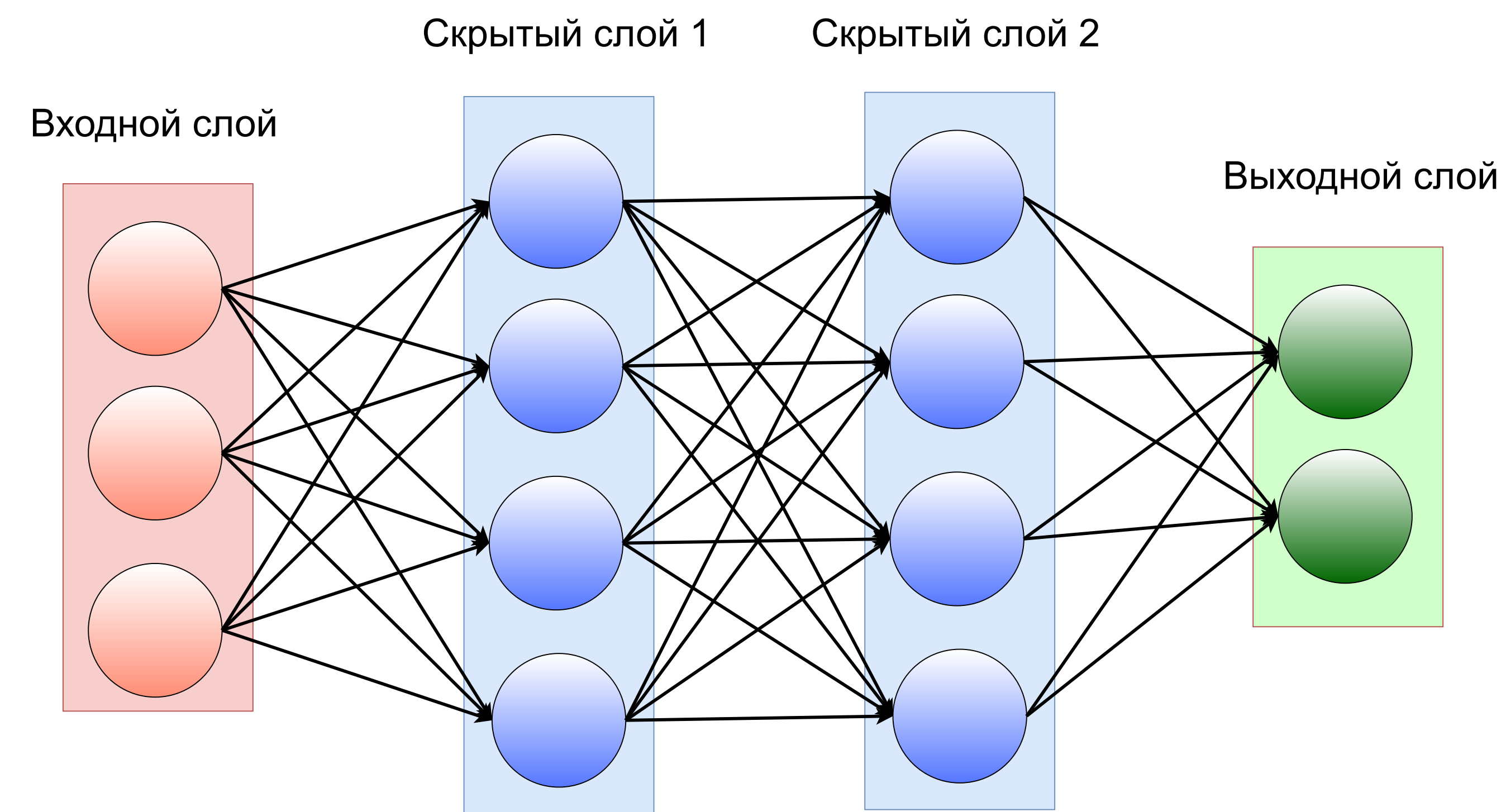
model_3 = Sequential([
    Dense(13, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(13, activation='sigmoid'),
    Dense(2, activation='softmax'),])

model_4 = Sequential([
    Dense(7, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(7, activation='relu'),
    Dense(7, activation='sigmoid'),
    Dense(2, activation='softmax'),])

model_5 = Sequential([
    Dense(7, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(7, activation='relu'),
    Dense(7, activation='relu'),
    Dense(7, activation='sigmoid'),
    Dense(2, activation='softmax'),])

model_6 = Sequential([
    Dense(7, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(7, activation='relu'),
    Dense(2, activation='softmax'),])

model_7 = Sequential([
    Dense(7, input_shape=(9,), activation='relu'),
    Dense(7, activation='relu'),
    Dense(7, activation='relu'),
    Dense(2, activation='softmax'),])
```



## Задание параметров обучения модели

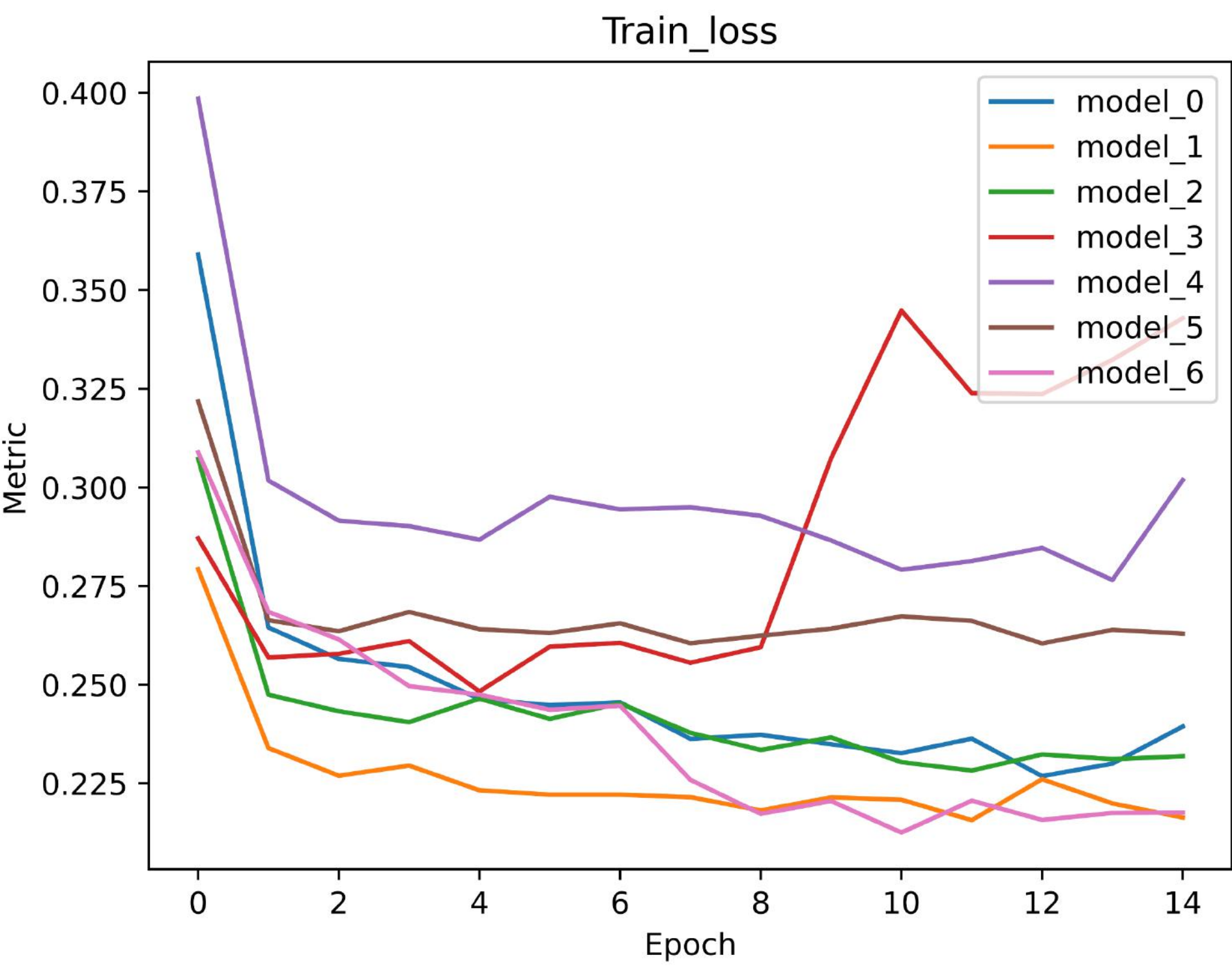
```
model.compile(
    loss='categorical_crossentropy',
    optimizer=Adam(0.1),
    metrics=['accuracy', metrics.AUC()])
```

| Выпускная квалификационная работа магистра |                |          |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка |  |  |  |        |           |         |
|--|----------------|----------|-------|------|---|--|--|--|--------|-----------|---------|
|  |                |          |       |      |   |  |  |  |        |           |         |
| Изм.                                       | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | Архитектуры нейронных сетей                           |  |  |  | Лит.   | Масса     | Масштаб |
| Разраб.                                    | Матвеев Е.К.   |          |       |      |   |  |  |  |        |           |         |
| Руковод.                                   | Пономарев А.Д. |          |       |      |   |  |  |  |        |           |         |
|  |                |          |       |      |   |  |  |  |        |           |         |
|  |                |          |       |      |   |  |  |  |        |           |         |
| И.контр.                                   | Мининаева А.М. |          |       |      |   |  |  |  | Лист 5 | Листов 10 |         |
