



Факультет  
компьютерных наук

ОП Финансовые технологии и  
анализ данных

Москва  
2024

# Проект Рыночные риски

Выполнили: Брыш Павел, Валетдинов Аяз, Кобякова Анна, Сивков Александр,  
Новицкий Олег, Щукина Полина



## Содержание

Отчет по заданиям:

1. Сбор данных
2. Выделение риск-факторов
3. Стохастическое моделирование динамики риск-факторов
4. Оценка справедливой стоимости финансовых инструментов от риск-факторов
5. Оценка риска по портфелю
6. Количественная валидация модели VaR
7. Тесты количественной валидации



## Сбор данных

### Облигации:

- BBG0000776S2
- BBG00B9PJ7V0
- BBG00K53FBX6
- BBG00R0Z4YW8
- BBG00D6Q7LY6

**Источник** cbonds.info

### Критерии отбора:

- эмитент: государство
- облигации с полностью известными размерами выплат
- фиксированная процентная ставка
- без оферт
- со сроком погашения после 2024-01-01

### Акции:

- GAZP
- LKOH
- SBER
- RTKM
- NVTK
- PLZL

### Критерии отбора:

- ROSN
- AFKS
- NLMK
- AGRO

**Источник** Tinkoff API

### Критерии отбора:

- эмитенты имеют прямой вклад в ситуацию на рынке

**Процентные ставки** на сроки от 0 до 30 лет  
за период с 1 января 2020 по 1 января 2024

**Индекс PTC**

**Цены на нефть Brent**

**Курс евро EURRUB**

**Курс доллара USDRUB**

**Источник** Tinkoff API

**Индекс МосБиржи**

**Источник** cbonds.info



## Выделение риск-факторов

Для снижения размерности данных выбран **метод независимых компонент** (Independent Component Analysis, ICA), обладающий следующими особенностями:

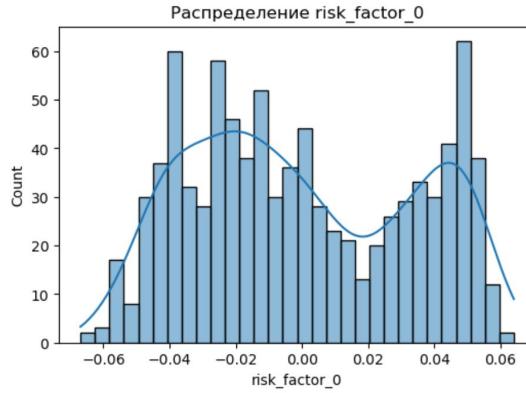
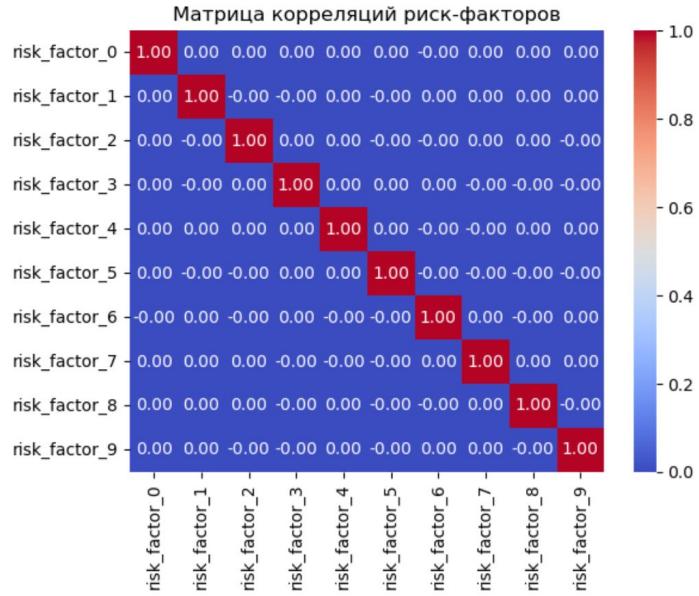
- **Независимость компонент:** В отличие от PCA, который находит ортогональные компоненты (главные компоненты) с максимальной дисперсией, ICA стремится найти компоненты, которые являются независимыми друг от друга. Это позволяет выявить скрытые структуры данных, которые могут быть связаны с различными источниками.
- **Способность к разделению источников**
- **Робастность к негауссовским данным**
- **Интерпретируемость компонент**

ICA может быть использован для разделения **смешанных временных рядов**, таких как цены акций или валютных курсов, на независимые составляющие. Это может помочь **выявить скрытые структуры и зависимости** между различными финансовыми инструментами

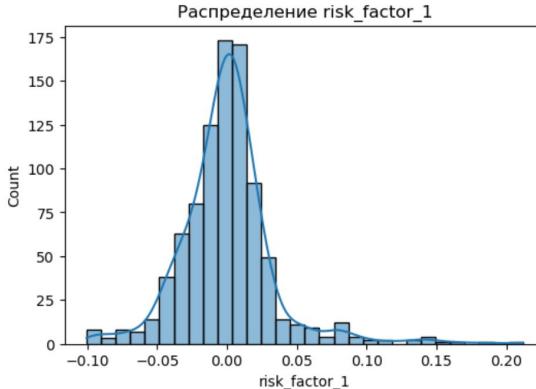




## Графическое описание риск-факторов



Риск-фактор: risk\_factor\_0; skewness: 0.17933844897576384; kurtosis: -1.2405982749330504

