

Моделирование управления кредитным портфелем с учетом макроэкономических условий

Подготовил студент 511 группы :
Кирякин Максим Валерьевич

Научный руководитель :
**к.ф.м.н., Куренной Дмитрий
Святославович**

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Управление кредитным портфелем – деятельность, направленная на оптимизацию портфеля выданных займов. Управление служит для увеличения прибыли по активным операциям и для снижения риска.

Виды банковских рисков

Процентный
риск

Валютный
риск

Кредитный
риск

Риск
ликвидности

Операционный
риск

Валютный кризис
вследствие краха
Бреттон-Вудской
системы

Долговой кризис в
Латинской Америке,
политика по сдерживанию
инфляции в США

Азиатский кризис и
кризис в России

Мировой финансовый
кризис

1974

1980–82 1988

1997–98 2004

2007–09 2010

Создание Базельского
комитета

Базель 1

Базель 2

Базель 3

Обзор методов моделирования управления кредитным портфелем банка

Диверсификация

- Отраслевая диверсификация
- Географическая диверсификация
- По типам заемщиков

Оценка кредитоспособности заемщиков

- Скоринг-модели
- Анализ финансовой отчетности
- Кредитная история

Риск менеджмент

- Лимитирование
- Стресс-тестирование
- Хеджирование

Управление просроченной задолженностью

- Реструктуризация долга
- Продажа проблемных активов
- Судебное взыскание

Соблюдение регуляторных требований

- Н1 (достаточность капитала)
- Н6 (концентрация крупных кредитных рисков)
- Резервирование

Модели портфельного риска

Moody's KMV

Идея модели:

Модель базируется на структурном подходе Мертона, но расширяет его за счёт эмпирических данных и рыночных показателей

Отличие от классической модели Мертона:

- Эмпирическая калибровка (использует реальные данные, а не теоретические предположения)
- Учёт рыночной информации (оценка стоимости активов через капитализацию)
- Гибкость (подходит для частных и публичных компаний)

Credit Portfolio View of Mackinsey

Идея модели: Циклический процесс

1. Моделирование состояния экономики.
2. Присвоить каждому заемщику свою вероятность дефолта.
3. Настройка параметров скорости дефолта каждой компании исходя из исторических данных для текущего состояния экономики.
4. Рассчитать убыток портфеля.
5. Повторять предыдущие шаги несколько раз, чтобы получить распределение потерь.

Вероятность дефолта =

$f(\text{ВВП}, \text{безработица}, \dots, \text{обменный курс})$

Примеры оптимизационных задач

Задача 1

$$\begin{cases} \max Y = \sum_{i=1}^N y_i \cdot n_i \cdot w_i, \\ \sum_{i=1}^N w_i \cdot n_i \leq 1, \\ \sum_{i=1}^N PD_i \cdot n_i \cdot w_i \leq PD_{\text{допуст}}, \\ n_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i = 1, \dots, N, \\ \sum_{i \in \text{Группа } k} w_i \cdot n_i = \alpha_k, \quad \forall k \in \{A, B, C, D\}. \end{cases}$$

- $y_i = \frac{1+r_f}{PD_i \cdot (1-LGD) + (1-PD_i)}$ – минимальная доходность кредита i
- $w_i = \frac{V_i}{V}$ – доля кредита i в общем объеме ресурсов V
- $PD_{\text{допустимый}}$ – максимально допустимый средневзвешенный риск портфеля
- α_k – заданная доля заемщиков рейтинга k
- PD_i, LGD, r_f – вероятность дефолта потери при дефолте, безрисковая ставка

Задача 2

$$\begin{cases} f_1(x) = \left(\sum_{k=1}^n r_k b_k x_k - \sum_{j=1}^n \sigma_j y_j \right) \rightarrow \max_x, \\ f_2(x) = \sum_{k=1}^n g_k b_k x_k \rightarrow \min_x. \end{cases}$$

- r_k – процентная ставка, по которой выдан кредит k -му заемщику
- b_k – объем кредита, необходимый для k -го проекта
- x_k – доля от запрашиваемой суммы кредита, выданная k -му заемщику
- y_j – доля кредита, которая берется у другого банка
- σ_j – процентная ставка, по которой коммерческий банк покупает кредит у j -го банка
- n – количество проектов, которые рассматривает банк

Источник:

Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2015. – №. 1 (28). – С. 186-195.

Источник: Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – №. 2. – С. 105-112

Оценка вероятности дефолта с учетом макроэкономических компонент

Какие эконом показатели можно использовать: Численность занятости, Экспорт, Импорт, Инфляция, Госдолг, Безработица, Темпы роста ВВП, Курс валютной

Задача классификации. Способы решения:

Логистическая регрессия

- 1. Простота и интерпретируемость
- 2. Быстрота обучения
- 3. Малочувствительность к выбросам

- 1. Линейная зависимость
- 2. Неэффективность на сложных данных

Нейронная сеть

- 1. Гибкость и мощность
- 2. Обработка больших объемов данных
- 3. Автоматическое извлечение признаков
- 4. Разнообразие архитектур

- 1. Сложность и непрозрачность
- 2. Необходимость в большом объеме данных

Дерево решений

- 1. Интерпретируемость
- 2. Не требует нормализации данных
- 3. Обработка как числовых, так и категориальных данных
- 4. Способность выявлять взаимодействия

- 1. Переобучение
- 2. Чувствительность к изменениям в данных

Статус работы

Что сделано

- Проанализированы данные макроэкономических показателей (ВВП, инфляция, и др.) для Москвы.
- Изучены подходы к моделированию кредитного портфеля.
- Освоены способы численного решения оптимизационных задач средствами языка Python (библиотека `scipy`).
- Изучены алгоритмы машинного обучения решения задачи бинарной классификации.