|  |                |          |       |      | МГТУ им. Н.Э.Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИУ6-43М |  |  |  |        |           |         |

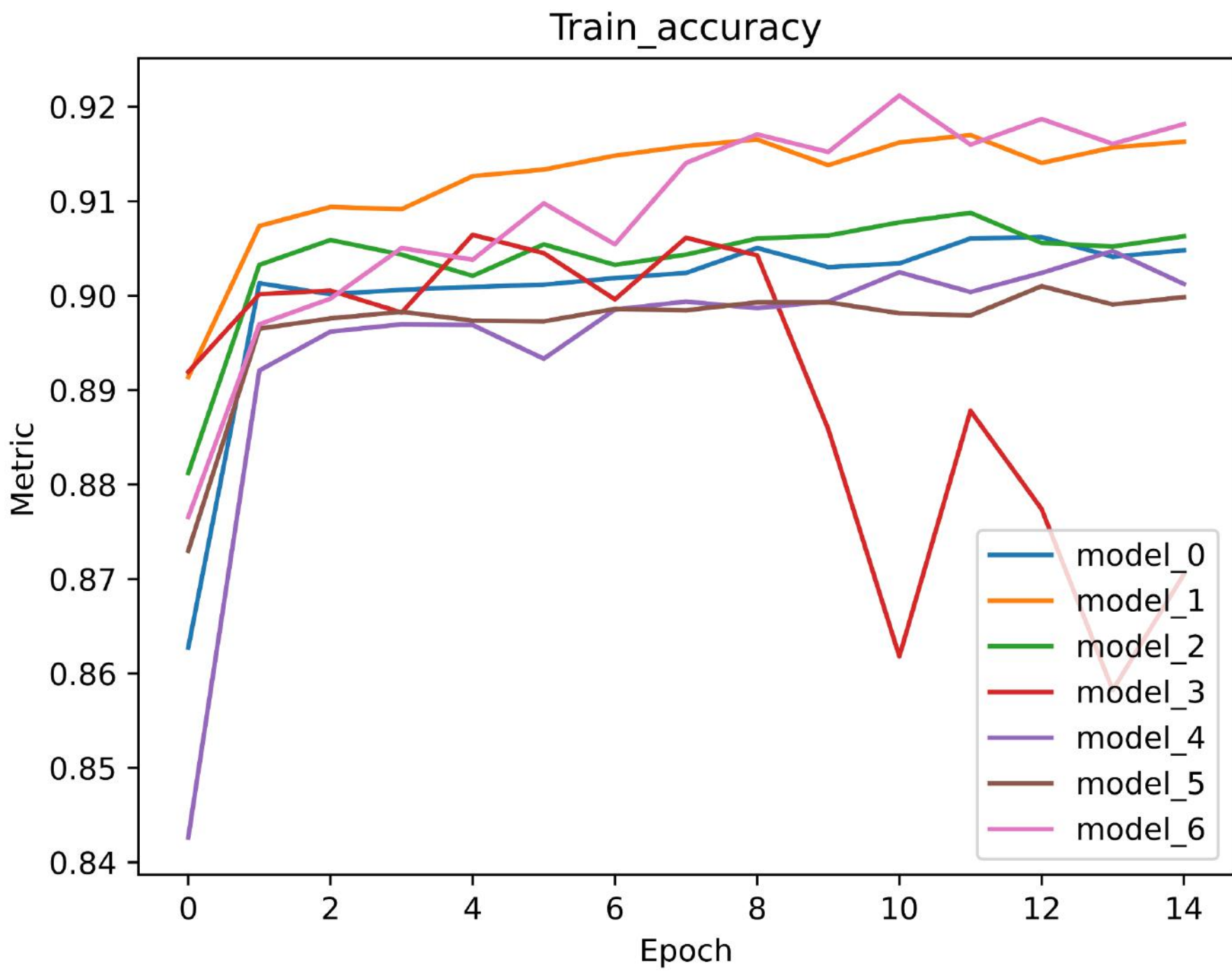


ПОСТРОЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

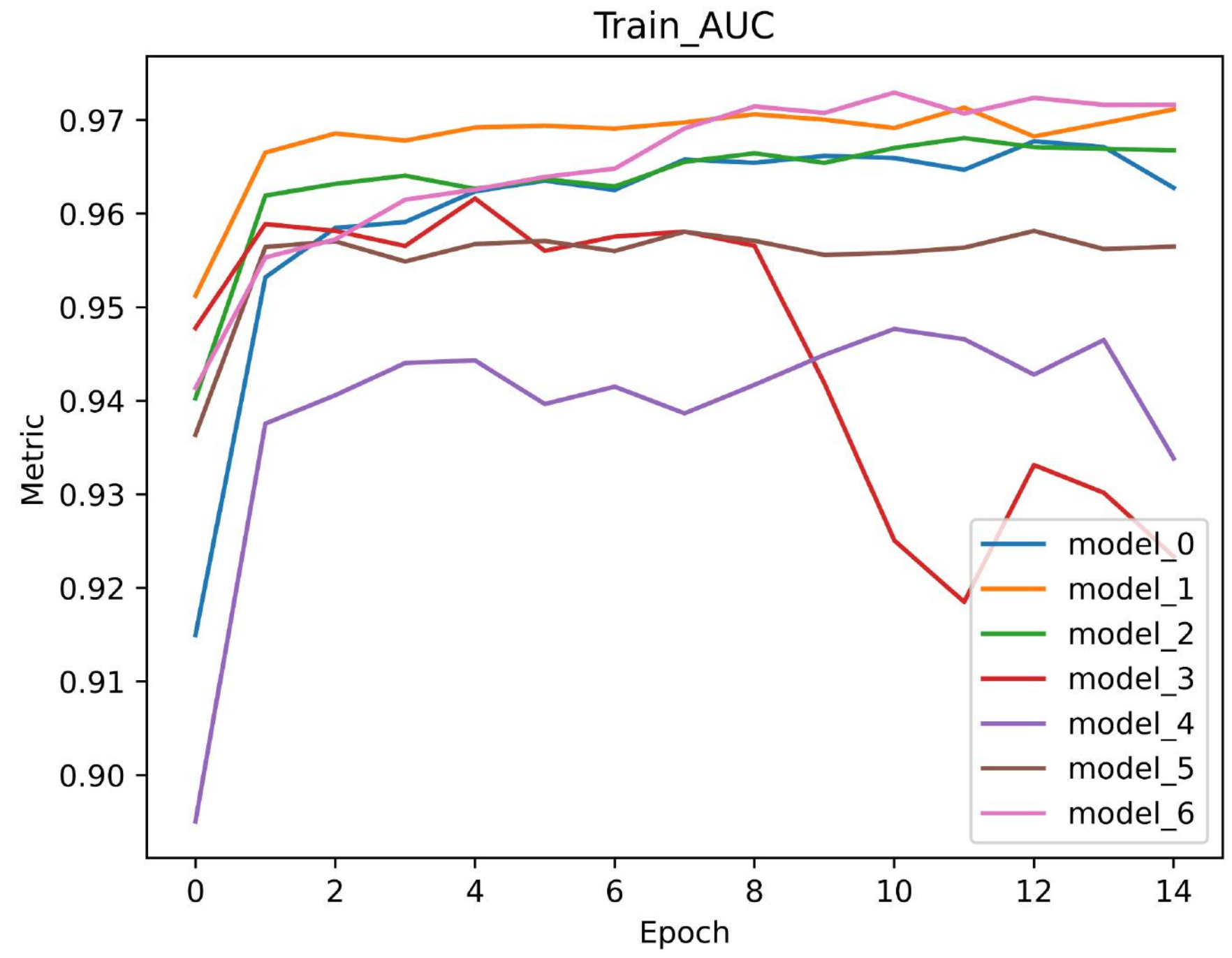
LOSS



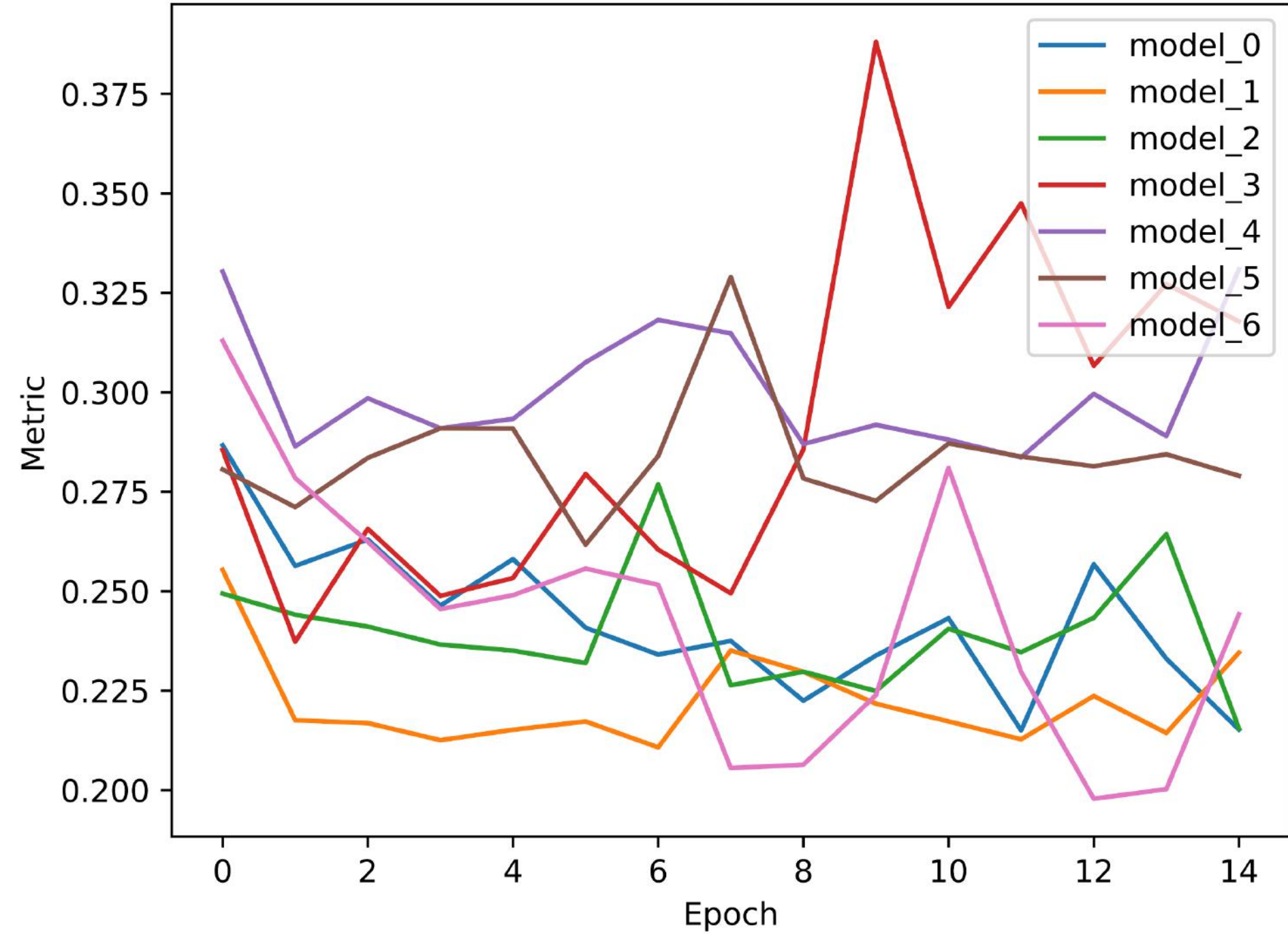
ACCURACY



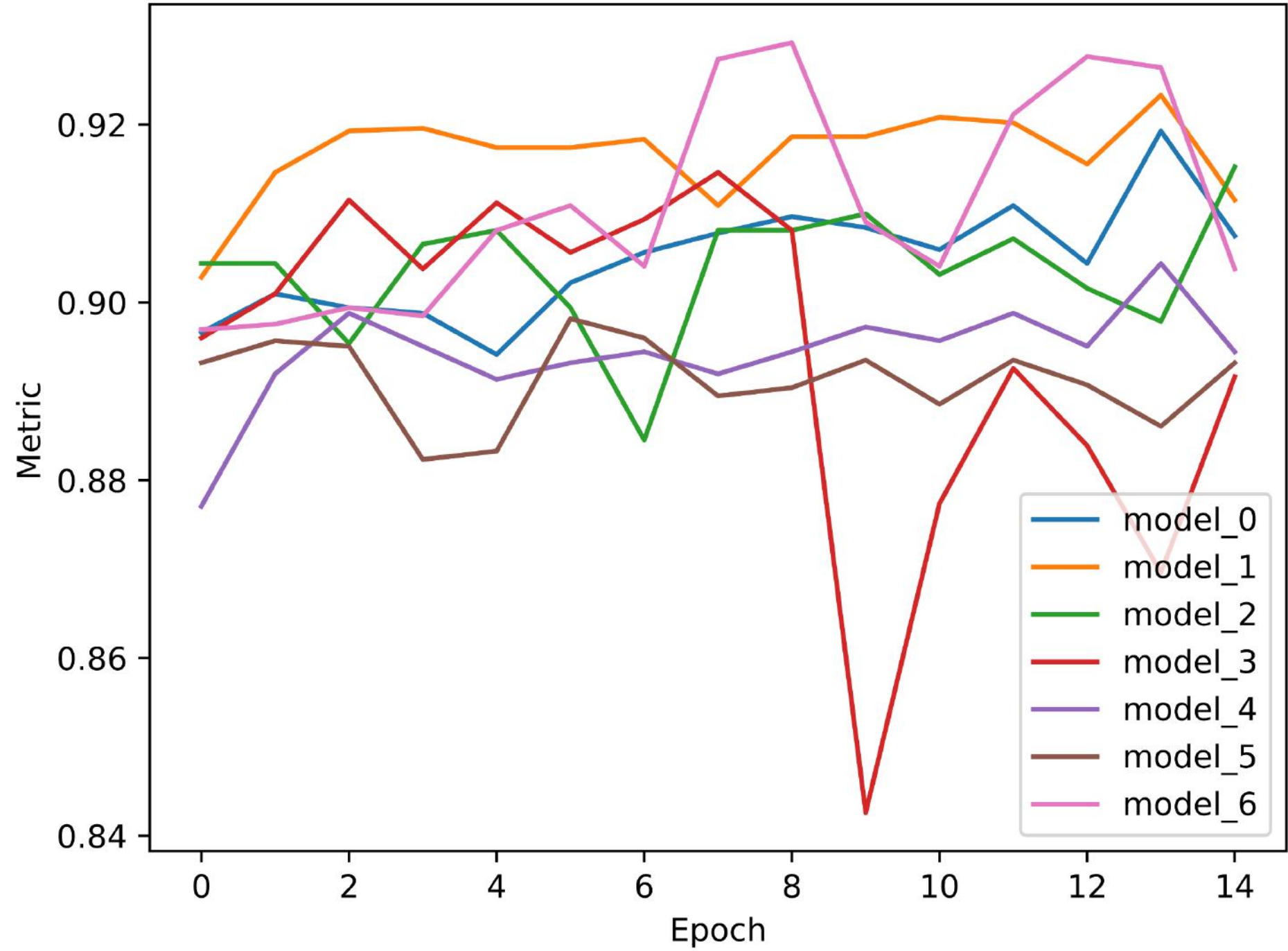
AUC



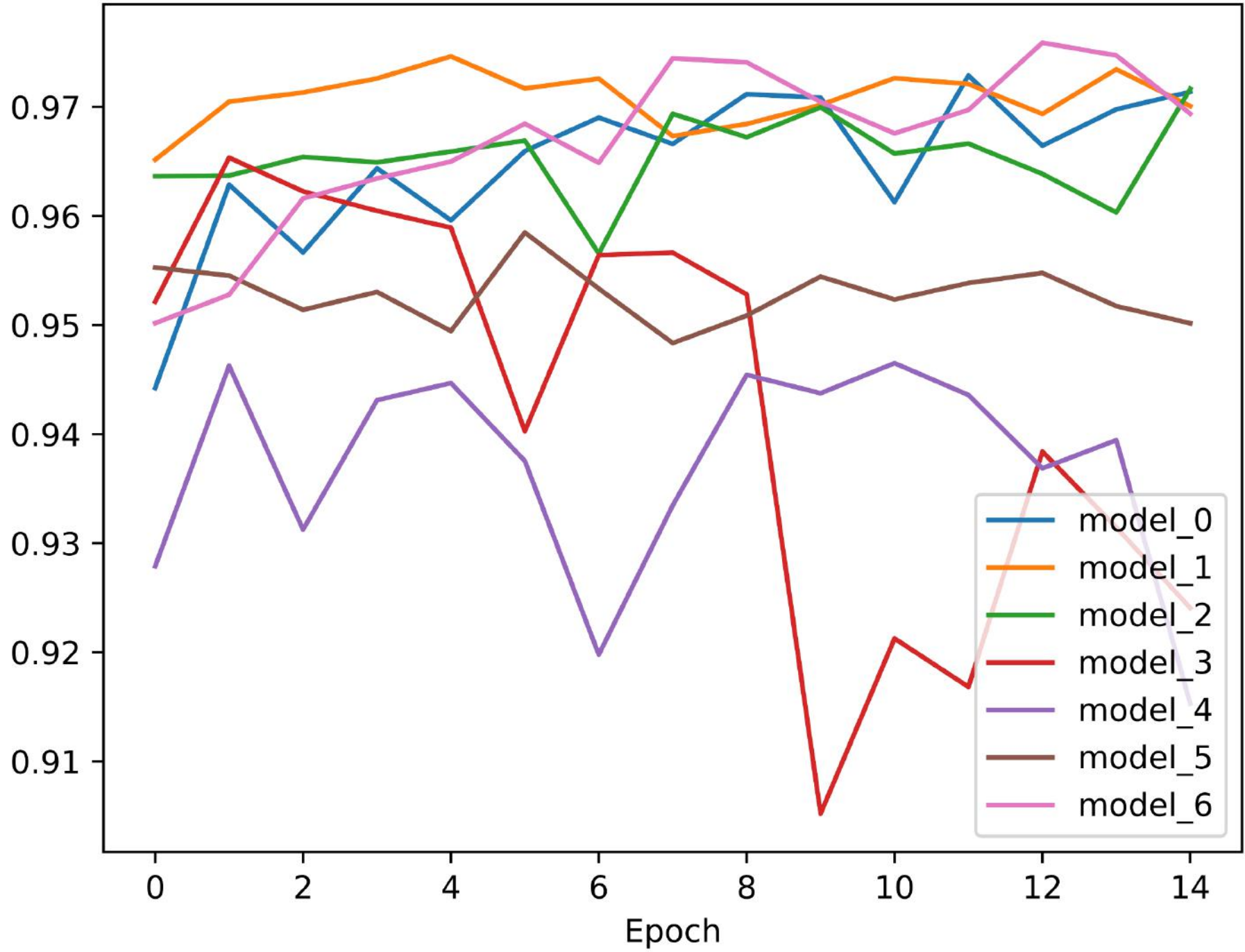
Valid\_loss



Valid\_accuracy



Valid\_AUC

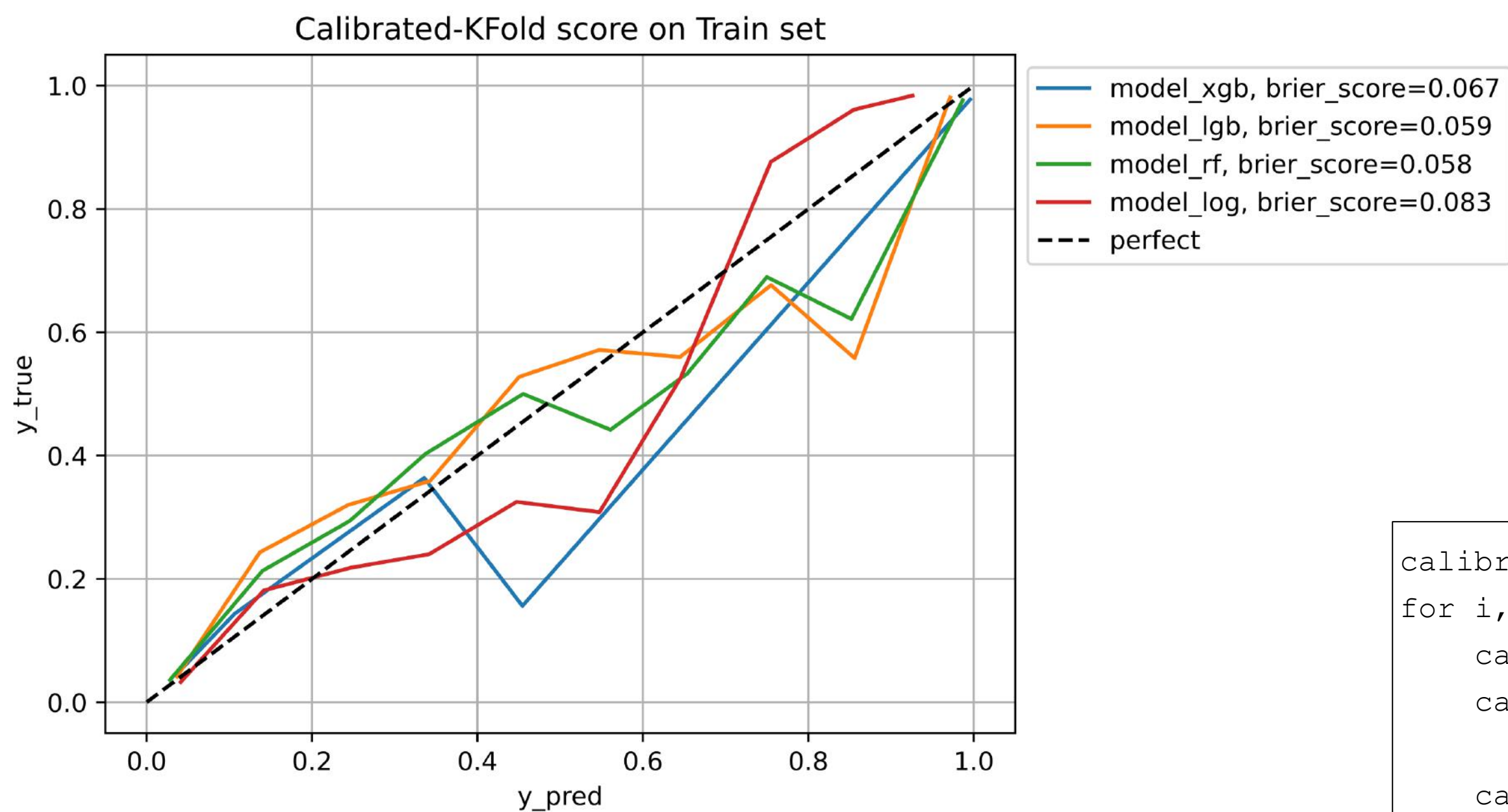
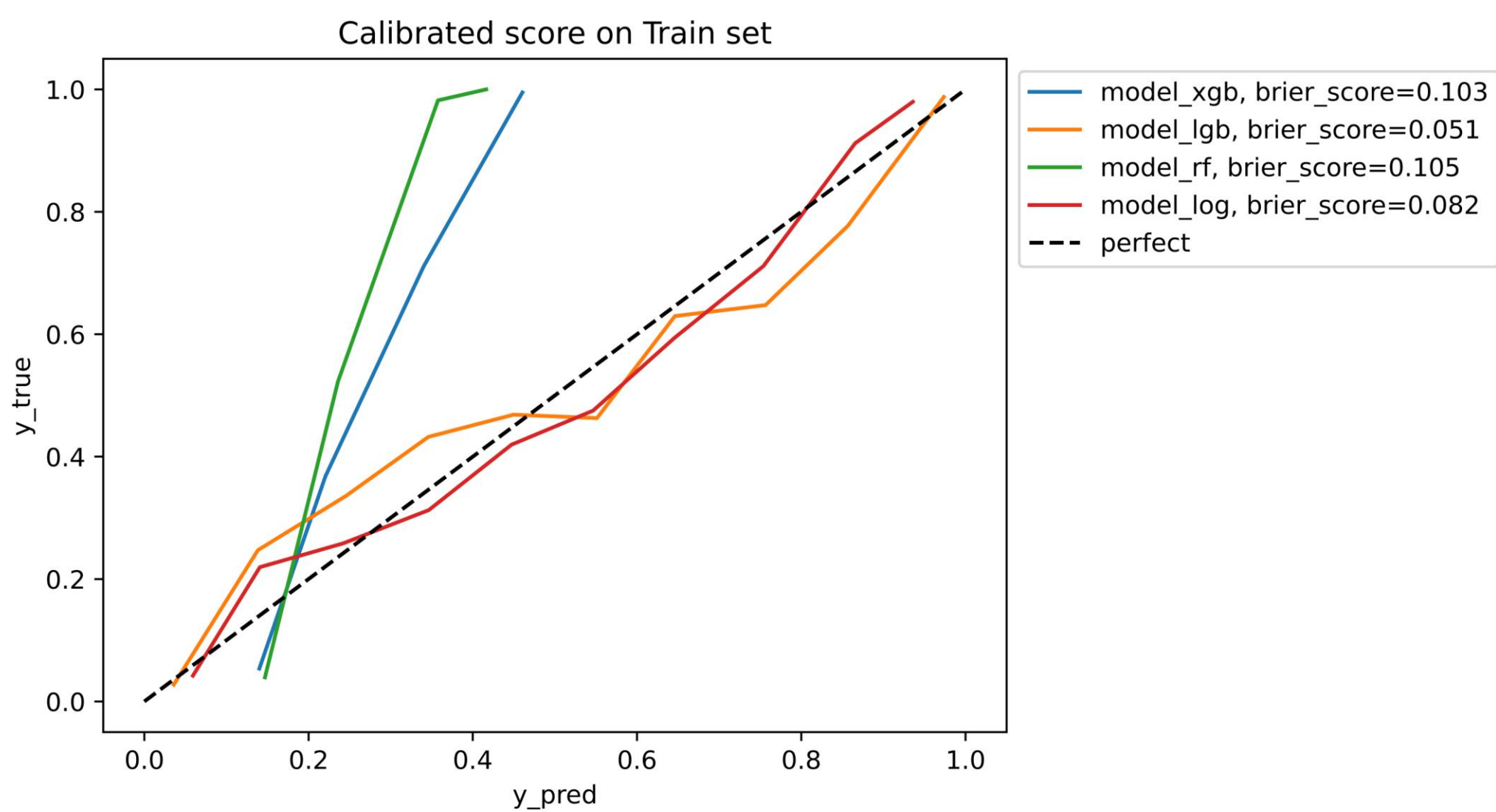
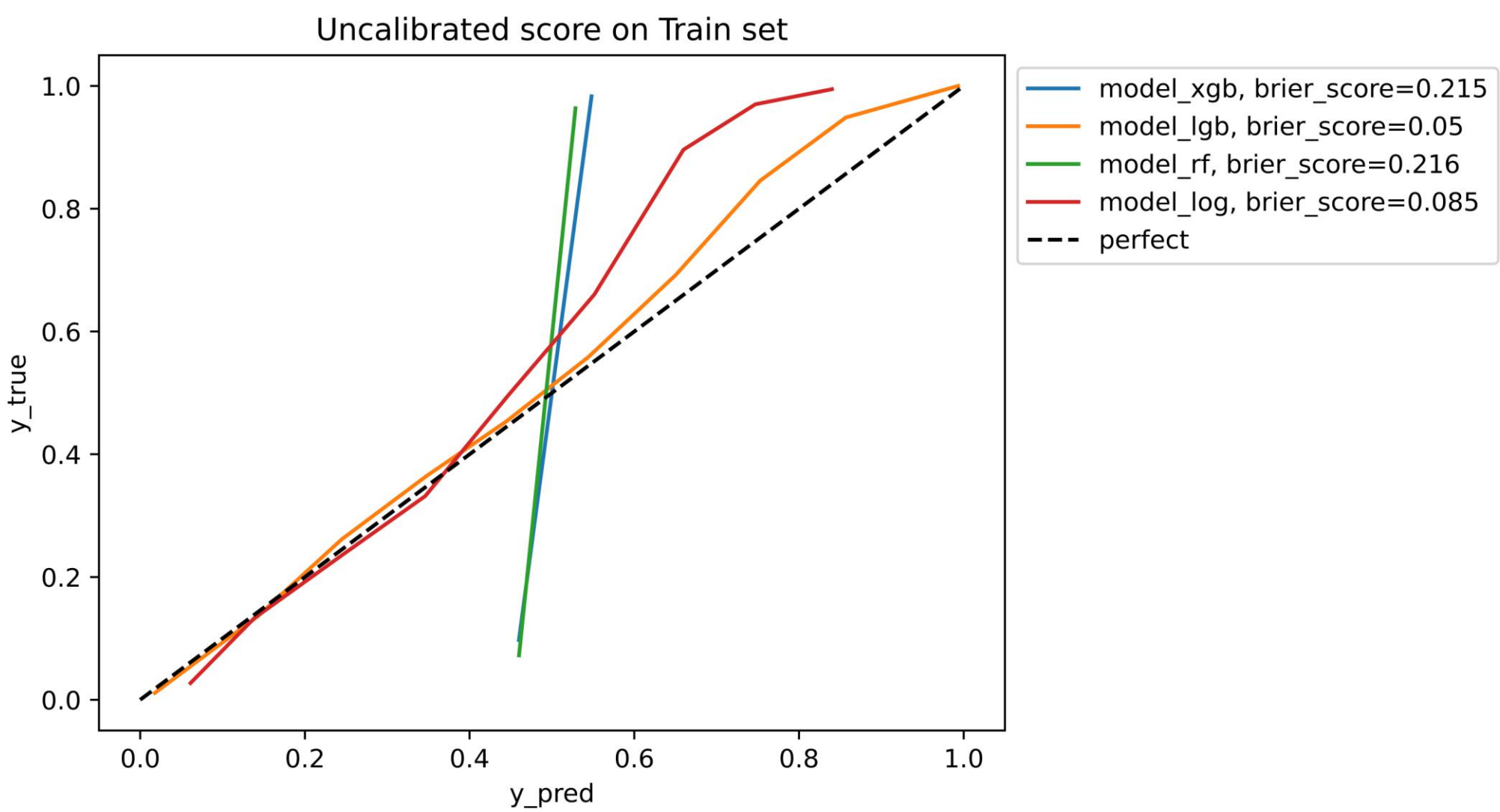


|  |      |                |       |      |   |  |  |   |           |
|--|------|----------------|-------|------|---|--|--|---|-----------|
| Выпускная квалификационная работа магистра |      |                |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка |  |  |   |           |
| Изм.                                       | Лист | № докум.       | Подп. | Дата | Построение нейронных сетей                            |  |  | Лит.  | Масса     |
| Разраб.                                    |      | Матвиенко Е.К. |       |      |   |  |  |   |           |
| Провер.                                    |      | Паномарев А.Д. |       |      |   |  |  |   |           |
|  |      |                |       |      |   |  |  | Лист 6  | Листов 10 |
| Н.контроль                                 |      | Минигоева А.М. |       |      |   |  |  | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИС'6-43М |           |

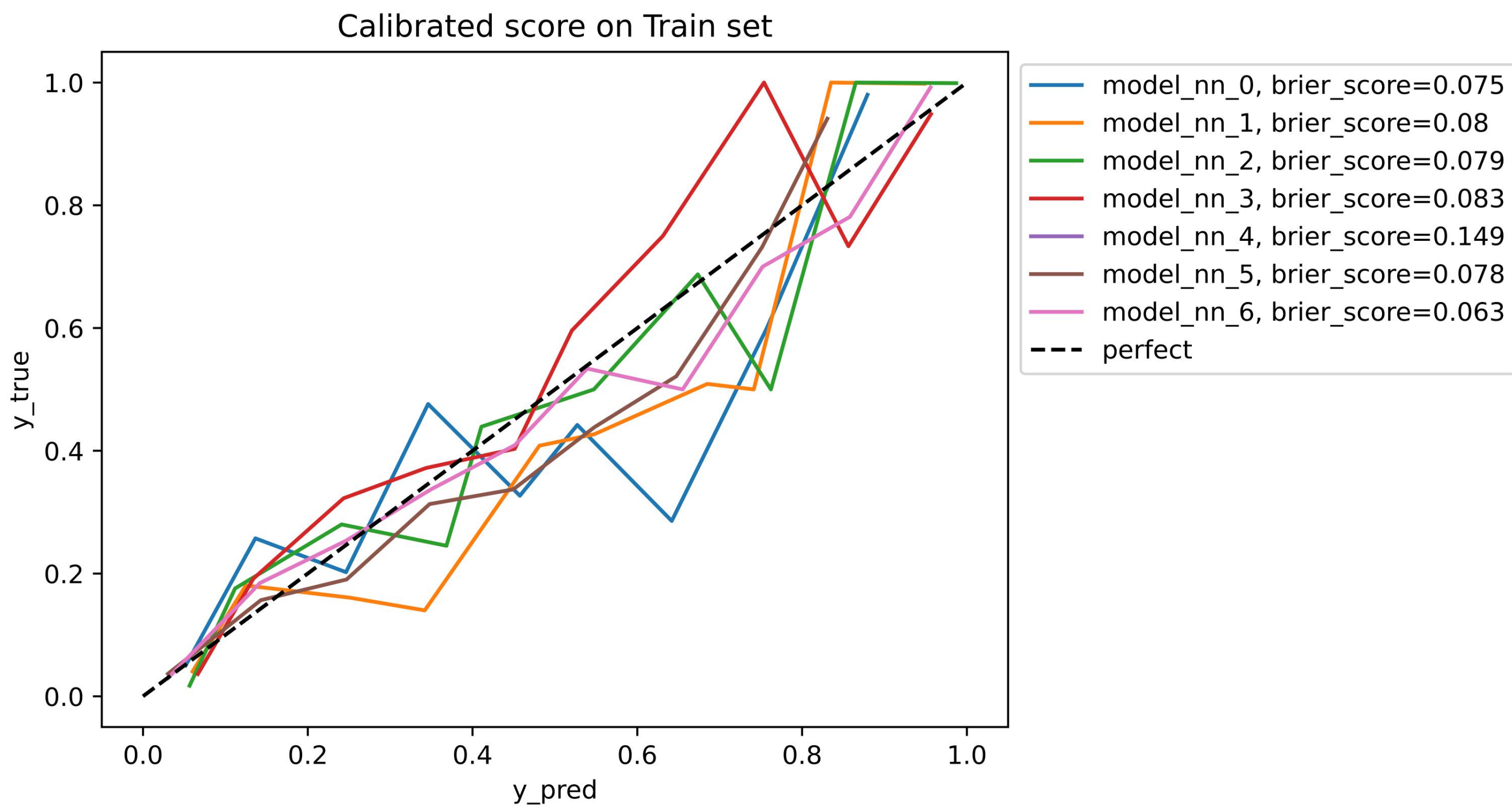
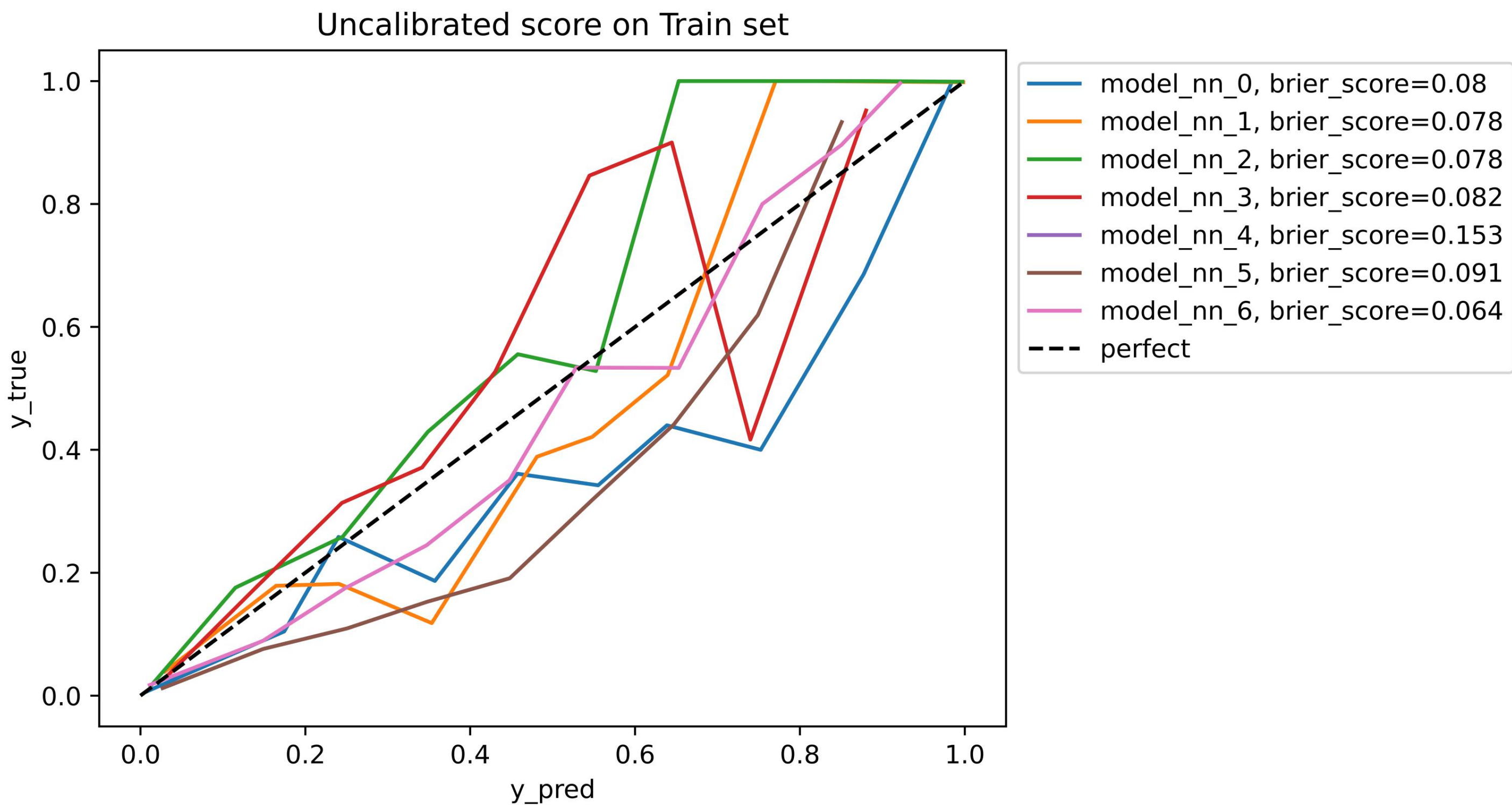


# СРАВНЕНИЕ ОТКАЛИБРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ

## Кривые надежности для классических моделей машинного обучения



## Кривые надежности для нейронных сетей



```
calibrators = []  
for i, model in enumerate(models_all):  
    calibrator = LogisticRegression()  
    calibrator.fit(pd.DataFrame(df_valid[f'{names[i]}_score']),  
                  df_valid[target_col])  
    calibrators.append(calibrator)
```

|  |                |          |       |      |   |  |  |           |