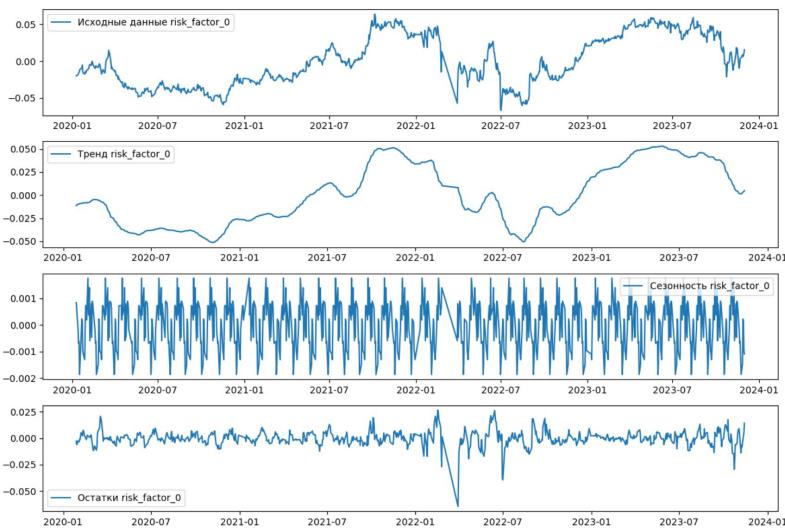


Риск-фактор: risk\_factor\_1; skewness: 1.2475806467776347; kurtosis: 6.24663522973516



# Стохастическое моделирование динамики риск-факторов

Большинство риск-факторов не образуют  
стационарный ряд, для моделирования  
использовались **GARCH** модели с оценками  
параметров методом максимального  
правдоподобия



Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_0:

ADF статистика: -2.281249290985357

р-значение: 0.17808677697107878

Критические значения:

1%: -3.4376611618861697

5%: -2.864767502722044

10%: -2.5684885413039127

Результат: Ряд нестационарен

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_1:

ADF статистика: -4.58336415774503

р-значение: 0.00013860326696241742

Критические значения:

1%: -3.4376857669714957

5%: -2.864778351359889

10%: -2.5684943199755765

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_2:

ADF статистика: -4.8871180221236745

р-значение: 3.69448089936574e-05

Критические значения:

1%: -3.4376529968296987

5%: -2.8647639026442993

10%: -2.5684866236774617

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05



# Оценка справедливой стоимости финансовых инструментов от риск-факторов

Для каждого финансового инструмента построена **полулогарифмическая модель** прогноза стоимости, логарифм значения котировки от выделенных риск-факторов

Качество моделей оценено  
MeanAbsoluteError на OOS и ООС выборке

```
for close_BRENT mae is 18.2396327990744
for close_EUR_RUB__TOD mae is 4.278043401698221
for close_GAZP mae is 2.5251334449243075
for close IMOEX mae is 17.66227263913103
for close_LKOH mae is 67.46932323496767
for close_NLMK mae is 3.318310313290785
for close_NVTK mae is 10.54117683844626
for close_PLZL mae is 84.30202313198957
for close_ROSN mae is 3.1820545545487446
for close_RTKM mae is 2.2026774048795876
for close_RTSI mae is 4.925877074748026
for close_SBER mae is 13.696853696938772
for close_USD000000TOD mae is 1.2684262292140838
for %_0,25y mae is 2.5301369645459224
for %_0,5y mae is 1.455972943055471
for %_0,75y mae is 0.9674623435651867
for %_1y mae is 0.7683942655594213
for %_2y mae is 0.4986316509318633
for %_3y mae is 0.35158443460930056
for %_5y mae is 0.14072378523708112
for %_7y mae is 0.08440075109852004
for %_10y mae is 0.09626141421478186
for %_15y mae is 0.15338387963360464
for %_20y mae is 0.18757907459537837
for %_30y mae is 0.22574247159346256
for discounted_coupon_1 mae is 41.50309080111539
for discounted_coupon_2 mae is 86.19416309852842
```



## Оценка риска по портфелю

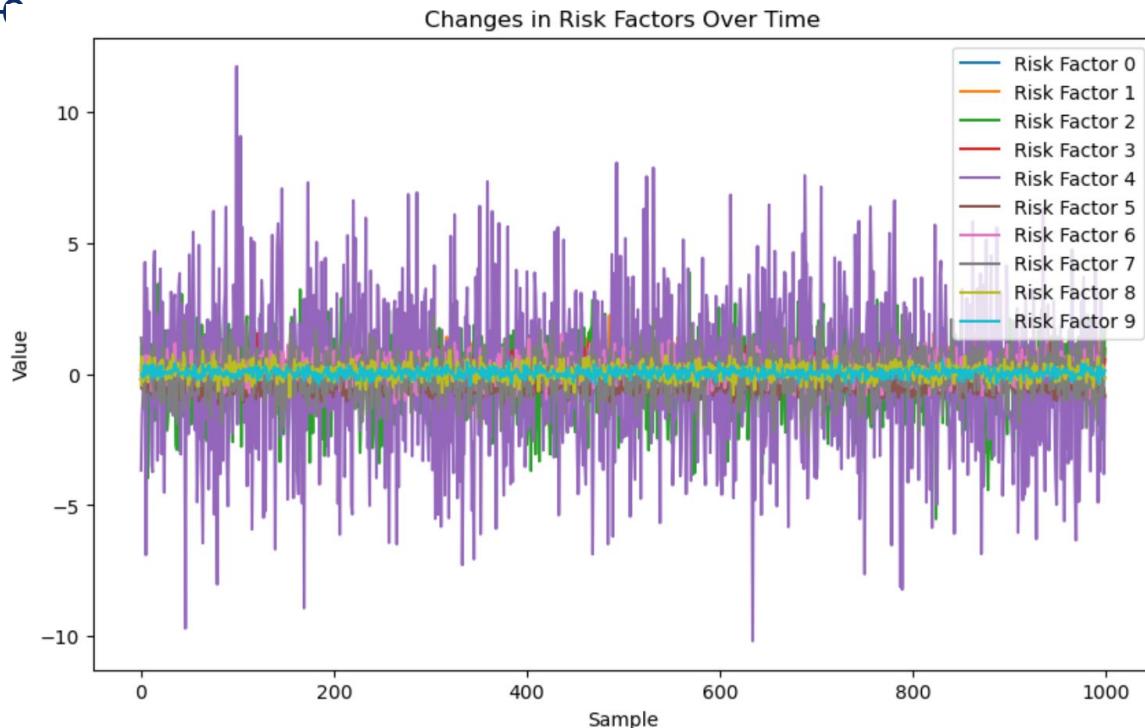
1. Построена выборка из распределения риск-факторов на горизонте оценки риска
2. По выборке значений риск-факторов построена выборка стоимостей портфеля
3. Ребалансировка активов, чтобы сохранить пропорции, указанные в условии, осуществляется ежедневно через расчет новых цен на основе симуляций