Что предстоит сделать

- Сформулировать оптимизационную задачу, которая будет решаться в работе.
- Произвести выбор компаний, которые будут включены в кредитный портфель.
- Произвести прогноз макроэкономических показателей в будущее.
- Провести моделирование кредитного портфеля. Изучить, как волатильность макроэкономических показателей влияет на волатильность портфеля.

Формирование портфеля

Итоговый кредитный портфель

Нефтегазовый сектор

ПАО
«Газпром»
(GAZP)

ПАО
«Лукойл»
(LKOH)

ПАО
«Роснефть»
(ROSN)

Финансовый сектор

ПАО
«Сбербанк»
(SBER)

ПАО
«Банк ВТБ»
(VTBR)

ПАО
«Московская
Биржа»
(MOEX)

Промышленный сектор

ПАО
«Норильский
никель»
(GMKN)

ПАО
«НЛМК»
(NLMK)

ПАО
«РУСАЛ»
(RUAL)

Телекомм-ый сектор

ПАО
«Ростелеком»
(RTKM)

ПАО
«МТС»
(MTSS)

ПАО
«Таттелеком»
(TTLK)

Торговый сектор

ПАО
«Магнит»
(MGNT)

ПАО
«Лента»
(LNTA)

«Fix Price*»
(FESH)

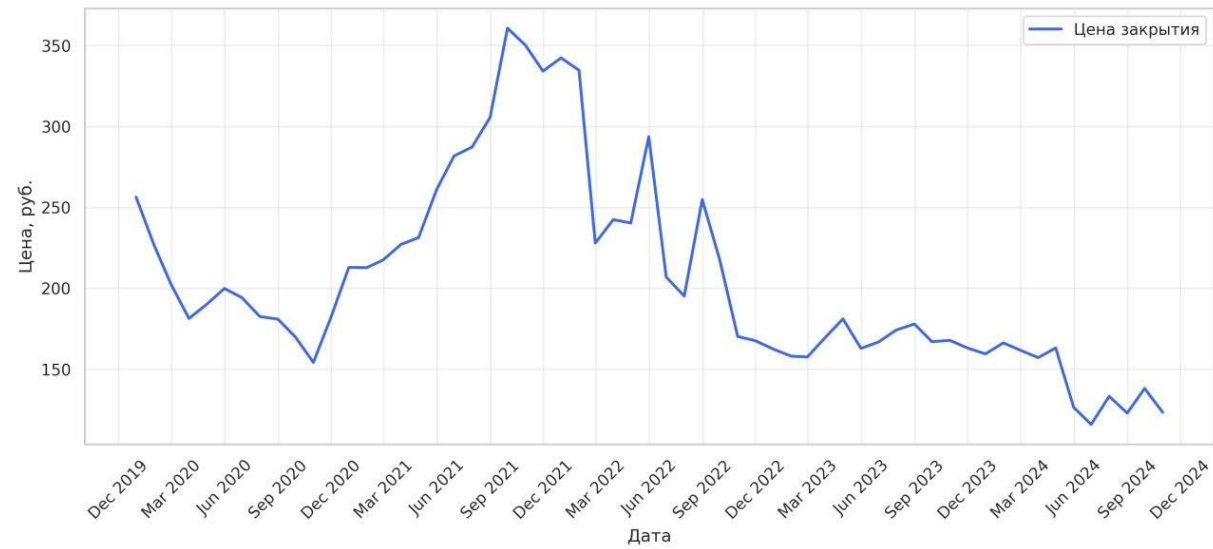
*Fix Price зарегистрирована как **FIXP** в международных индексах, но на Мосбирже используется тикер **FESH**.

Формирование портфеля

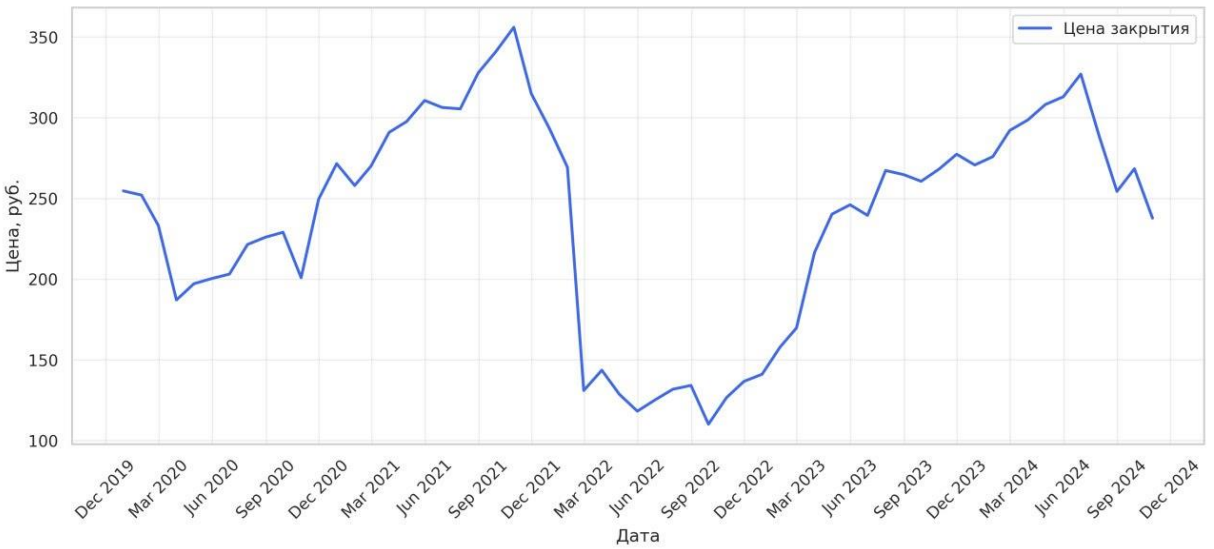
Макроэкономический параметр	Источник
Котировки акций (рассматриваются цены закрытия для дневных котировок)	АО «Инвестиционный холдинг Финам» http://export.finam.ru/
Финансовая отчетность (Долг, активы, мультипликаторы и др.)	Smart-lab https://smart-lab.ru/q/SBER/f/y/
Инфляция и ключевая ставка	Официальный сайт ЦБ https://www.cbr.ru/hd_base/infl/
Безработица	Сайт Росстата https://rosstat.gov.ru/labour_force
Валютная пара (RUB/USD)	Официальный сайт ЦБ https://cbr.ru/currency_base/dynamics/