|--|----------------|----------|-------|------|---|--|--|-----------|
| Выпускная квалификационная работа магистра |                |          |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка   |  |  |           |
| Изм.                                       | Лист           | № докум. | Подп. | Дата | Сравнение откалиброванных моделей                       |  |  | Лит.      |
| Разраб.                                    | Матвиенко Е.К. |          |       |      |   |  |  | Масштаб   |
| Провер.                                    | Понамарев А.Д. |          |       |      |   |  |  |           |
|  |                |          |       |      |   |  |  | Лист 7    |
| Н.контроль                                 | Минигасов А.М. |          |       |      |   |  |  | Листов 10 |
|  |                |          |       |      | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИС'6-43М |  |  |           |



РЕЗУЛЬТАТЫ

Расчет вероятности ухода клиентов

Датасет должен содержать следующие поля: Client\_id, Client\_age, Gender, Numb\_of\_Prod, Salary, HasCrCard, Numb\_of\_years, CreditScore, Balance, IsActiveMember и быть в формате csv.

Загрузить файл с данными о клиентах

Drag and drop file here  
Limit 200MB per file

Browse files

data\_for\_pred.csv 216.2KB

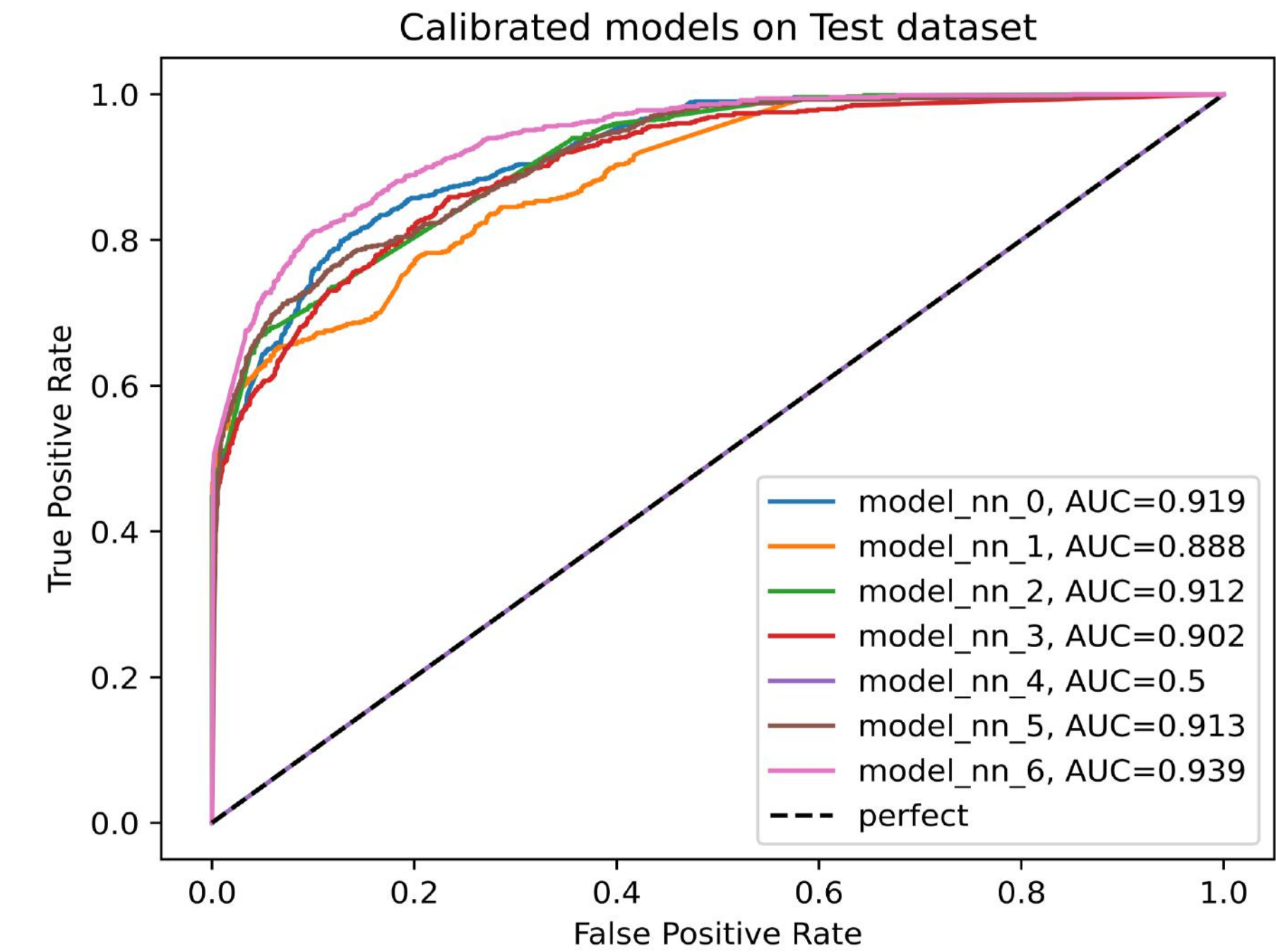
✕

Был загружен датасет

|   | Unnamed: 0 | Client_id   | Client_age | Gender | Numb_of_Prod | Salary          | HasCrCard | Numb_of_years |
|---|------------|-------------|------------|--------|--------------|-----------------|-----------|---------------|
| 0 | 5,433      | 15,641,575  | 37         | Male   | 1            | \$40K - \$60K   | 1         |               |
| 1 | 2,928      | 15,581,198  | 39         | Female | 1            | \$80K - \$120K  | 1         |               |
| 2 | 5,702      | 708,390,633 | 52         | Female | 3            | Less than \$40K | 1         |               |
| 3 | 3,062      | 711,502,908 | 44         | Male   | 3            | \$60K - \$80K   | 1         |               |
| 4 | 9,199      | 826,061,508 | 49         | Female | 4            | Less than \$40K | 1         |               |
| 5 | 9,354      | 15,791,501  | 43         | Male   | 2            | \$120K +        | 1         |               |