1-дневный VaR (99%): 0.008318592625085327

1-дневный ES (97.5%): 0.0027390245139537212

10-дневный VaR (99%): 0.12848655564848158

10-дневный ES (97.5%): 0.06593167187971499





## Backtesting построенной оценки Value-at-Risk. Симуляции.

Провели симуляции на каждый день 2023 года и сравнили с фактом.

	portfolio	horizon	success	trials	p-value	eval_correct
0	portfolio	1	225	225	0.181235	True
1	portfolio	10	225	225	0.181235	True
2	shares	1	225	225	0.181235	True
3	shares	10	225	225	0.181235	True
4	bonds	1	225	225	0.181235	True
5	bonds	10	225	225	0.181235	True
6	currencies	1	225	225	0.181235	True
7	currencies	10	225	225	0.181235	True



## Backtesting построенной оценки Value-at-Risk. Kupiec & Christoffersen

Kupiec

$$LR_{POF} = -2 \log \left( \frac{(1-p)^{N-x} p^x}{\left(1 - \frac{x}{N}\right)^{N-x} \left(\frac{x}{N}\right)^x} \right)$$

Значение p-value тестов оценки VaR для разных субпортфелей и горизонтов

	ALL 1	ALL 10	Shares 1	Shares 10	Bonds 1	Bonds 10	Cur 1	Cur 10
Kupiec	0.0334	0.0334	0.0334	0.0334	0.0334	0.0334	0.0334	0.0334
Christoffersen	1	1	1	1	1	1	1	1

Christoffersen

$$LR_{CCI} = -2 \log \left( \frac{(1-\pi)^{n00+n10} \pi^{n01+n11}}{(1-\pi_0)^{n00} \pi_0^{n01} (1-\pi_1)^{n10} \pi_1^{n11}} \right)$$

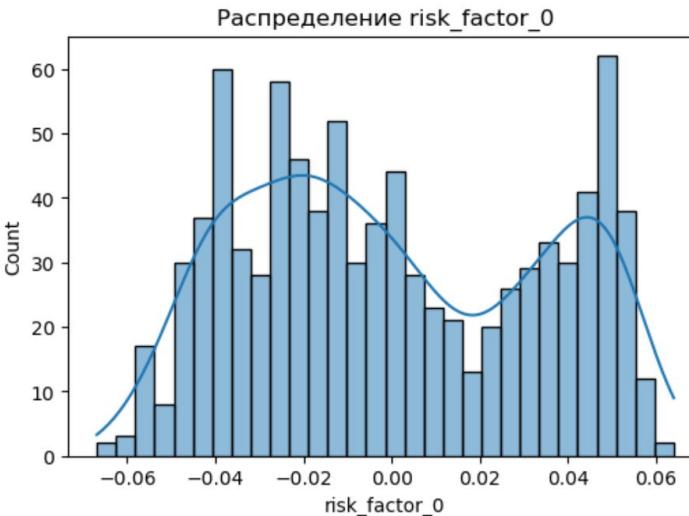


## Описательные статистики выделенных риск-факторов

```
risk_factor_0  risk_factor_1  risk_factor_2  risk_factor_3  \
count    8.990000e+02   8.990000e+02   8.990000e+02   8.990000e+02
mean     2.173518e-17   4.803968e-17   1.864779e-17   8.101294e-17
std      3.337043e-02   3.337043e-02   3.337043e-02   3.337043e-02
min     -6.690049e-02  -1.004532e-01  -1.016861e-01  -1.712498e-01
25%    -2.690242e-02  -1.657246e-02  -1.882877e-02  -8.913806e-03
50%    -5.223322e-03  -2.008980e-04  -1.305030e-03  6.967876e-03
75%    3.205007e-02   1.284946e-02   1.385904e-02   1.801323e-02
max     6.397726e-02   2.119245e-01   1.767009e-01   6.518306e-02

risk_factor_4  risk_factor_5  risk_factor_6  risk_factor_7  \
count    8.990000e+02   8.990000e+02   8.990000e+02   8.990000e+02
mean     9.879626e-19  -1.333750e-17   3.951851e-18   5.507892e-17
std      3.337043e-02   3.337043e-02   3.337043e-02   3.337043e-02
min     -5.101392e-02  -1.113421e-01  -5.828718e-02  -1.317402e-01
25%    -1.501900e-02  -1.327904e-02  -2.858913e-02  -1.263576e-02
50%    -5.314161e-03  -4.007422e-04  -8.826250e-03  4.094068e-03
75%    3.541012e-03   1.555023e-02   3.088168e-02   1.617324e-02
max     1.738454e-01   1.004404e-01   6.613510e-02   1.027356e-01

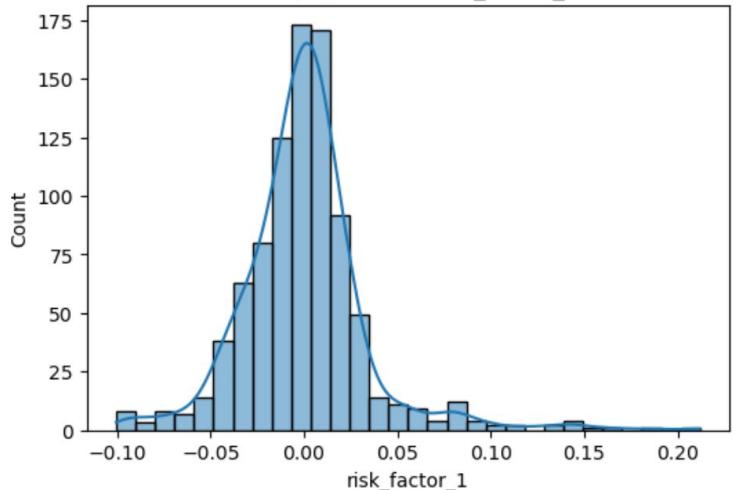
risk_factor_8  risk_factor_9
count    8.990000e+02   8.990000e+02
mean     -1.975925e-18  -1.284351e-17
std      3.337043e-02   3.337043e-02
min     -7.247574e-02  -1.333502e-01
25%    -2.867293e-02  -1.3335528e-02
50%    9.394079e-03   4.613460e-03
75%    2.664714e-02   1.943493e-02
max     6.187460e-02   9.163109e-02
```



