Портфельный VaR-Калькулятор 2

Математическая и техническая документация

Процентно-чувствительные продукты в четырёх валютных зонах: EUR, USD, GBP, CHF

Русский

Вольфганг Бёме

wolfgang.boehme@economic-modeling.de

www.economic-modeling.de

25 октября 2026 г.

Документация к интерактивному HTML-калькулятору `rechner2.html`

Документация на этом сайте разработана при поддержке ИИ Claude (Anthropic).

0 Содержание

1 Обзор и цель **2**
1.1 Сравнение: наивный подход vs. корректный подход 2

2 База данных и факторы риска **2**
2.1 CSV с рыночными данными 2
2.2 Линейная интерполяция кривой доходности 3

3 Дисконтирующие факторы и логарифмические доходности **3**
3.1 Дисконтирующий фактор с учётом кредитного спреда . . 3
3.2 Логарифмические доходности как единая переменная риска 3

4 Глобальная ковариационная матрица **4**
4.1 Структура 4
4.2 Блочная структура 5

5 Оценка инструментов **5**
5.1 Облигация с фиксированной ставкой (Bond) 5
5.2 Процентный своп с фиксированной ставкой 5
5.3 Кросс-валютный своп (CCS) 6
5.4 Форвардный валютный контракт (FX Forward) 6

6 Чувствительности **6**
6.1 Чувствительность к дисконтирующим факторам 6
6.2 Чувствительность для FX Forwards 7

7 Расчёт VaR **7**
7.1 Отображение на факторы риска 7
7.2 Дисперсия портфеля 7
7.3 Формула VaR 7
7.4 Индивидуальный VaR vs. портфельный VaR 8

8 Техническая реализация **9**
8.1 Структура данных: `r2State` 9

8.2 Порядок вычислений 9
8.3 Список факторов (порядок в матрице) 10

9 Вкладка прозрачности: матрицы и денежные потоки 10

10 Ограничения и перспективы 10
10.1 Известные упрощения 10
10.2 Возможные расширения 11

Сводная таблица основных формул 12

1 Обзор и цель

Портфельный VaR-Калькулятор 2 вычисляет Value at Risk (VaR) портфеля процентно-чувствительных продуктов с использованием единой, исторически оцениваемой ковариационной матрицы. В отличие от подходов, рассматривающих каждый фактор риска в отдельности, данный калькулятор одновременно учитывает корреляции между всеми факторами риска — как внутри одной валютной зоны, так и между различными валютными зонами.

1.1 Сравнение: наивный подход vs. корректный подход

	Наивное суммирование	**Калькулятор 2**
Допущение	$\rho_{ij} = 1$ для всех i, j	исторически измерено
Агрегация	$\text{VaR}_{\text{total}} = \sum_k \text{VaR}_k$	$\text{VaR}_{\text{total}} = z_\alpha \sqrt{w^\top \Sigma\, w} \cdot \sqrt{h}$
Факторы риска	по продукту отдельно	общая матрица 29×29
Субаддитивность	нарушена	гарантирована
Диверсификация	игнорируется	явно показана

Субаддитивность (Artzner et al., 1999)

Мера риска ρ называется субаддитивной, если для произвольных портфелей A и B выполняется:

$$\rho(A + B) \leq \rho(A) + \rho(B).$$

Ковариационно-основанный VaR является субаддитивным, поскольку выполняется неравенство треугольника для евклидовой нормы:

$$\sqrt{w^\top \Sigma\, w} \;\leq\; \sqrt{w_A^\top \Sigma_{AA}\, w_A} \;+\; \sqrt{w_B^\top \Sigma_{BB}\, w_B}.$$

2 База данных и факторы риска

2.1 CSV с рыночными данными

Калькулятор считывает исторические данные о ценах на конец торгового дня из CSV-файла с $T = 252$ строками (торговые дни) и 104 столбцами. Для Калькулятора 2 используются 29 столбцов, перечисленных в таблице ниже.