| 6 | 5,605      | 15,730,272  | 58         | Male   | 1            | \$80K - \$120K  | 1         |               |
| 7 | 9,362      | 807,971,658 | 47         | Female | 3            | Less than \$40K | 1         |               |
| 8 | 8,196      | 712,121,508 | 43         | Male   | 3            | \$60K - \$80K   | 1         |               |
| 9 | 8,868      | 719,157,933 | 51         | Male   | 2            | \$120K +        | 1         |               |

Рассчитать вероятность ухода клиентов

Просмотр графиков



Отчёт по оттоку клиентов

Выберите диапазон вроятности ухода клиентов

Вероятность ухода клиентов: 0 - 20 %

Вероятность ухода клиентов: 0 - 20 %

Вероятность ухода клиентов: 21 - 40%

Вероятность ухода клиентов: 40 - 60%

Вероятность ухода клиентов: 60 - 80%

Вероятность ухода клиентов: 80 - 100%

|   |             |         |   |         |         |   |         |        |
|---|-------------|---------|---|---------|---------|---|---------|--------|
| 4 | 709,106,358 | -0.2609 | 1 | 0.9799  | -1.1153 | 1 | -1.1687 | 1      |
| 5 | 713,061,558 | 0.137   | 1 | 0.059   | -1.5513 | 1 | -0.3405 | 0.9999 |
| 6 | 810,347,208 | 0.8334  | 1 | 1.9008  | 1.4175  | 1 | -0.3405 | 0.9999 |
| 7 | 818,906,208 | -1.0568 | 1 | -1.7829 | -1.1153 | 1 | -0.7546 | 0.9999 |
| 8 | 710,930,508 | -0.5594 | 1 | 0.9799  | -1.1153 | 1 | -0.3405 | 1      |
| 9 | 719,661,558 | 0.5349  | 1 | 0.059   | -0.0463 | 1 | -0.3405 | 0.9997 |

Предварительная обработка данных и расчет вероятности ухода клиента

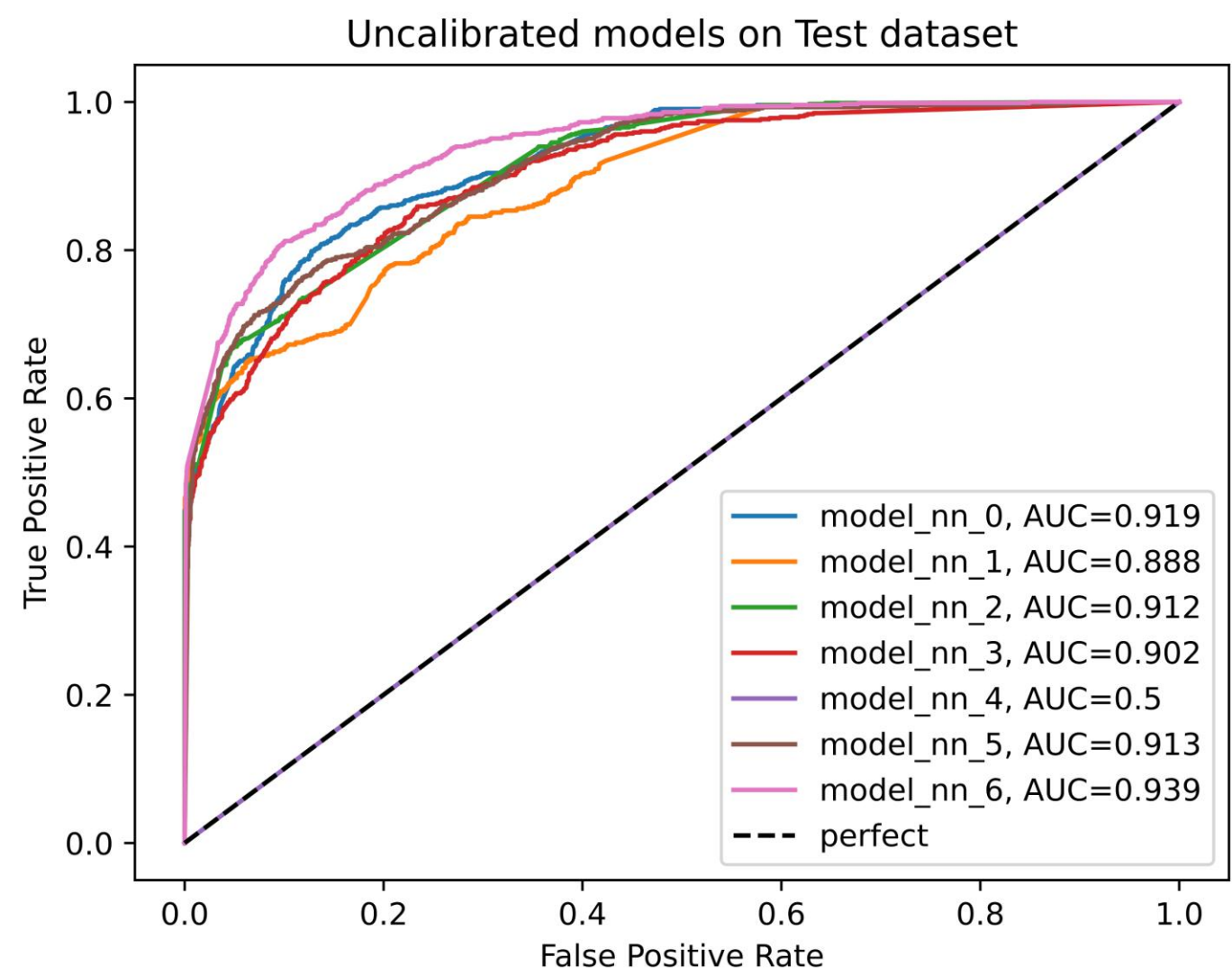
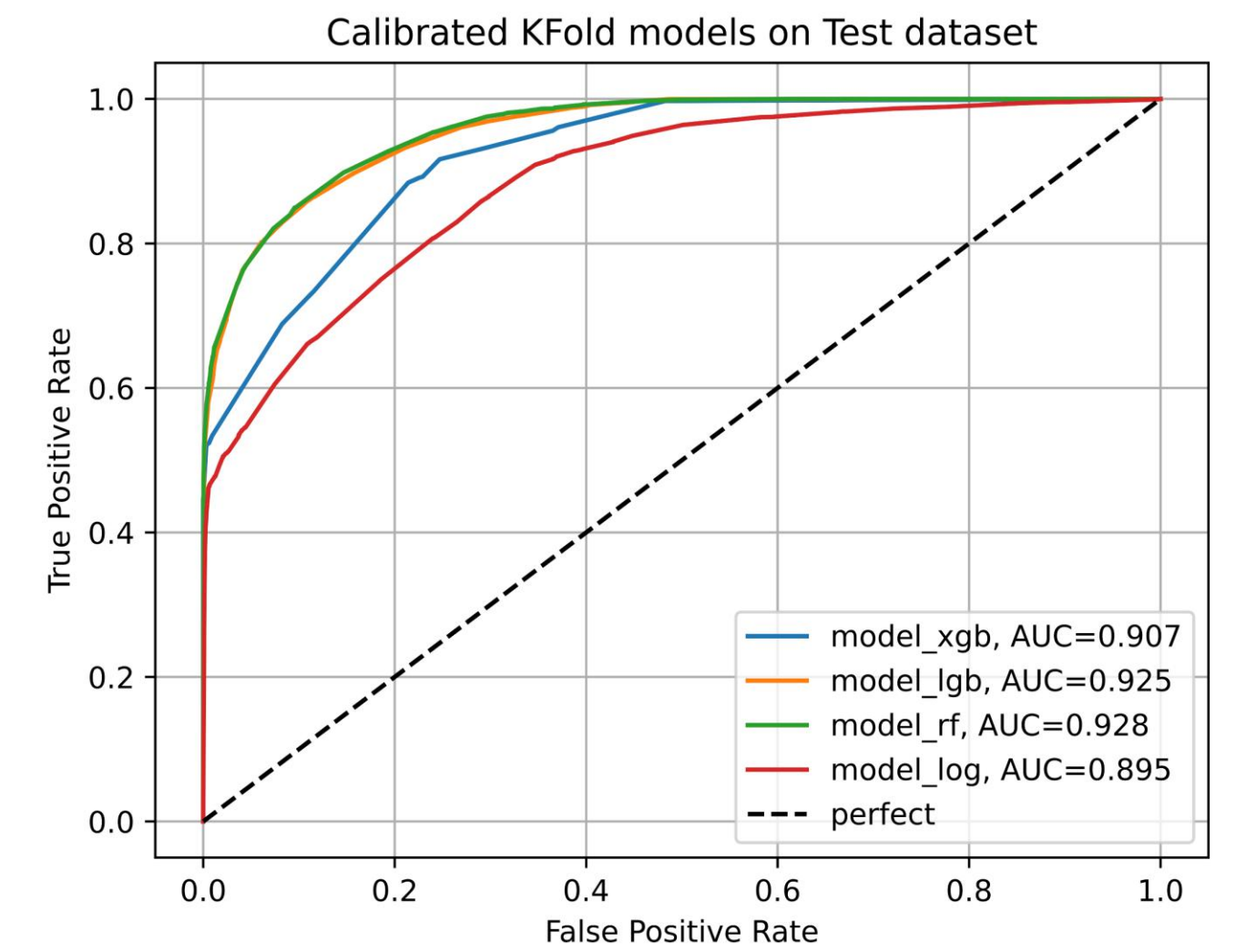
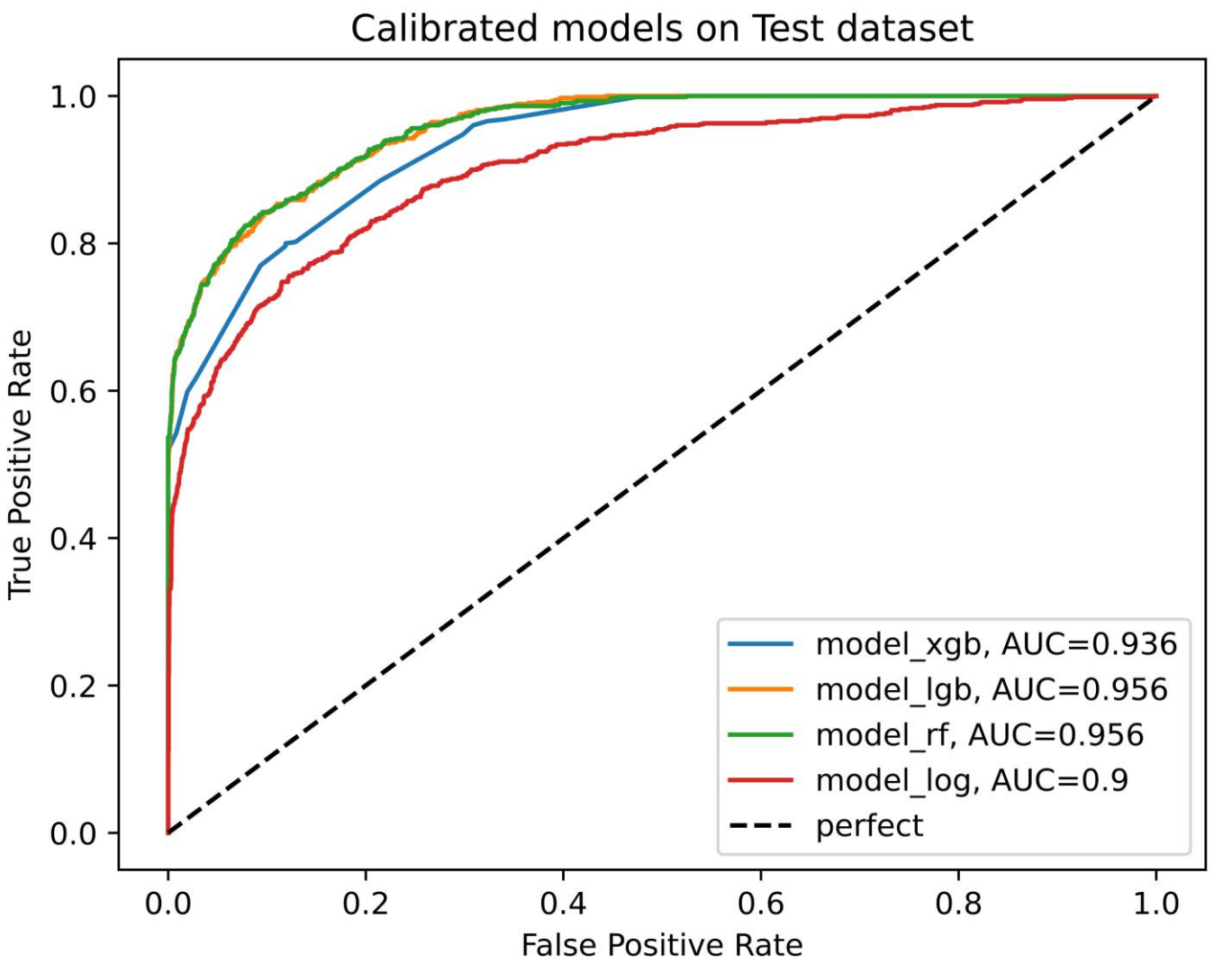
Предсказание клиентской убыли 100



Отчёт по оттоку клиентов

|   | Client_id   | Client_age | Gender | Numb_of_Prod | Salary  | HasCrCard | Numb_of_years | CreditScore |
|---|-------------|------------|--------|--------------|---------|-----------|---------------|-------------|
| 0 | 15,641,575  | -0.5594    | 1      | -0.8619      | -1.5513 | 1         | -0.7546       | 0.454       |
| 1 | 15,581,198  | -0.3604    | 0      | -0.8619      | -0.0463 | 1         | -1.5828       | 0.636       |
| 2 | 708,390,633 | 0.9329     | 0      | 0.9799       | 0.2568  | 1         | -0.3405       | 0.9997      |