Риск-фактор: risk\_factor\_0; skewness: 0.17933844897576384; kurtosis: -1.2405982749330504

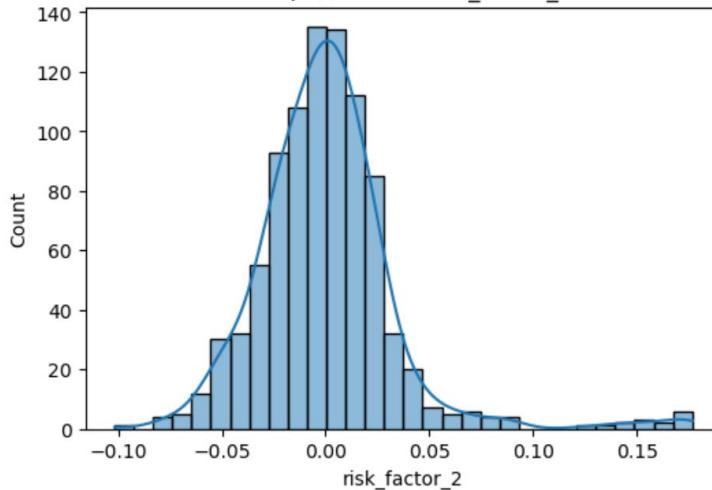


Распределение risk\_factor\_1



Риск-фактор: risk\_factor\_1; skewness: 1.2475806467776347; kurtosis: 6.24663522973516

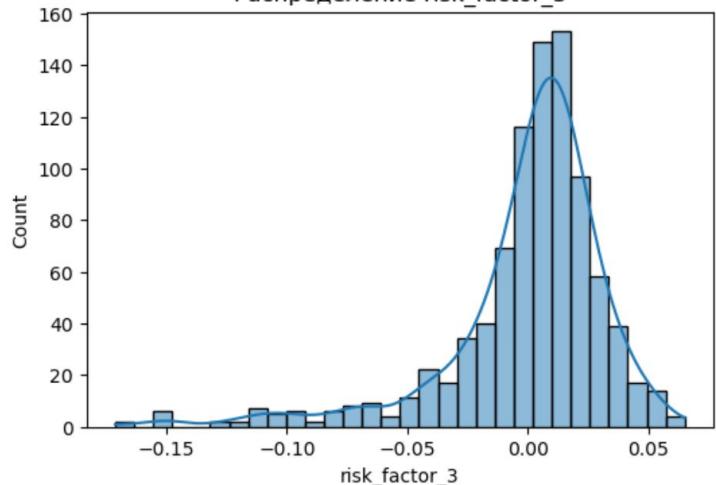
Распределение risk\_factor\_2



Риск-фактор: risk\_factor\_2; skewness: 1.7269385347413786; kurtosis: 7.485018932769568

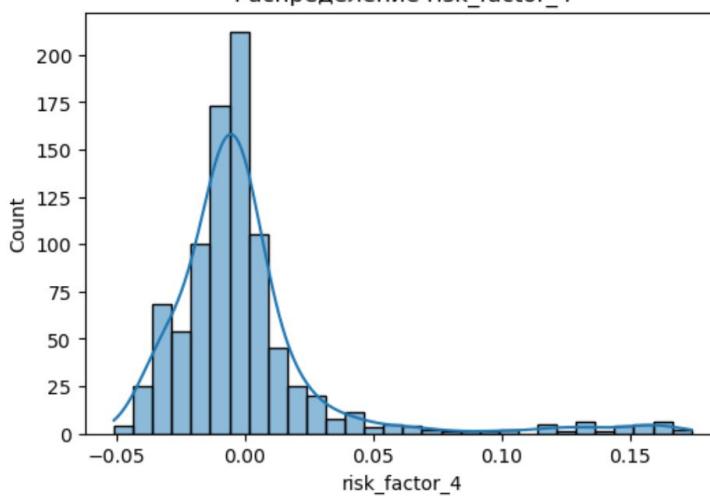


Распределение risk\_factor\_3



Риск-фактор: risk\_factor\_3; skewness: -1.9405039883138835; kurtosis: 5.375462796220694