Блок	Содержание	Кол-во	Сроки (лет)
EUR Zero Rates	$r^{\mathrm{EUR}}(t_k)$	5	0.25, 1, 2, 5, 10
USD Zero Rates	$r^{\mathrm{USD}}(t_k)$	5	0.25, 1, 2, 5, 10
GBP Zero Rates	$r^{\mathrm{GBP}}(t_k)$	5	0.25, 1, 2, 5, 10
CHF Zero Rates	$r^{\mathrm{CHF}}(t_k)$	5	0.25, 1, 2, 5, 10
FX Spots	EUR/USD, EUR/GBP, EUR/CHF	3	—
Credit Spread A	$s^{A}(t_k)$	3	1, 5, 10
Credit Spread BBB	$s^{\mathrm{BBB}}(t_k)$	3	1, 5, 10
Итого		**29**	

Все процентные ставки хранятся в CSV в процентном формате (например, 3,50) и внутренне преобразуются в десятичный вид (0,0350) делением на 100.

2.2 Линейная интерполяция кривой доходности

Для момента денежного потока t, находящегося между двумя опорными точками $t_k < t < t_{k+1}$, соответствующая спот-ставка определяется линейно:

$$r(t) = r(t_k) \cdot \frac{t_{k+1} - t}{t_{k+1} - t_k} + r(t_{k+1}) \cdot \frac{t - t_k}{t_{k+1} - t_k}.$$

Для точек вне диапазона опорных значений применяется ближайшее граничное значение (постоянная экстраполяция).

3 Дисконтирующие факторы и логарифмические доходности

3.1 Дисконтирующий фактор с учётом кредитного спреда

Для инструмента с кредитным рейтингом (A или BBB) кредитный спред $s(t)$ напрямую добавляется к спот-ставке. Дисконтирующий фактор для срока t определяется:

$$\mathrm{DF}(t, d) = \exp\big[-\big(r(t, d) + s(t, d)\big) \cdot t\big],$$

где $d \in \{1, \ldots, T\}$ обозначает торговый день. При отсутствии кредитного спреда полагается $s \equiv 0$.

3.2 Логарифмические доходности как единая переменная риска

Ключевым методологическим решением калькулятора является использование логарифмических доходностей дисконтирующих факто-

ров в качестве факторов риска. Это обеспечивает одинаковые единицы для всех элементов ковариационной матрицы — в отличие от смешивания изменений ставок (б.п.) и доходностей цен.

Логарифмическая доходность дисконтирующего фактора для срока t_k и валюты c от дня $d-1$ до дня d:

$$\begin{aligned}\ell_k^c(d) &= \ln \frac{\mathrm{DF}(t_k, d)}{\mathrm{DF}(t_k, d-1)} = \ln \frac{e^{-(r_d^c(t_k)+s_d(t_k))\,t_k}}{e^{-(r_{d-1}^c(t_k)+s_{d-1}(t_k))\,t_k}} \\ &= -t_k \cdot \big[(r_d^c(t_k) + s_d(t_k)) - (r_{d-1}^c(t_k) + s_{d-1}(t_k))\big]. \end{aligned} \tag{1}$$

Это соответствует отрицательному, взвешенному по сроку изменению спред-скорректированной процентной ставки. Кредитный спред тем самым автоматически интегрирован в логарифмическую доходность — отдельный блок риска спреда не требуется.

Для FX-спотов S_d (котируемых как EUR/CCY) также используется логарифмическая доходность:

$$\ell^{\mathrm{FX}}(d) = \ln \frac{S_d}{S_{d-1}}.$$

Из $T = 252$ дневных наблюдений получается $T - 1 = 251$ наблюдение логарифмической доходности на каждый фактор риска.

4 Глобальная ковариационная матрица

4.1 Структура

Пусть $\ell_1(d), \ldots, \ell_{29}(d)$ — логарифмические доходности всех 29 факторов риска в день d со средними значениями

$$\bar{\ell}_i = \frac{1}{T-1} \sum_{d=1}^{T-1} \ell_i(d).$$

Глобальная ковариационная матрица $\Sigma \in \mathbb{R}^{29\times 29}$ оценивается по историческим логарифмическим доходностям:

$$\Sigma_{ij} = \frac{1}{T-2} \sum_{d=1}^{T-1} \big(\ell_i(d) - \bar{\ell}_i\big)\big(\ell_j(d) - \bar{\ell}_j\big), \quad i, j \in \{1, \ldots, 29\}.$$

Матрица симметрична ($\Sigma_{ij} = \Sigma_{ji}$) и положительно полуопределена. При $T - 1 = 251$ наблюдениях и $N = 29$ факторах соотношение $251/29 \approx 8{,}7$ достаточно для устойчивого оценивания ковариации (эмпирическое правило: > 5).