| 3 | 711,502,908 | 0.137      | 1      | 0.9799       | -1.1153 | 1         | -0.3405       | 0.9999      |
| 4 | 826,061,508 | 0.6344     | 0      | 1.9008       | 0.2568  | 1         | -0.3405       | 0.9999      |
| 5 | 15,791,501  | 0.0375     | 1      | 0.059        | 1.4175  | 1         | 1.7302        | 0.48        |
| 6 | 15,730,272  | 1.5298     | 1      | -0.8619      | -0.0463 | 1         | 0.4878        | 0.538       |
| 7 | 807,971,658 | 0.4355     | 0      | 0.9799       | 0.2568  | 1         | -0.3405       | 0.9998      |
| 8 | 712,121,508 | 0.0375     | 1      | 0.9799       | -1.1153 | 1         | -0.7546       | 1           |
| 9 | 719,157,933 | 0.8334     | 1      | 0.059        | 1.4175  | 1         | -0.3405       | 0.9999      |

Скачать отчет

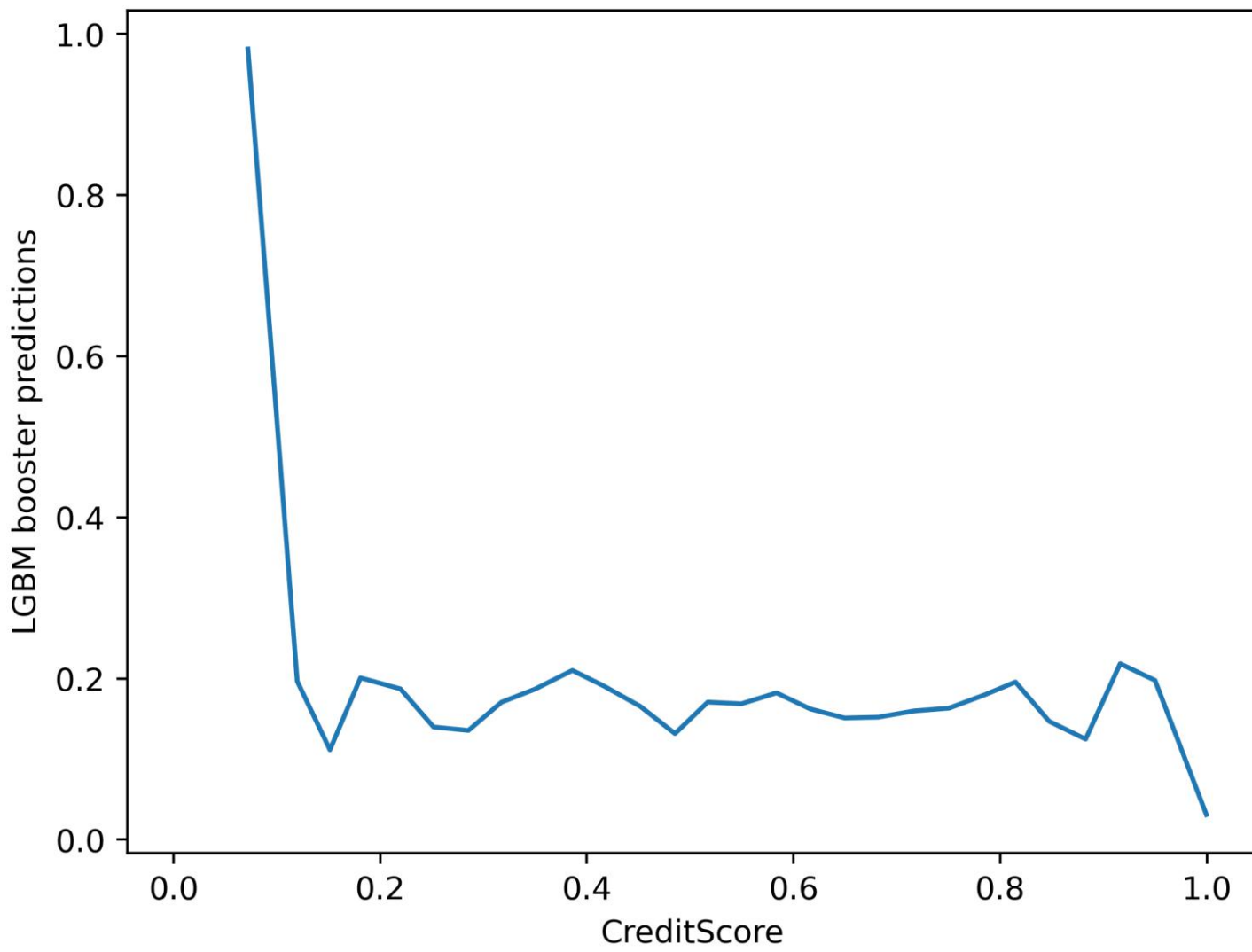
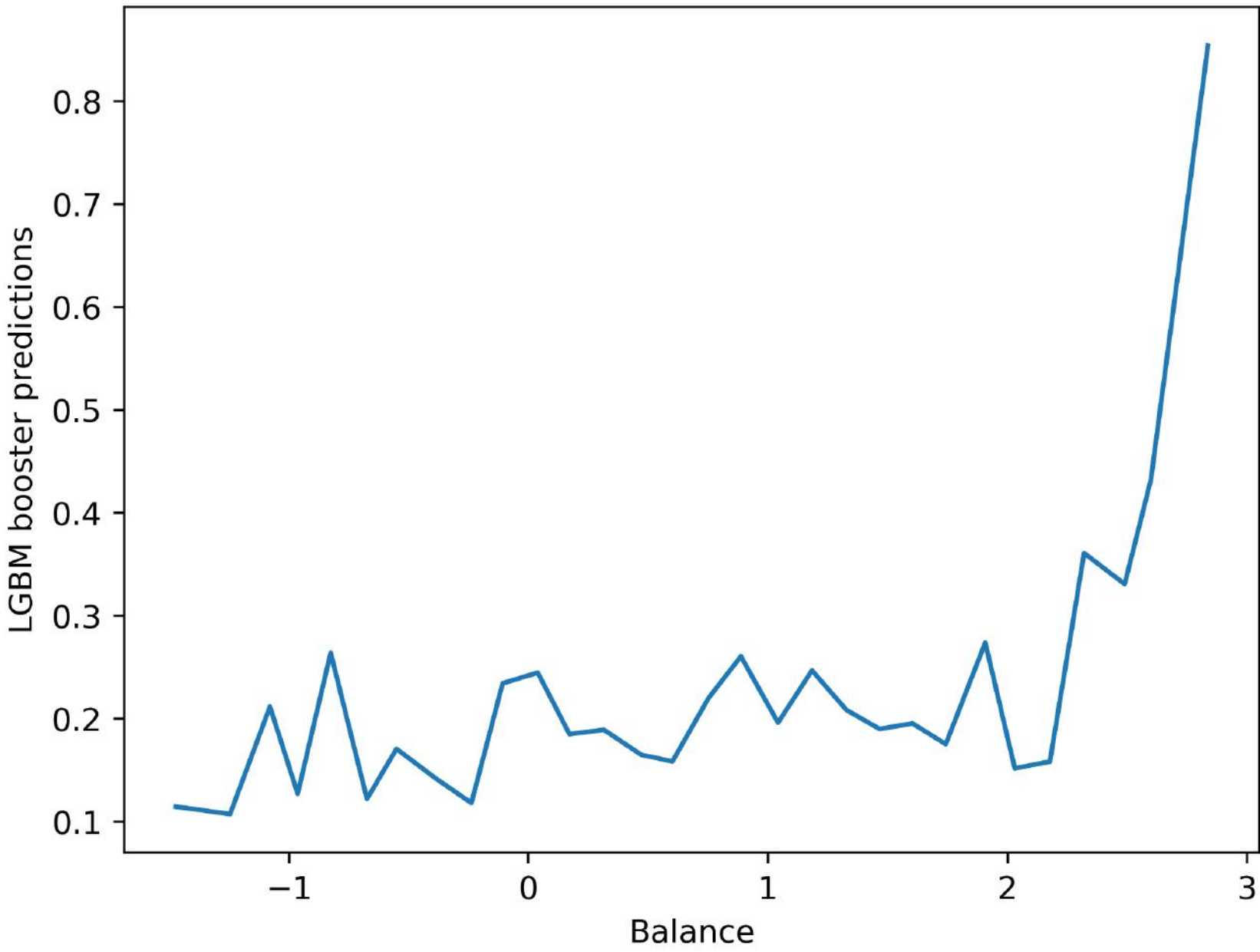
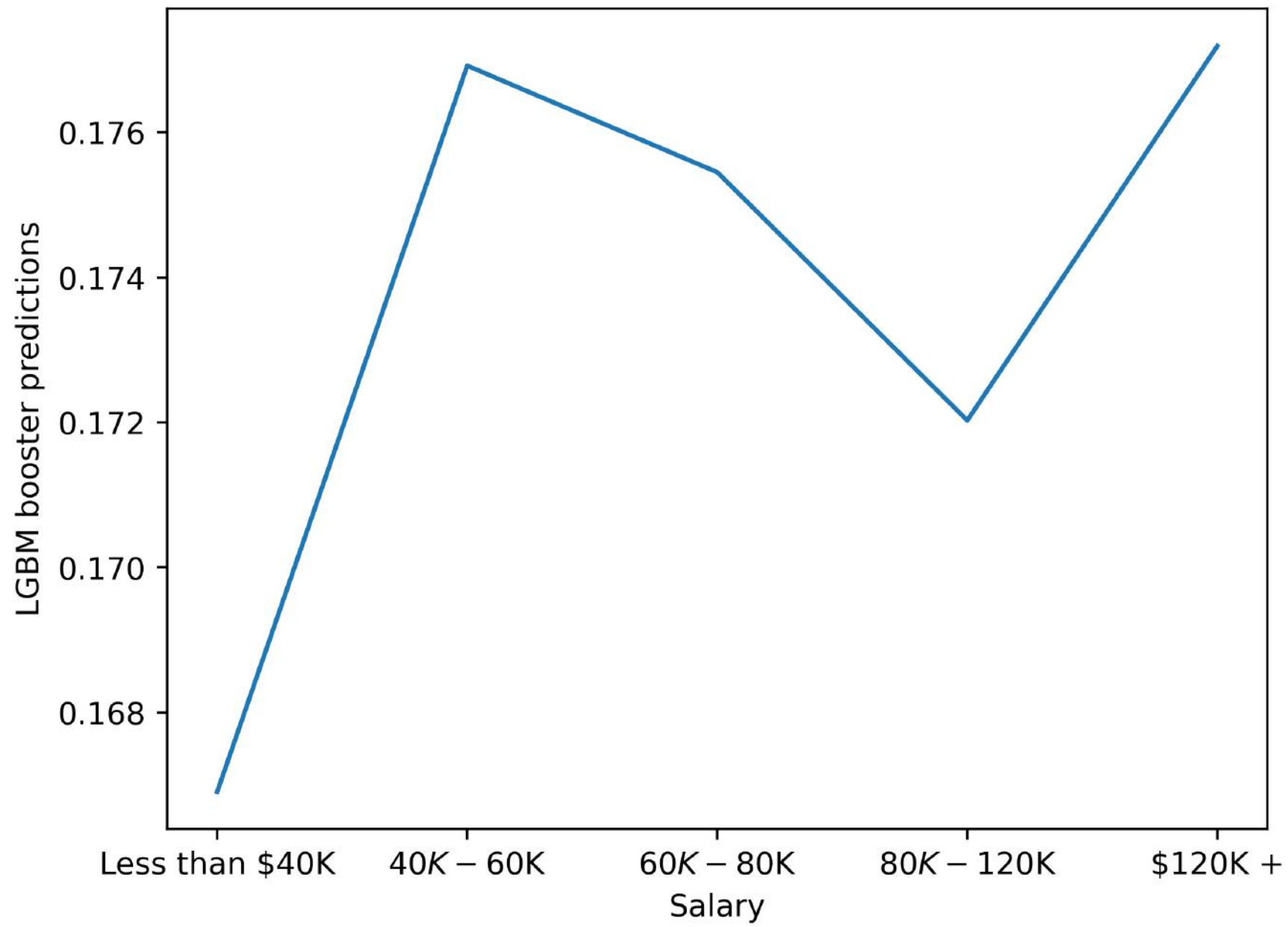
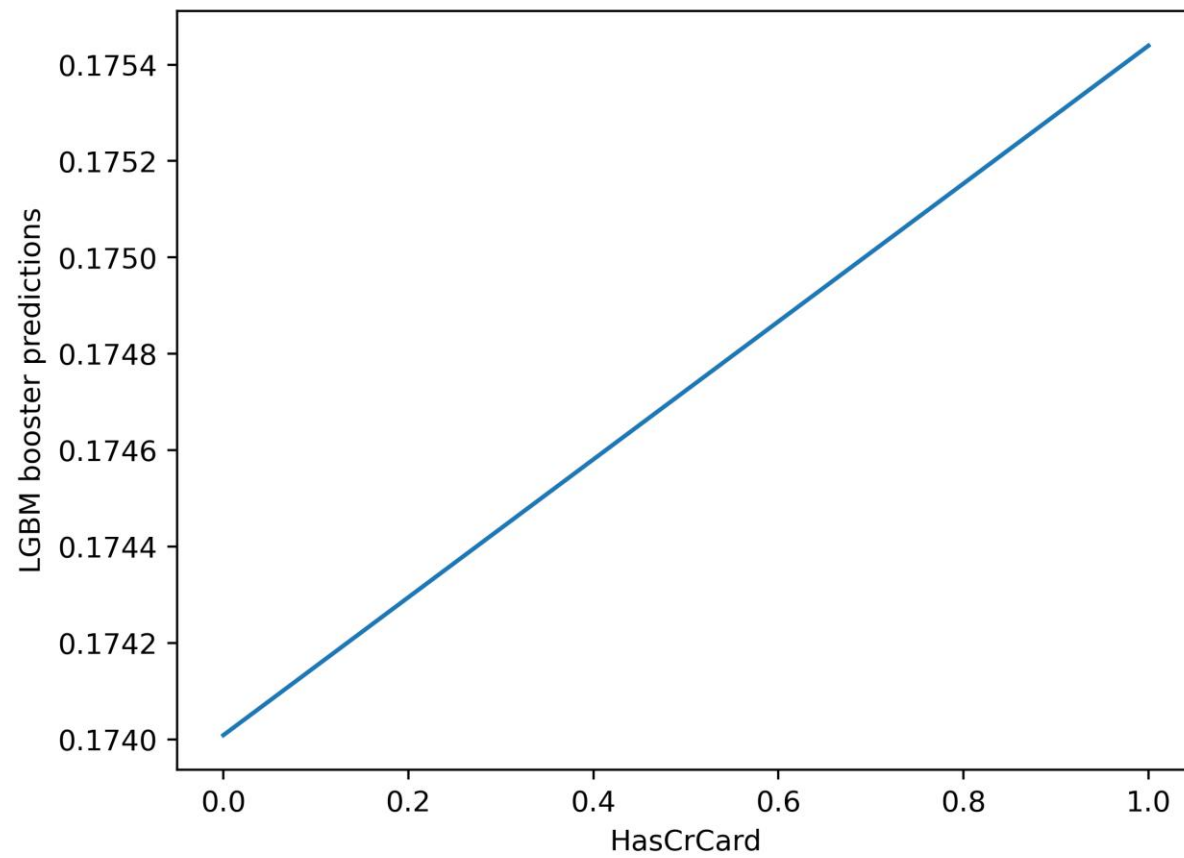
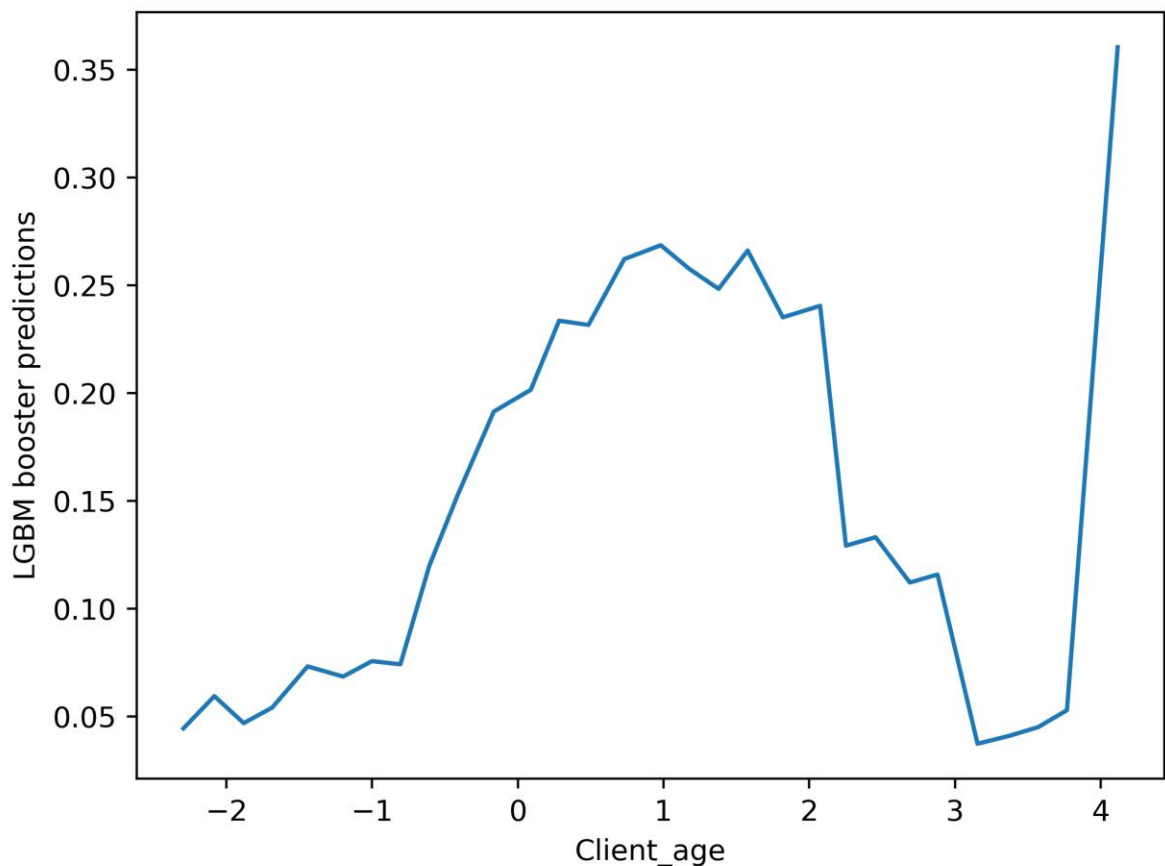
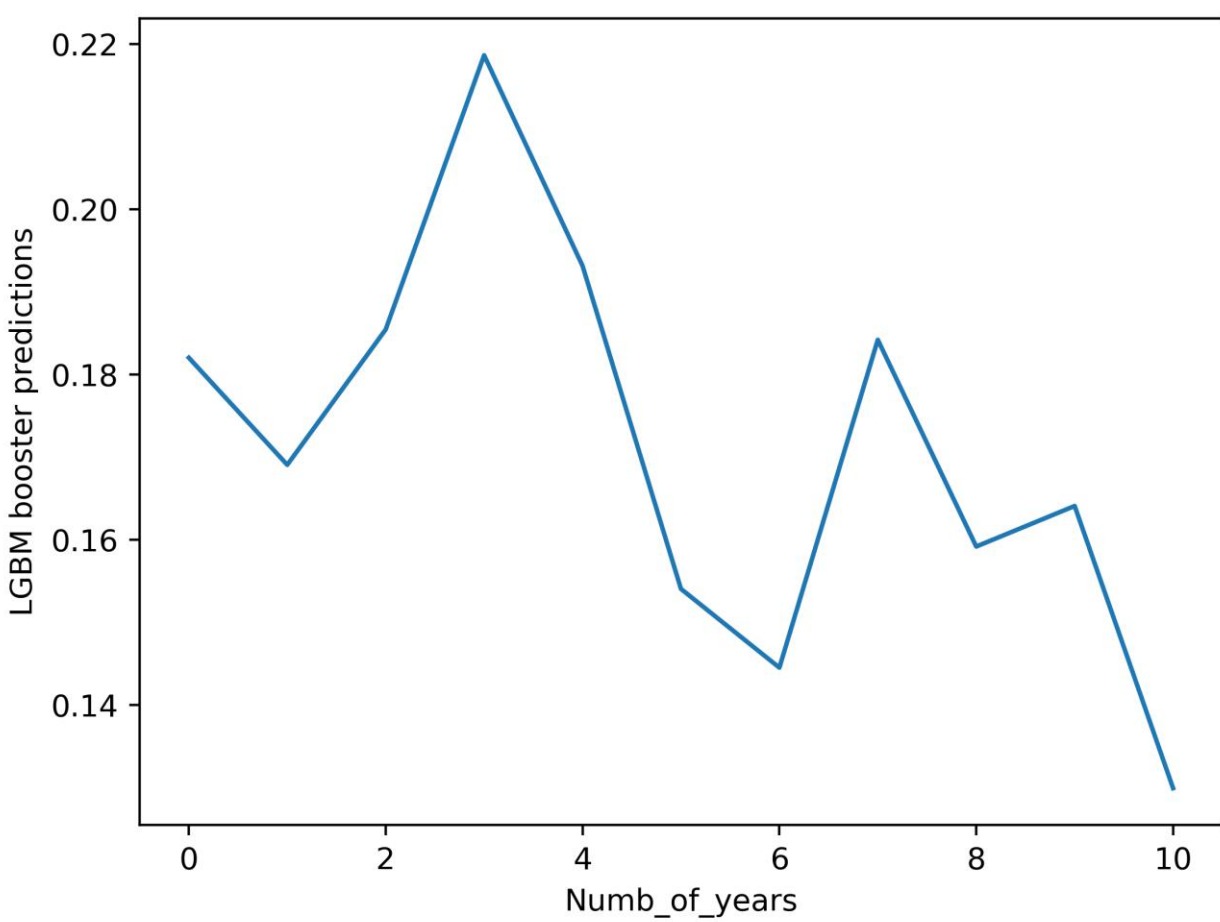
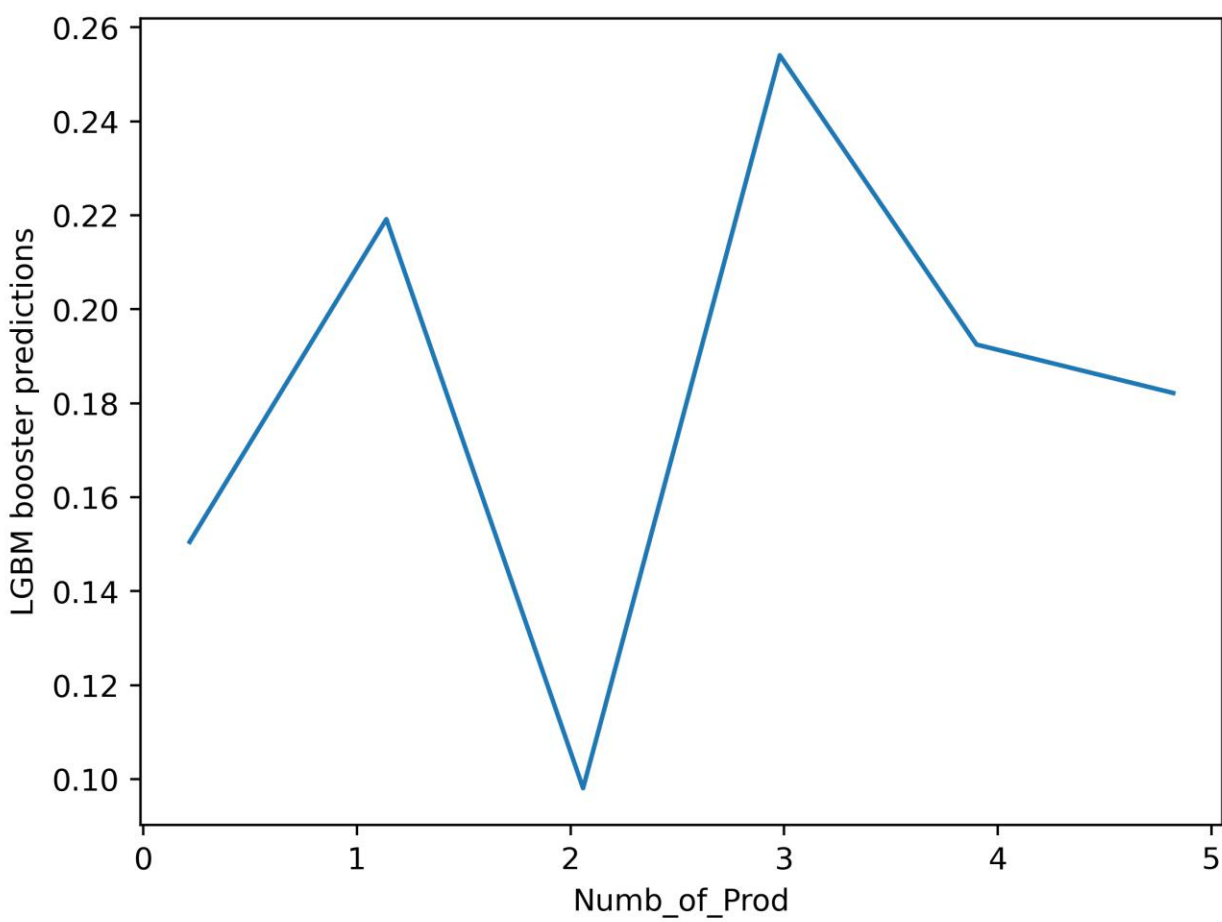
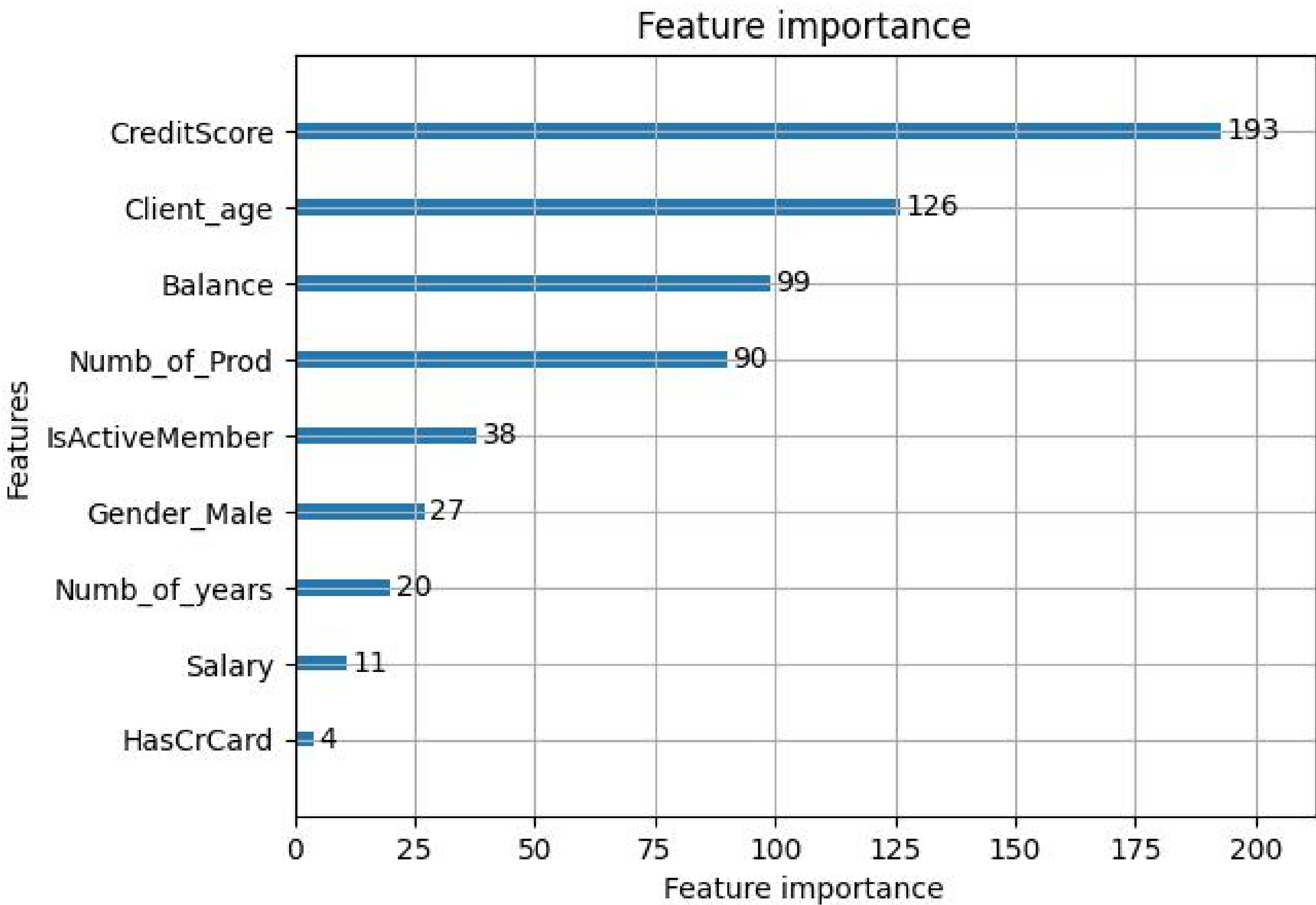


| Выпускная квалификационная работа магистра |      |                |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка |  |  |  |           |
|--|------|----------------|-------|------|---|--|--|--|-----------|
| Изм.                                       | Лист | № докум.       | Подп. | Дата | Результаты  |  |  | Лит.   | Масштаб   |
| Разраб.                                    |      | Матвиенко Е.К. |       |      |   |  |  |  |           |
| Провер.                                    |      | Паномарев А.Д. |       |      |   |  |  |  |           |
|  |      |                |       |      |   |  |  | Лист 8   | Листов 10 |
| Н.контроль                                 |      | Миниатова А.М. |       |      |   |  |  | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУ6<br>Группа ИУ6-43М |           |



РЕЗУЛЬТАТЫ

Влияние характеристик на предсказание  
вероятности ухода клиентов



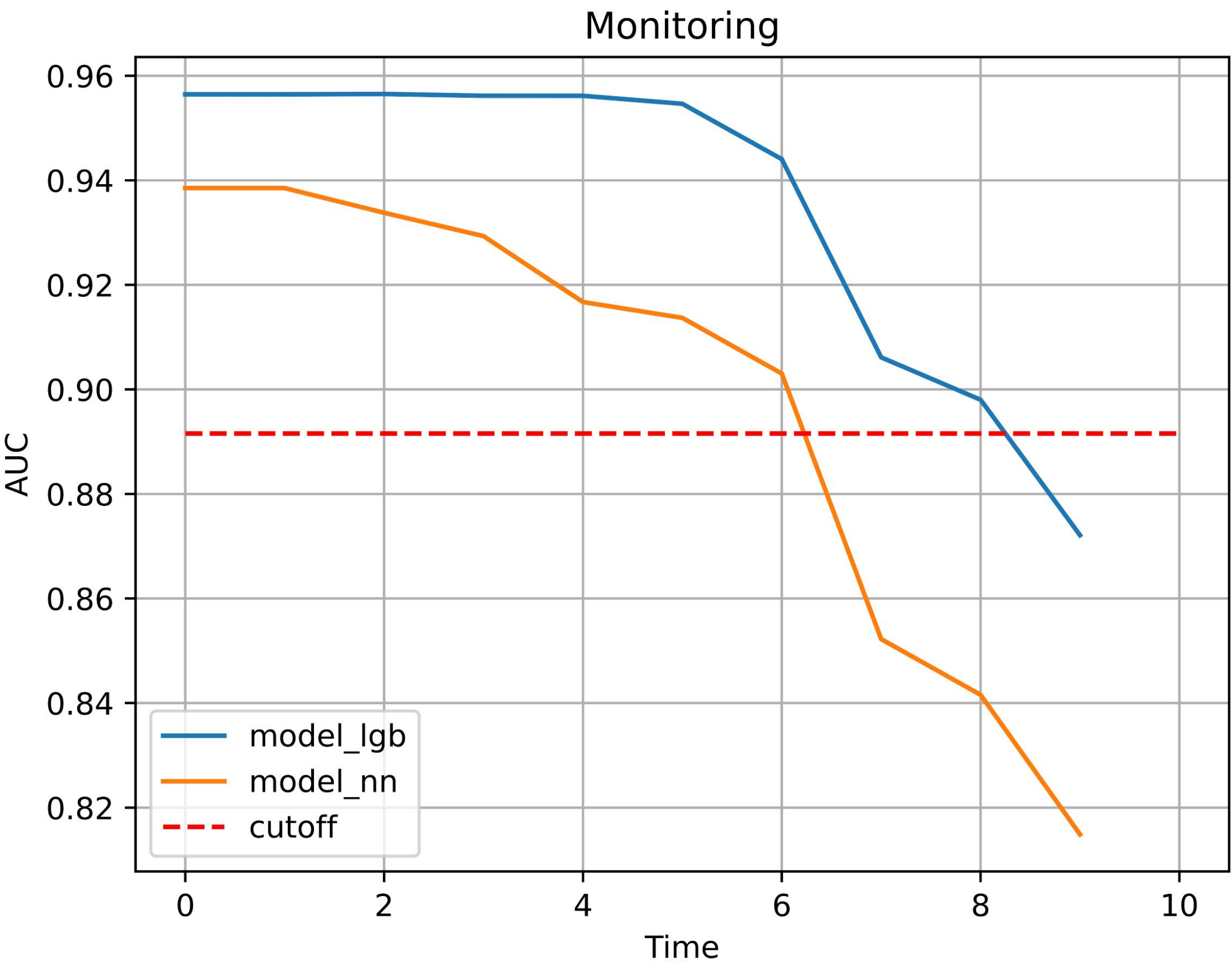
|  |      |                 |       |      |   |  |  |  |           |
|--|------|-----------------|-------|------|---|--|--|--|-----------|