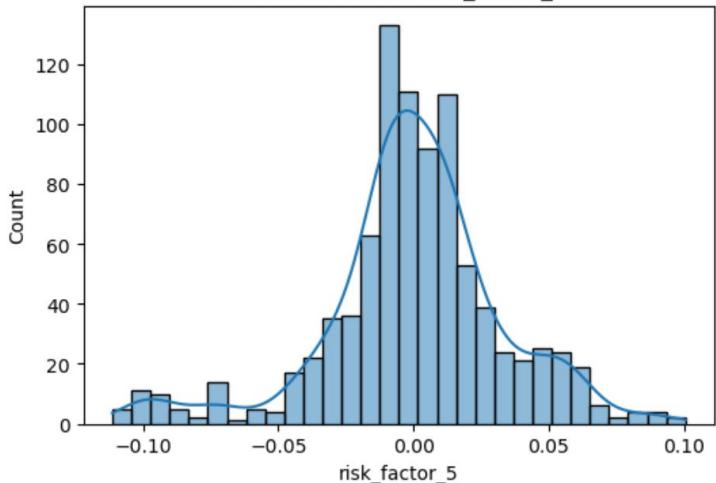
Распределение risk\_factor\_4



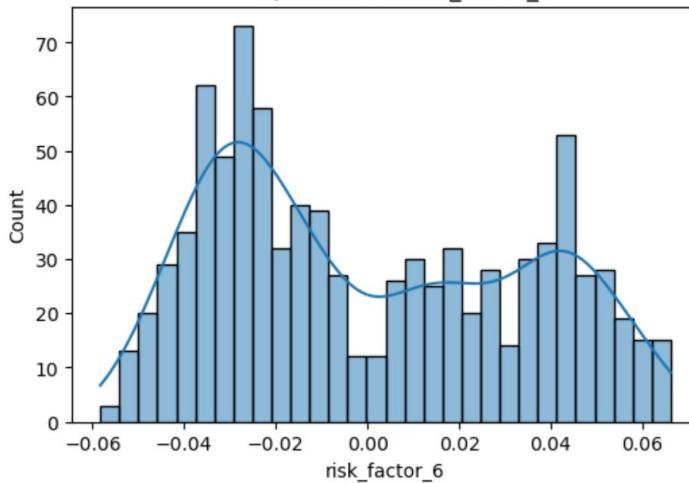
Риск-фактор: risk\_factor\_4; skewness: 2.9772871237470873; kurtosis: 10.787158806703493



Распределение risk\_factor\_5



Распределение risk\_factor\_6

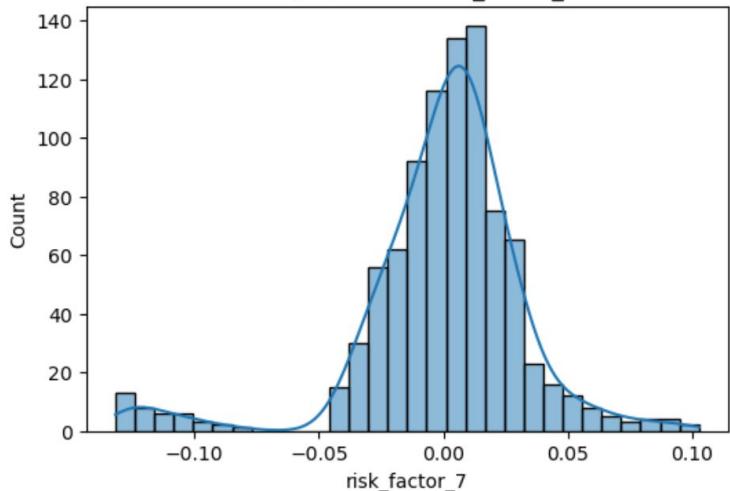


Риск-фактор: risk\_factor\_5; skewness: -0.5158516612075009; kurtosis: 1.6485973414294182

Риск-фактор: risk\_factor\_6; skewness: 0.30792539649053813; kurtosis: -1.2466700287415016

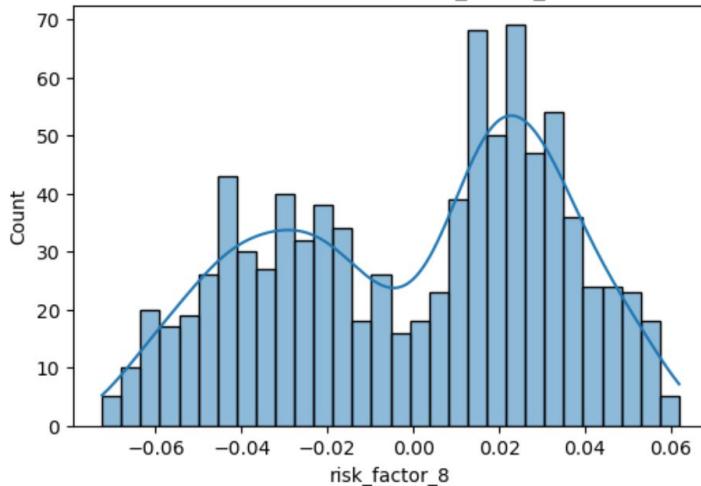


Распределение risk\_factor\_7



Риск-фактор: risk\_factor\_7; skewness: -1.4026656328004774; kurtosis: 4.723921085684