4.2 Блочная структура

Матрица естественно разбивается на блоки:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \Sigma^{5\times5}_{\text{EUR}} & \Sigma_{\text{EUR,USD}} & \cdots & \sigma_{\text{EUR,FX}} & \Sigma_{\text{EUR,CS}} \\ \Sigma_{\text{USD,EUR}} & \Sigma^{5\times5}_{\text{USD}} & \cdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \sigma^{\top}_{\text{FX,EUR}} & \cdots & \cdots & \Sigma^{3\times3}_{\text{FX}} & \Sigma_{\text{FX,CS}} \\ \Sigma_{\text{CS,EUR}} & \cdots & \cdots & \Sigma_{\text{CS,FX}} & \Sigma^{6\times6}_{\text{CS}} \end{pmatrix}.$$

Диагональные блоки Σ_{kk} содержат дисперсии и внутренние ковариации каждой валютной зоны или класса продуктов. Внедиагональные блоки Σ_{kl} ($k \neq l$) фиксируют кросс-корреляции между различными факторами риска, например, историческую корреляцию между процентными ставками EUR и USD.

5 Оценка инструментов

5.1 Облигация с фиксированной ставкой (Bond)

Облигация с номиналом N, купонной ставкой c р.а., сроком T_{Bond} и частотой выплат f ($f = 1$ — ежегодно, $f = 2$ — каждые полгода) генерирует денежные потоки в моменты $t_j = j/f$, $j = 1, \ldots, n = f \cdot T_{\text{Bond}}$:

$$CF_j = \frac{N \cdot c}{f} + N \cdot \mathbf{1}_{[j=n]},$$

где номинал N возвращается только в последний момент $t_n = T_{\text{Bond}}$.

Приведённая стоимость в EUR:

$$PV_{\text{Bond}} = \frac{1}{S_{\text{CCY/EUR}}} \sum_{j=1}^{n} CF_j \cdot \text{DF}(t_j),$$

где $S_{\text{CCY/EUR}}$ — FX-спот (единицы иностранной валюты за EUR), то есть EUR/USD для USD-облигации.

5.2 Процентный своп с фиксированной ставкой

В процентном свопе фиксированный купон обменивается на плавающую ставку. Поскольку плавающая сторона оценивается по рыночной стоимости, её приведённая стоимость:

$$PV_{\text{float}} = N \cdot (1 - \text{DF}(T_{\text{Swap}})).$$

Полная приведённая стоимость *Payer-свопа* (платим фиксированное, получаем плавающее) в EUR:

$$PV_{\text{Swap}}^{\text{Payer}} = \frac{1}{S_{\text{CCY/EUR}}} \left[N \cdot (1 - \text{DF}(T)) - \sum_{j=1}^{n} \frac{N \cdot c}{f} \cdot \text{DF}(t_j) - N \cdot \text{DF}(T) \right].$$

Для Receiver-свопа все знаки меняются на противоположные.

5.3 Кросс-валютный своп (CCS)

CCS обменивает денежные потоки в Валюте 1 на денежные потоки в Валюте 2. При заключении номинальные суммы выбираются так, чтобы соответствовать текущему FX-споту:

$$N_2 = N_1 \cdot S_{12},$$

где S_{12} — спот-курс (единицы CCY2 за CCY1).

Каждый leg оценивается как облигация (с возвратом номинала в конце):

$$PV_{\text{Leg1}} = \frac{1}{S_{\text{CCY1/EUR}}} \sum_j CF_{1,j} \cdot \text{DF}_1(t_j), \qquad PV_{\text{Leg2}} = \frac{1}{S_{\text{CCY2/EUR}}} \sum_j CF_{2,j} \cdot \text{DF}_2(t_j).$$

Чистая приведённая стоимость (с точки зрения плательщика по Leg 1):

$$PV_{\text{CCS}} = -PV_{\text{Leg1}} + PV_{\text{Leg2}}.$$

5.4 Форвардный валютный контракт (FX Forward)

Форвардный контракт (покупка CCY1 против CCY2 по курсу F, срок T) имеет приведённую стоимость в EUR:

$$PV_{\text{FX}} = \frac{N \cdot (F - S_0) \cdot \text{DF}_{\text{CCY1}}(T)}{S_{\text{CCY2/EUR}}},$$

где S_0 — текущий спот-курс, а $\text{DF}_{\text{CCY1}}(T)$ — дисконтирующий фактор в базовой валюте.