| Выпускная квалификационная работа магистра |      |                 |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка |  |  |  |           |
| Изм.                                       | Лист | № докум.        | Подп. | Дата | Результаты  |  |  | Лит.   | Масштаб   |
| Разраб.                                    |      | Матвиенко Е.К.  |       |      |   |  |  |  |           |
| Провер.                                    |      | Панамарева А.Д. |       |      |   |  |  |  |           |
|  |      |                 |       |      |   |  |  | Лист 9   | Листов 10 |
| Н.контроль                                 |      | Минигасов А.М.  |       |      |   |  |  | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Кафедра ИУБ<br>Группа ИУБ-43М |           |



РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА

Технология мониторинга корректности расчета клиентской убыли банка должна включать следующие шаги:

- 1. Запись и сохранение данных
- 2. Мониторинг данных
- 3. Разработка контрольных метрик
- 4. Расчет и сравнение
- 5. Мониторинг и анализ
- 6. Визуализация и отчетность
- 7. Реагирование и улучшение
- 8. Автоматизация и регулярность



Метрики построенных моделей машинного обучения

|                       | Train_loss | Valid_loss | Test_loss | Train_accuracy | Valid_accuracy | Test_accuracy | Train_AUC | Valid_AUC | Test_AUC |
|-----------------------|------------|------------|-----------|----------------|----------------|---------------|-----------|-----------|----------|
| Unnamed: 0            |            |            |           |                |                |               |           |           |          |
| model_0               | 0.255      | 0.878      | 0.962     | 0.272          | 0.867          | 0.956         | 0.255     | 0.873     | 0.961    |
| model_1               | 0.262      | 0.900      | 0.955     | 0.271          | 0.895          | 0.952         | 0.260     | 0.906     | 0.956    |
| model_2               | 0.252      | 0.897      | 0.961     | 0.256          | 0.893          | 0.959         | 0.243     | 0.901     | 0.963    |
| model_3               | 0.276      | 0.893      | 0.953     | 0.290          | 0.887          | 0.947         | 0.271     | 0.895     | 0.954    |