Формирование портфеля

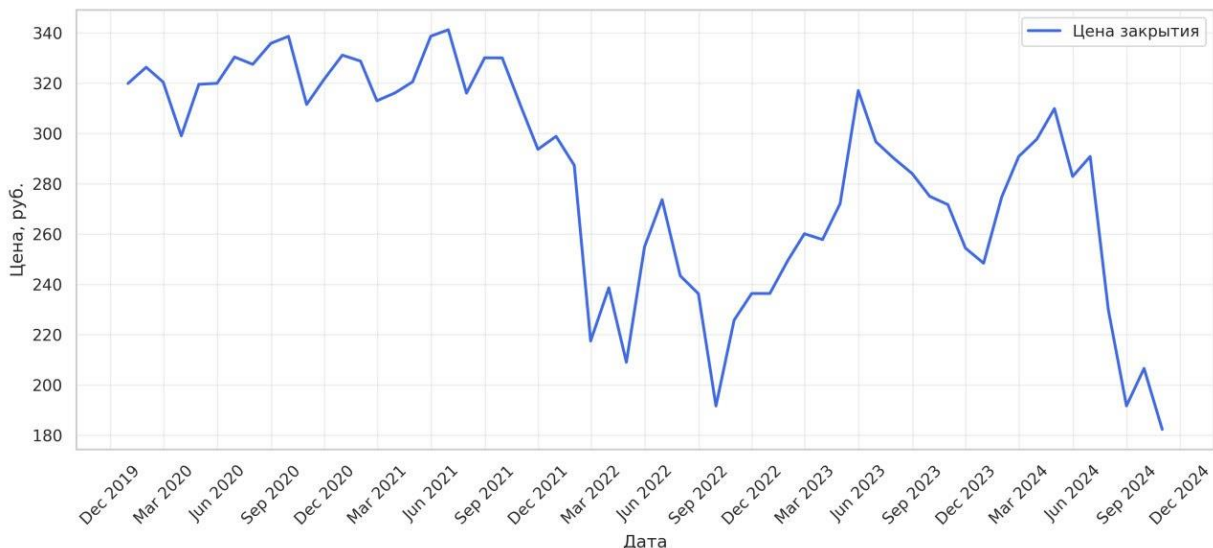
Динамика акций GAZP



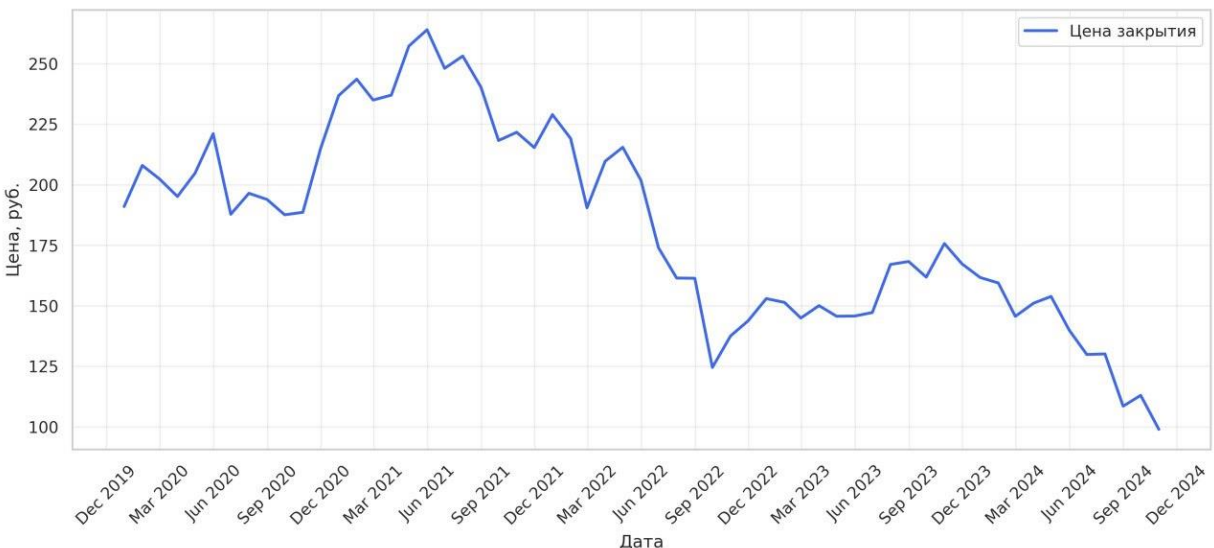
Динамика акций SBER



Динамика акций MTSS



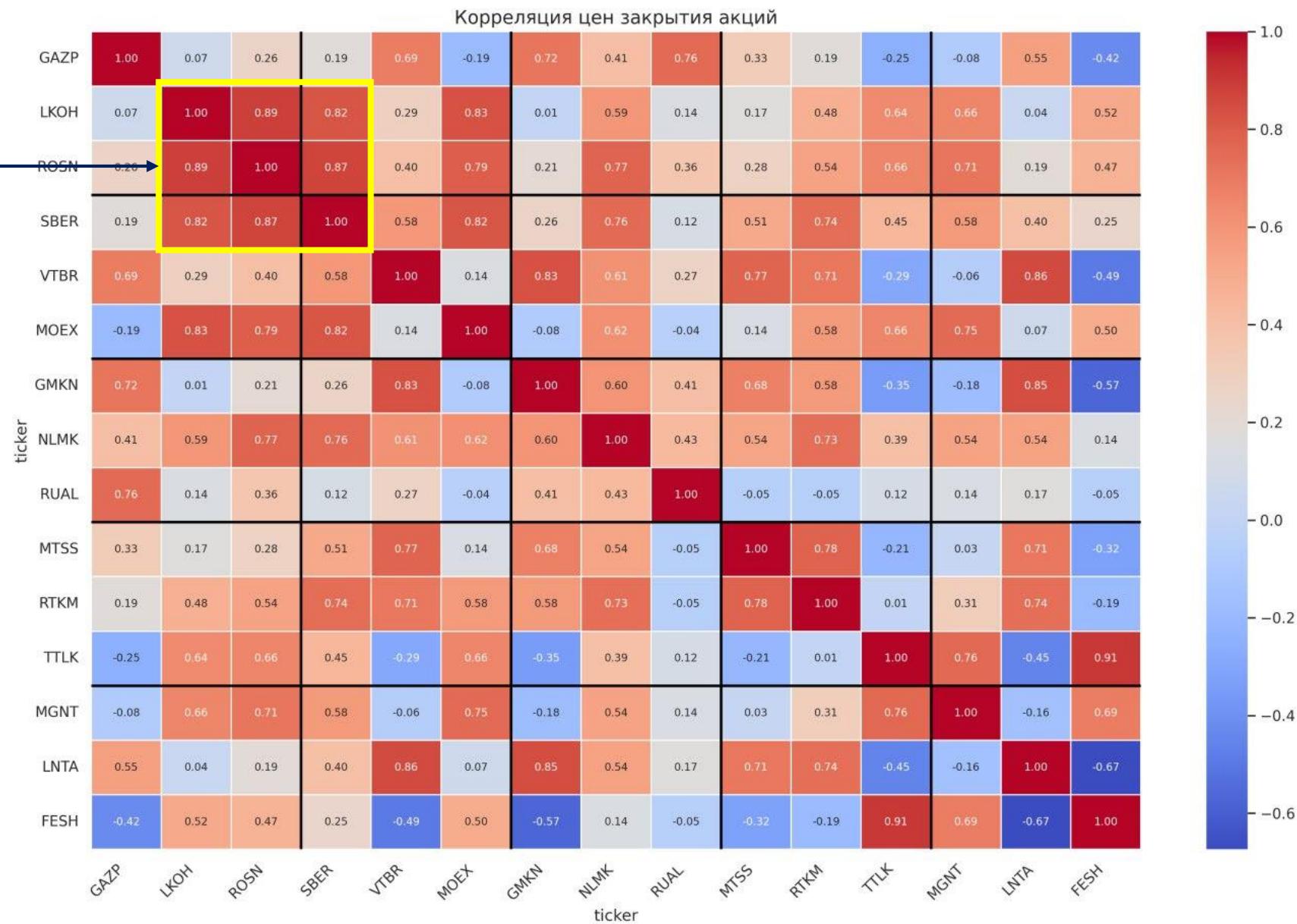
Динамика акций GMKN



Формирование портфеля

Голубые фишки?

Корреляции акций необходимы, так как вероятность дефолта далее будет определяться на основе средней доходности активов и их волатильности.



Формула Мертона для расчета PD

1. Уравнение для оценки собственного капитала (E) :

Стоимость собственного капитала компании определяется как опцион колл на активы:

$$E = A \cdot N(d_1) - L \cdot e^{-rT} \cdot N(d_2)$$

- A — рыночная стоимость активов,
- L — обязательства (долг),
- r — безрисковая ставка,
- T — срок до погашения долга,
- $N(\cdot)$ — кумулятивная функция стандартного нормального распределения.

2. Вспомогательные параметры d_1 и d_2 :

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{A}{L}\right) + (r + 0.5\sigma_A^2)T}{\sigma_A\sqrt{T}} \qquad d_2 = d_1 - \sigma_A\sqrt{T}$$

- σ_A — волатильность стоимости активов.