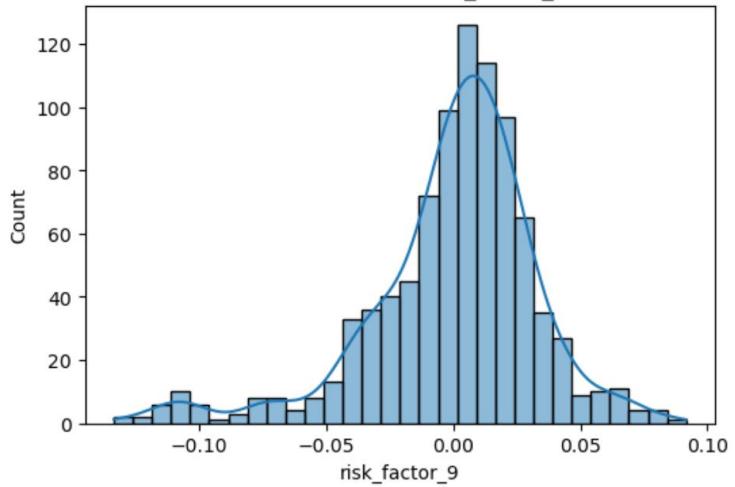
Распределение risk\_factor\_8



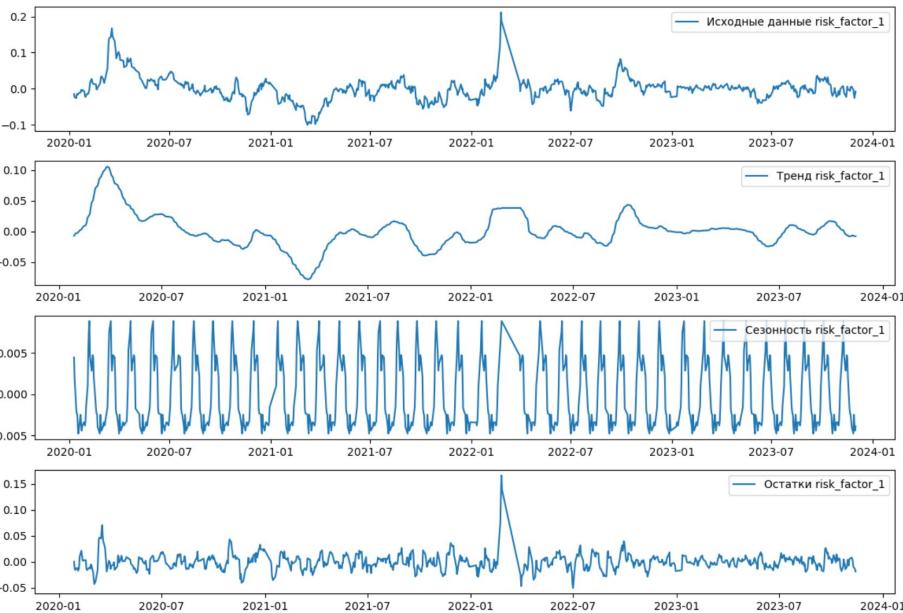
Риск-фактор: risk\_factor\_8; skewness: -0.2602046560133873; kurtosis: -1.1087827633419276

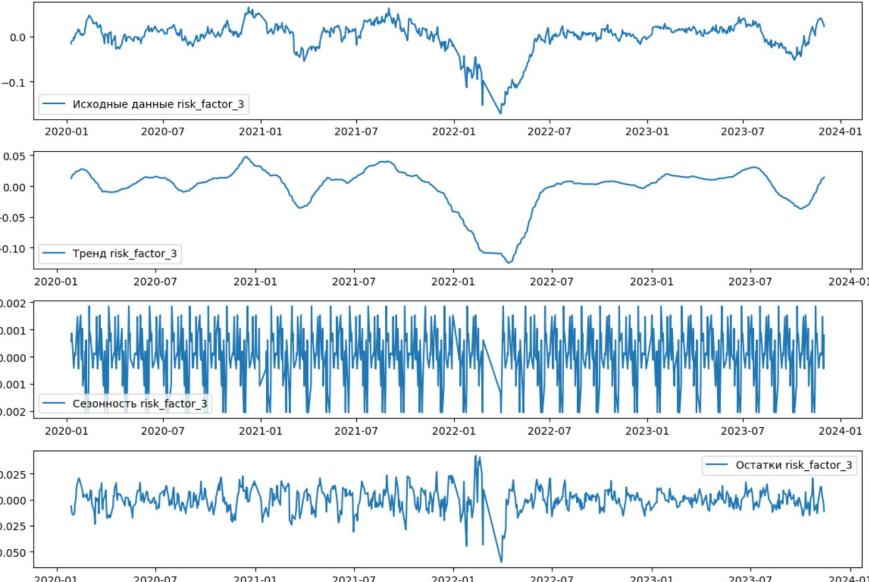
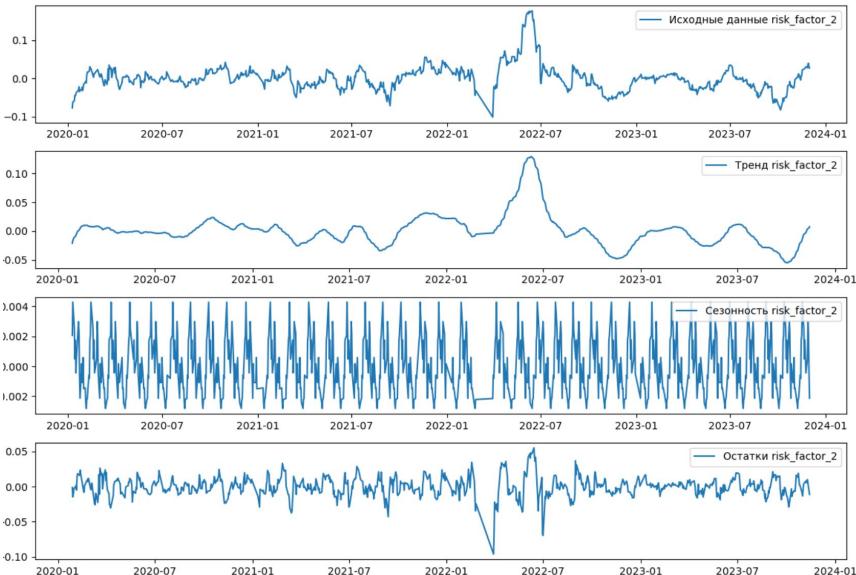