| model_4               | 0.486      | 0.817      | 0.817     | 0.483          | 0.820          | 0.820         | 0.484     | 0.819     | 0.819    |
| model_5               | 0.297      | 0.879      | 0.951     | 0.299          | 0.877          | 0.951         | 0.295     | 0.881     | 0.951    |
| model_6               | 0.226      | 0.912      | 0.972     | 0.232          | 0.912          | 0.972         | 0.231     | 0.910     | 0.971    |
| model_xgb             | 3.229      | 3.256      | 3.151     | 0.910          | 0.910          | 0.913         | 0.758     | 0.750     | 0.761    |
| model_lgb             | 2.446      | 2.395      | 2.552     | 0.932          | 0.934          | 0.929         | 0.842     | 0.846     | 0.828    |
| model_rf              | 2.449      | 2.495      | 2.605     | 0.932          | 0.931          | 0.928         | 0.824     | 0.818     | 0.811    |
| model_log             | 3.828      | 4.062      | 3.689     | 0.894          | 0.887          | 0.898         | 0.732     | 0.714     | 0.738    |
| model_xgb_calibrated  | 6.587      | 6.490      | 6.535     | 0.817          | 0.820          | 0.819         | 0.500     | 0.500     | 0.500    |
| model_lgb_calibrated  | 2.463      | 2.395      | 2.605     | 0.932          | 0.934          | 0.928         | 0.845     | 0.850     | 0.828    |
| model_rf_calibrated   | 6.587      | 6.490      | 6.535     | 0.817          | 0.820          | 0.819         | 0.500     | 0.500     | 0.500    |
| model_log_calibrated  | 3.795      | 3.995      | 3.608     | 0.895          | 0.889          | 0.900         | 0.755     | 0.743     | 0.763    |
| model_nn_0_calibrated | 4.231      | 4.577      | 4.432     | 0.883          | 0.873          | 0.877         | 0.821     | 0.798     | 0.810    |
| model_nn_1_calibrated | 3.604      | 3.782      | 3.393     | 0.900          | 0.895          | 0.906         | 0.763     | 0.748     | 0.771    |
| model_nn_2_calibrated | 3.719      | 3.849      | 3.563     | 0.897          | 0.893          | 0.901         | 0.735     | 0.722     | 0.742    |
| model_nn_3_calibrated | 3.786      | 4.062      | 3.680     | 0.895          | 0.887          | 0.898         | 0.729     | 0.711     | 0.736    |