Формула Мертона для расчета PD

3. Уравнение для волатильности собственного капитала (σ_E):

Волатильность акций зависит от волатильности активов и их доли:

$$\sigma_E = \frac{A}{E} \cdot N(d_1) \cdot \sigma_A$$

Т.е. Чем выше волатильность активов (σ_A) и доля активов в капитале ($\frac{A}{E}$), тем выше риск собственного капитала.

4. Расстояние до дефолта (DD) и вероятность дефолта (PD):

$$DD = \frac{\ln\left(\frac{A}{L}\right) + (\mu_A - 0.5\sigma_A^2)T}{\sigma_A\sqrt{T}}$$

- μ_A — ожидаемая доходность активов (дрейф).

Вероятность дефолта:

$$PD = 1 - N(DD)$$

DD показывает, на сколько стандартных отклонений стоимость активов превышает долг. **PD** — вероятность того, что активы опустятся ниже уровня долга.

Взаимосвязь макроэкономических параметров

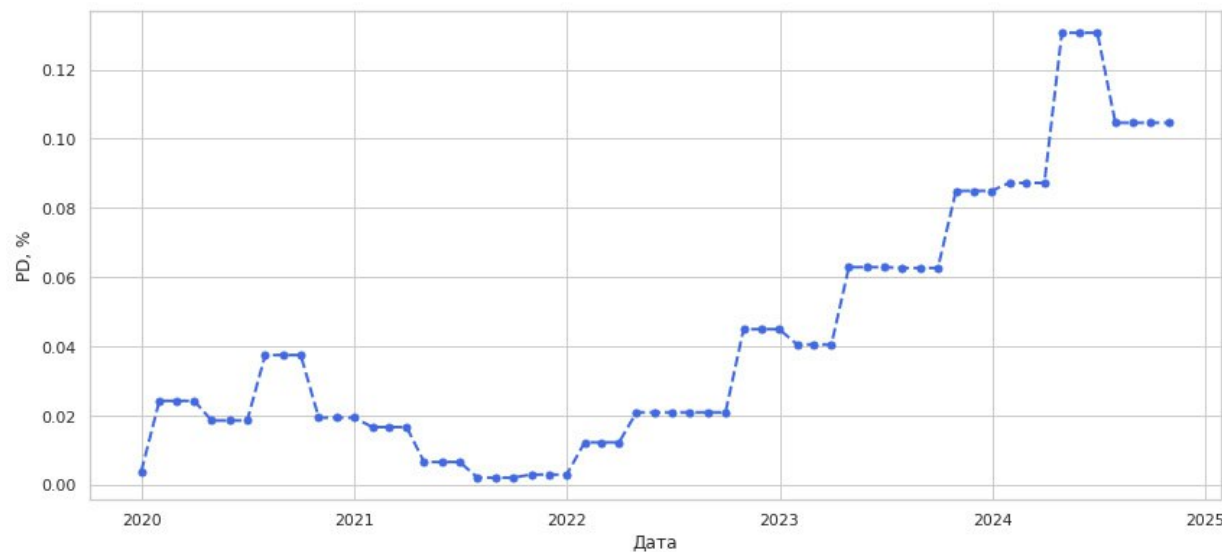
Была установлена зависимость для макропоказателей инфляции, валютной пары, безработицы с чистым долгом компании и ее стоимостью.

GMKN – положительное влияние ослабления рубля на рыночную стоимость компании
ROSN – отрицательное влияние ослабления рубля на рыночную стоимость компании

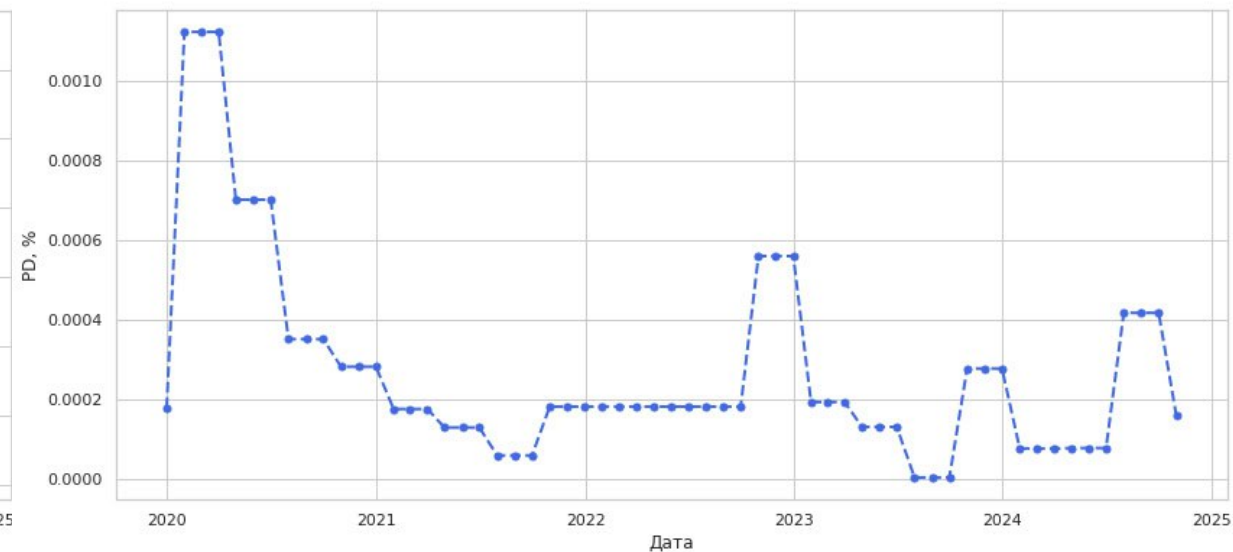
Тикер	Цель	α	MSE (модель)	MSE (наив.)	R^2	Доверительный интервал
GAZP	Долг	3.73	0.003	0.021	0.851	0.051 [0.035, 0.073]
GMKN	Капитализация	0.57	0.016	0.047	0.632	0.073 [0.017, 0.131]
LKOH	Долг	0.001	0.036	0.085	0.564	-0.082 [-0.143, -0.045]
SBER	Капитализация	2.95	0.023	0.030	0.253	0.035 [0.005, 0.069]
ROSN	Долг	15.26	0.050	0.081	0.347	-0.094 [-0.144, -0.040]