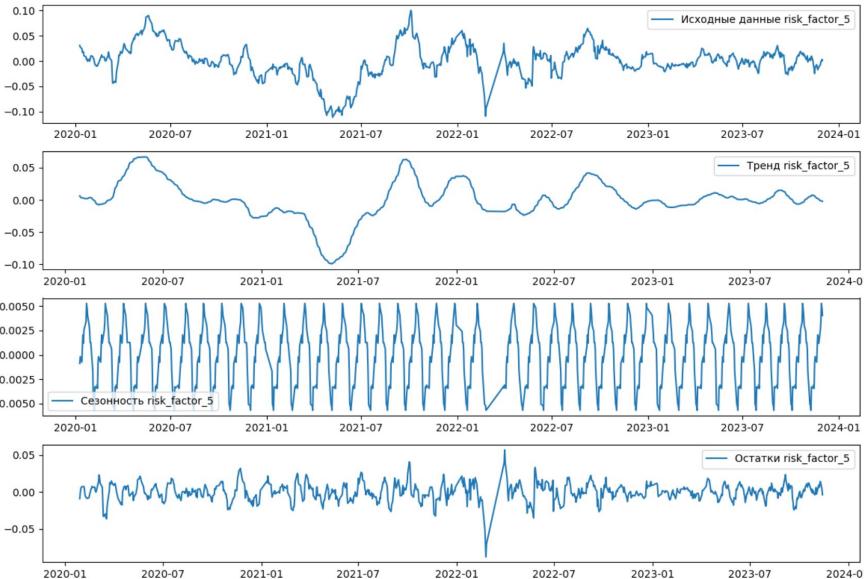
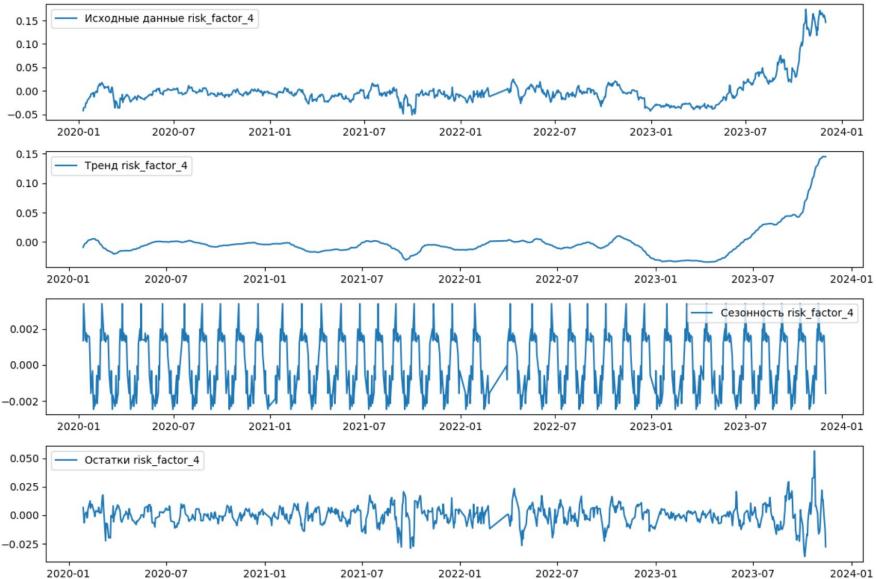
Распределение risk\_factor\_9

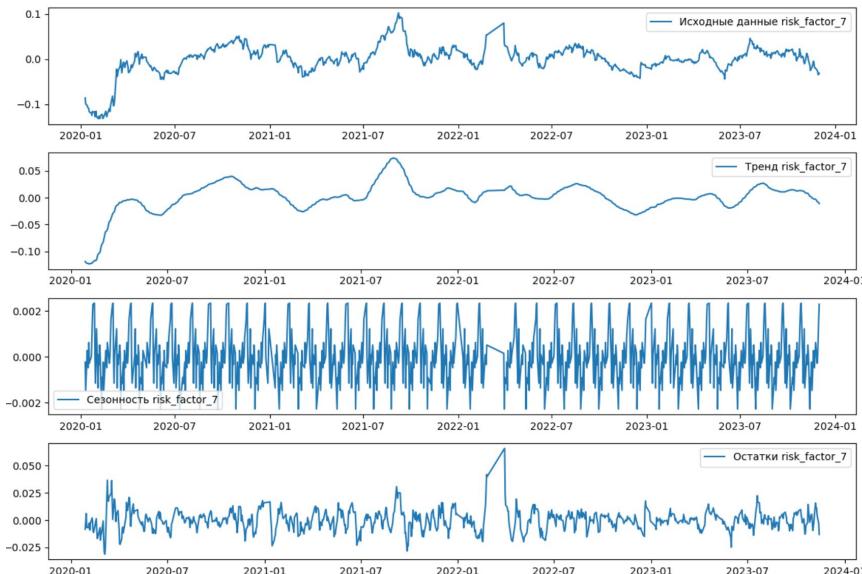
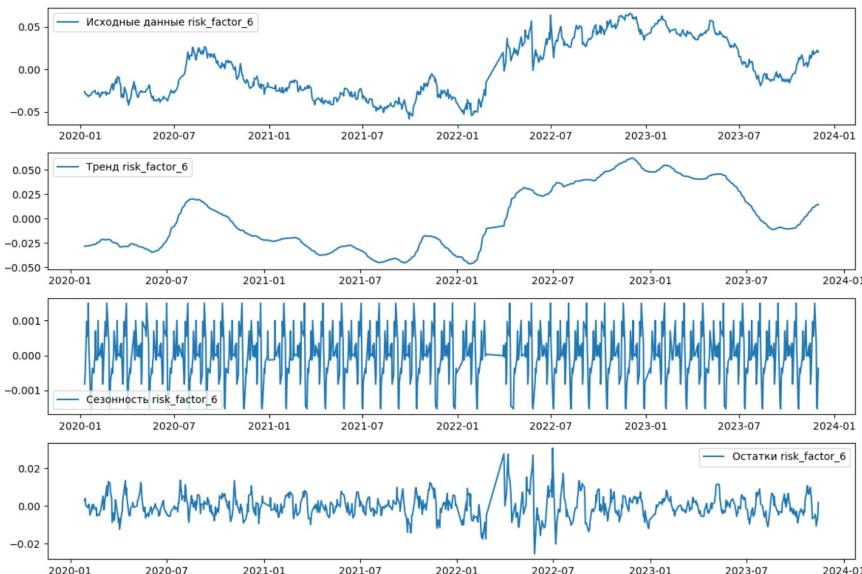