| model_nn_4_calibrated | 6.587      | 6.490      | 6.535     | 0.817          | 0.820          | 0.819         | 0.500     | 0.500     | 0.500    |
| model_nn_5_calibrated | 3.630      | 3.547      | 3.366     | 0.899          | 0.902          | 0.907         | 0.790     | 0.793     | 0.802    |
| model_nn_6_calibrated | 3.171      | 3.156      | 3.223     | 0.912          | 0.912          | 0.911         | 0.826     | 0.826     | 0.821    |

```
# Модель стоит переобучать при ухудшении метрики на 5%
cutoff = min([auc_lgb[0], auc_nn[0]]) - min([auc_lgb[0],
auc_nn[0]]) * 0.05
end = len(auc_nn)
fig = plt.figure()
plt.plot(auc_lgb, label='model_lgb')
plt.plot(auc_nn, label='model_nn')
plt.plot([0, end], [cutoff, cutoff], '--', color='red',label='cutoff')
plt.xlabel('Time')
plt.ylabel('AUC')
plt.legend(loc='lower left')
```

| Выпускная квалификационная работа магистра |      |                |       |      | Программная подсистема расчета клиентской убыли банка |   |  |           |         |  |  |  |  |  |
|--|------|----------------|-------|------|---|---|--|-----------|---------|--|--|--|--|--|
| Изм.                                       | Лист | № докум.       | Подп. | Дата | Разработка технологии мониторинга                     | Лит.  |  | Масса     | Масштаб |  |  |  |  |  |
| Разраб.                                    |      | Матвиенко Е.К. |       |      |   |   |  |           |         |  |  |  |  |  |
| Провер.                                    |      | Паномарев А.Д. |       |      |   |   |  |           |         |  |  |  |  |  |
|  |      |                |       |      |   |   |  |           |         |  |  |  |  |  |
|  |      |                |       |      |   |   |  |           |         |  |  |  |  |  |
|  |      |                |       |      |   |   |  |           |         |  |  |  |  |  |
|  |      |                |       |      |   | Лист 10   |  | Листов 10 |         |  |  |  |  |  |
| Н.контроль                                 |      |                |       |      |   | МГТУ им. Н.Э. Баумана<br>Факультет ИУ<br>Группа ИУ6-43М |  |           |         |  |  |  |  |  |
|  |      | Минигасов А.М. |       |      |   |   |  |           |         |  |  |  |  |  |