Формула Мертона для расчета PD

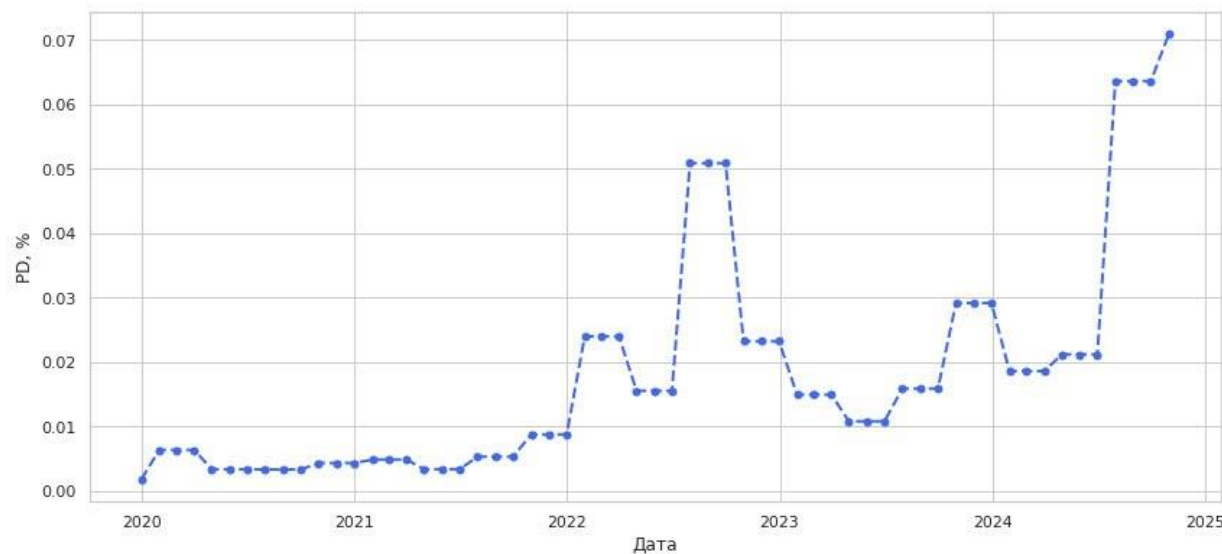
Вероятность дефолта (GAZP)



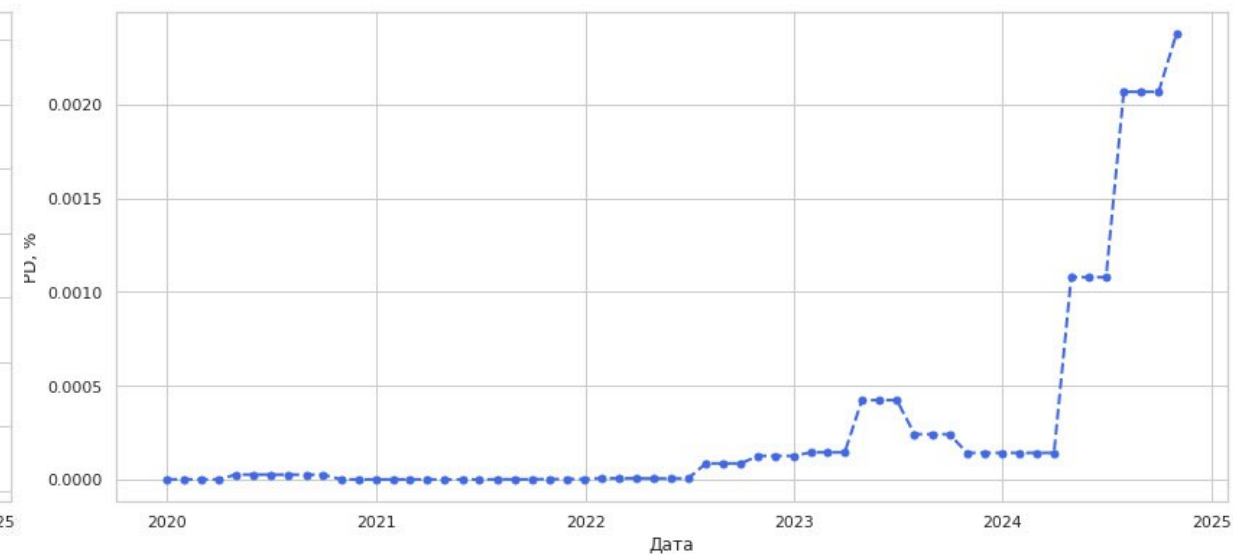
Вероятность дефолта (SBER)



Вероятность дефолта (MTSS)



Вероятность дефолта (GMKN)



Функция импульсного отклика (IRF)