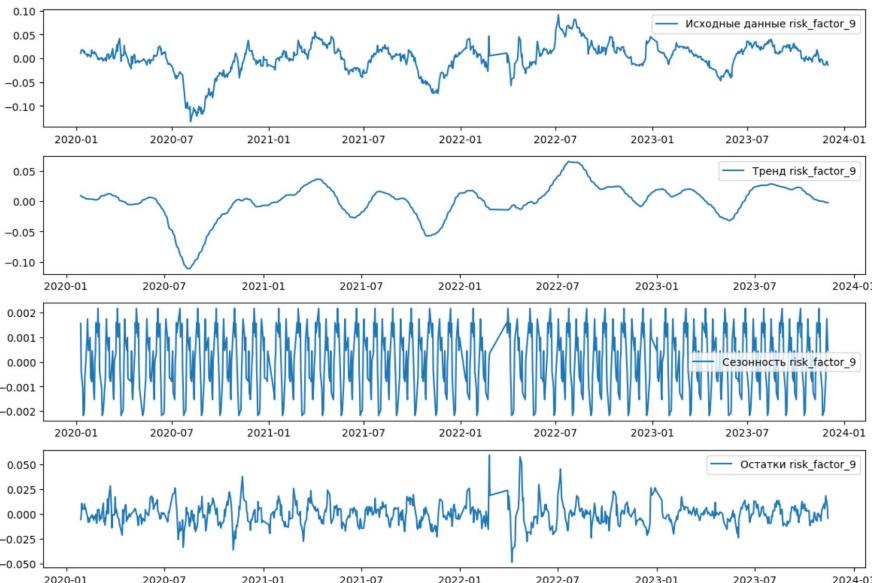
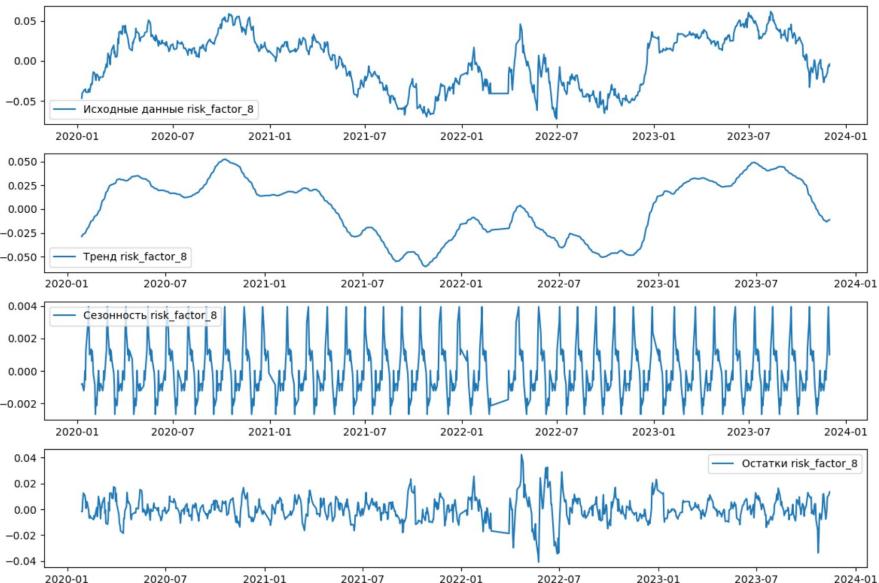
Риск-фактор: risk\_factor\_9; skewness: -1.0741719739821718; kurtosis: 2.4303218945424354













Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_0:

ADF статистика: -2.281249290985357

р-значение: 0.17808677697107878

Критические значения:

1%: -3.4376611618861697

5%: -2.864767502722044

10%: -2.5684885413039127

Результат: Ряд нестационарен

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_1:

ADF статистика: -4.58336415774503

р-значение: 0.00013860326696241742

Критические значения:

1%: -3.4376857669714957

5%: -2.864778351359889

10%: -2.5684943199755765

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_2:

ADF статистика: -4.8871180221236745

р-значение: 3.69448089936574e-05

Критические значения:

1%: -3.4376529968296987

5%: -2.8647639026442993

10%: -2.5684866236774617

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_3:

ADF статистика: -3.1715103946879353

р-значение: 0.021694137736375428

Критические значения:

1%: -3.43771883253448

5%: -2.8647929301713977

10%: -2.568502085595253

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_4:

ADF статистика: -1.2747337442568354

р-значение: 0.6406509415240762

Критические значения:

1%: -3.4376529968296987

5%: -2.8647639026442993

10%: -2.5684866236774617

Результат: Ряд нестационарен

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_5:

ADF статистика: -3.8215797011578507

р-значение: 0.0026940847103487588

Критические значения:

1%: -3.43771883253448

5%: -2.8647929301713977

10%: -2.568502085595253

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_6:

ADF статистика: -1.7538441512576008

р-значение: 0.4036053721520154

Критические значения:

1%: -3.4377943310889303

5%: -2.8648262173548456

10%: -2.5685198165973295

Результат: Ряд нестационарен

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_7:

ADF статистика: -3.5929520135301733

р-значение: 0.0058972085161621

Критические значения:

1%: -3.4376529968296987

5%: -2.8647639026442993

10%: -2.5684866236774617

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_8:

ADF статистика: -2.7946798296161104

р-значение: 0.059037744333866556

Критические значения:

1%: -3.4376693452209492

5%: -2.864771110849186

10%: -2.5684904632194674

Результат: Ряд нестационарен

Тест на стационарность для столбца risk\_factor\_9:

ADF статистика: -3.534448259566058

р-значение: 0.007145229956214298

Критические значения:

1%: -3.4376693452209492

5%: -2.864771110849186

10%: -2.5684904632194674

Результат: Ряд стационарен на уровне значимости 0.05