Рассмотрим авторегрессионную модель порядка p ($AR(p)$):

$$Y_t = c + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t,$$

- $(\varepsilon_t \sim WN(0, \sigma^2))$ — белый шум
- ϕ_i — коэффициенты модели

Импульсная отклик-функция (IRF)

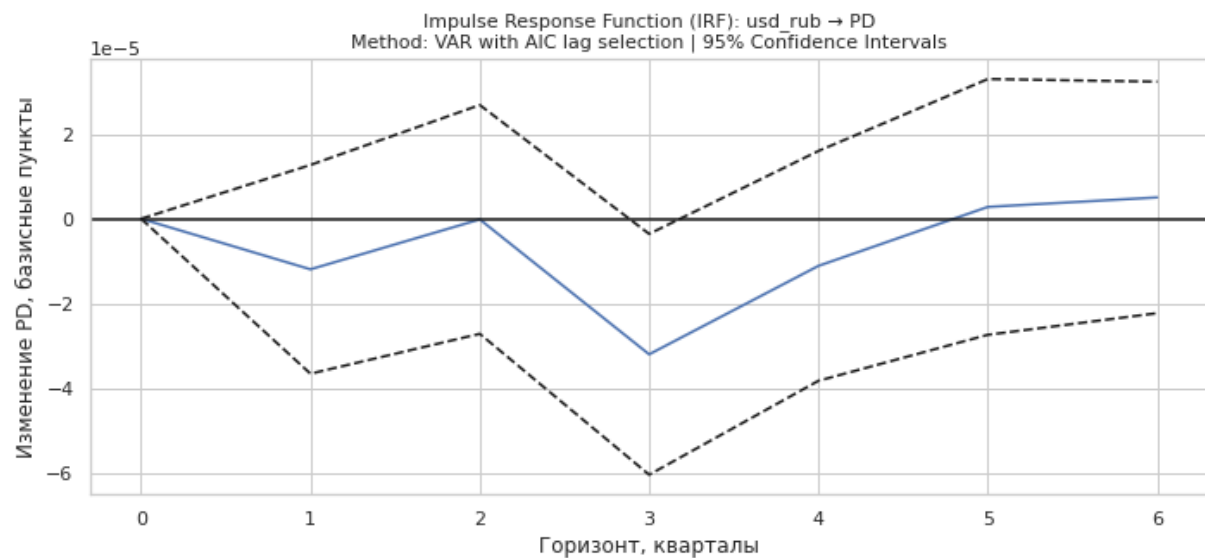
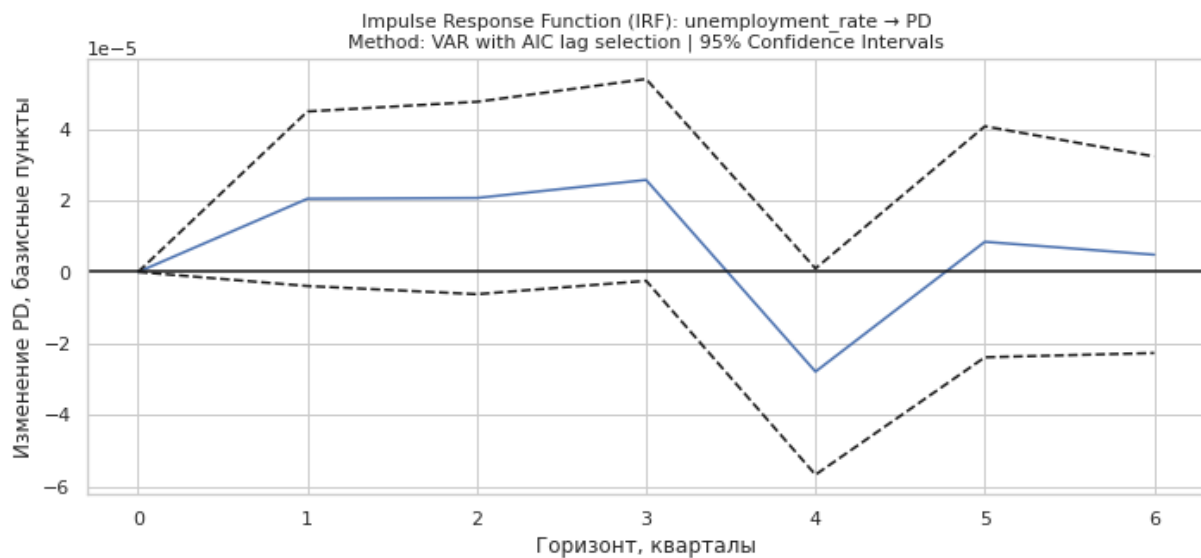
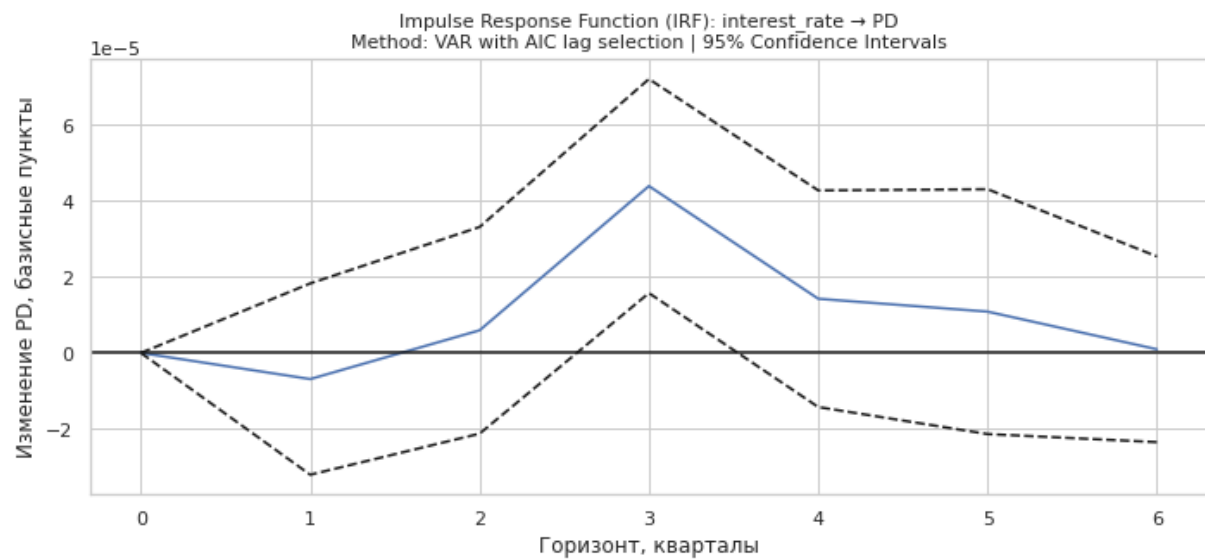
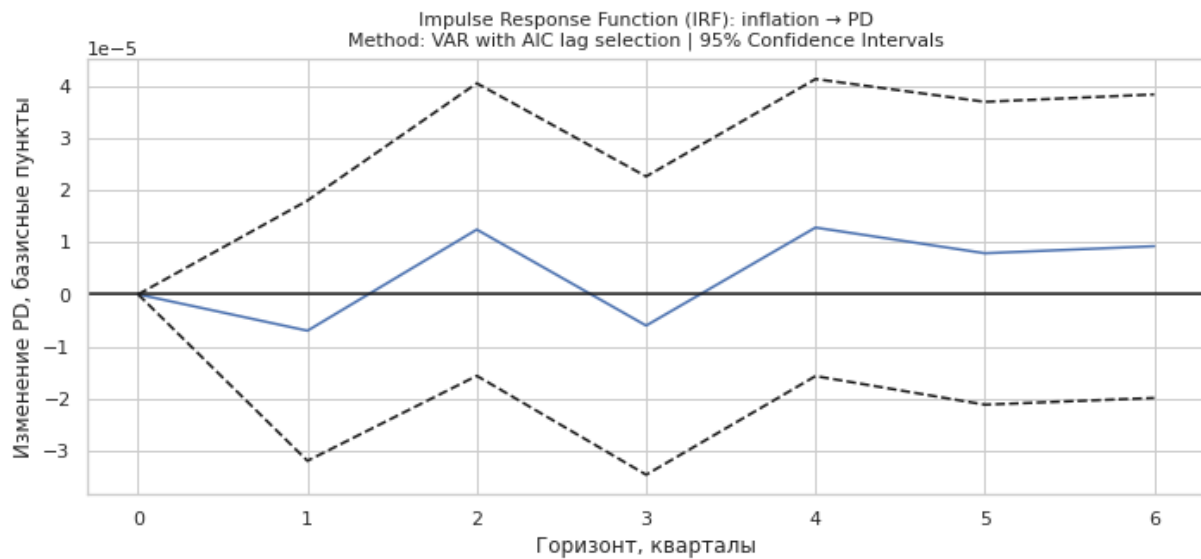
IRF показывает, как единичный шок $\varepsilon_t = 1$ в момент времени t влияет на будущие значения Y_{t+s} . Для этого $AR(p)$ представляется в виде скользящего среднего бесконечного порядка ($MA(\infty)$)

Определение IRF:

$$IRF(s) = \psi_s = \frac{\partial Y_{t+s}}{\partial \varepsilon_t},$$

то есть ψ_s отражает изменение Y_{t+s} при единичном шоке $\varepsilon_t = 1$.

Исследование IRF



Приложения

Обзор методов моделирования управления кредитным портфелем банка

1. Кредитное скоринг-моделирование

используется для оценки вероятности дефолта заемщика на основе исторических данных и различных факторов (финансовые показатели, кредитная история и т.д.). Модели могут быть линейными (логистическая регрессия) или нелинейными (деревья решений, нейронные сети).

2. Модели оценки потерь

Модели потерь по дефолту (Loss Given Default, LGD), вероятности дефолта (Probability of Default, PD) и суммы средств, которые будут подвержены риску на момент дефолта (Exposure at Default, EAD) позволяют оценить потенциальные убытки от дефолтов. Модели потерь могут быть основаны на исторических данных или использовать методы машинного обучения.

3. Модели стресс-тестирования

Оценка воздействия неблагоприятных экономических сценариев на кредитный портфель. Позволяет выявить уязвимости и подготовиться к потенциальным рискам.

Выводы и результаты

- Составлен кредитный портфель из российских акций
- Рассчитаны вероятности дефолта каждой из компаний
- Проанализировано влияние инфляции и процентной ставки на кредитный риск портфеля.
- При текущем подходе не было установлено, что инфляция и процентная ставка оказывают статистически значимое влияние на кредитный портфель в целом. Далее предполагается рассматривать влияние этих и других факторов (безработицы и валютных пар) на каждый сектор в отдельности.