6 Чувствительности

6.1 Чувствительность к дисконтирующим факторам

Для расчёта VaR по каждой позиции j необходима чувствительность приведённой стоимости к лог-доходности дисконтирующего фактора:

$$\delta_j = \frac{\partial PV}{\partial \ln \text{DF}(t_j)} = \frac{CF_j \cdot \text{DF}(t_j)}{S_{\text{CCY/EUR}}} = PV_j.$$

Чувствительность равна **дисконтированному денежному потоку** (приведённой стоимости позиции j) в EUR — согласовано с ковариационной матрицей логарифмических доходностей $\Delta \ln \mathrm{DF}$.

Для Payer-свопа $CF_j < 0$ (фиксированная выплата), поэтому $\delta_j < 0$. Это интуитивно верно: рост ставок (снижение DF) увеличивает стоимость фиксированного обязательства для получателя и причиняет ущерб плательщику.

6.2 Чувствительность для FX Forwards

Для FX Forward основным фактором риска является спот S_0. Чувствительность к логарифмической доходности спота:

$$\delta^{\mathrm{FX}} \approx \frac{\partial PV}{\partial \ln S_0} = \frac{N \cdot S_0}{S_{\mathrm{CCY2/EUR}}}.$$

7 Расчёт VaR

7.1 Отображение на факторы риска

Каждая позиция j отображается на ближайшую опорную точку t_k в глобальном списке факторов:

$$k^*(j) = \arg\min_k |t_k - t_j|,$$

при этом для облигаций с кредитным рейтингом выполняется отображение на соответствующие факторы кредитного спреда (CS_A или CS_BBB) — а не на безрисковую кривую. Это обеспечивает корректный учёт исторической корреляционной структуры спред-скорректированных дисконтирующих факторов.

7.2 Дисперсия портфеля

Пусть $w \in \mathbb{R}^{29}$ — вектор чувствительностей, где $w_k = \sum_{j:\, k^*(j)=k} \delta_j$ — совокупная чувствительность к фактору риска k, с $\delta_j = CF_j \cdot \mathrm{DF}(t_j)/S_{\mathrm{CCY/EUR}}$. Дисперсия портфеля:

$$\sigma_P^2 = w^\top \Sigma\, w = \sum_{i=1}^{29} \sum_{j=1}^{29} w_i \Sigma_{ij} w_j.$$

7.3 Формула VaR

При допущении о нормальном распределении логарифмических доходностей:

$$\boxed{\mathrm{VaR}_\alpha^h = z_\alpha \cdot \sqrt{w^\top \Sigma\, w} \cdot \sqrt{h}},$$

где $z_\alpha = \Phi^{-1}(\alpha)$ — α-квантиль стандартного нормального распределения, h — временной горизонт в торговых днях. При $\alpha = 99\%$ имеем $z_{0,99} \approx 2{,}326$.

Стандартный случай: $h = 1$ торговый день. Поле ввода «Временной горизонт (дней)» во вкладке Portfolio VaR позволяет масштабировать VaR посредством $\sqrt{h}$.

7.4 Индивидуальный VaR vs. портфельный VaR

Калькулятор вычисляет обе величины из одной ковариационной матрицы:

Величина	**Формула**
Индивидуальный VaR (инструмент i)	$\text{VaR}_i = z_\alpha \sqrt{w_i^\top \Sigma_{kk}\, w_i} \cdot \sqrt{h}$
Суммарный VaR вкладки (с корр.)	$\text{VaR}_{\text{Tab}} = z_\alpha \sqrt{w_{\text{Tab}}^\top \Sigma\, w_{\text{Tab}}} \cdot \sqrt{h}$
Портфельный VaR (все вкладки)	$\text{VaR}_P = z_\alpha \sqrt{w^\top \Sigma\, w} \cdot \sqrt{h}$
Недиверсифицированный VaR	$\text{VaR}_{\text{undiv}} = \sum_k \text{VaR}_k$
Эффект диверсификации	$\Delta\text{VaR} = \text{VaR}_{\text{undiv}} - \text{VaR}_P \geq 0$

Субаддитивность $\text{VaR}_P \leq \text{VaR}_{\text{undiv}}$ гарантирована, поскольку все VaR вычисляются из одной положительно полуопределённой матрицы, и неравенство Коши–Шварца выполняется.

Пример: Облигации EUR (рейтинг A) + USD (рейтинг BBB)

Исходные данные:

- Облигация 1: EUR, 100 000 €, купон 5%, 4 года, рейтинг A
- Облигация 2: USD, 80 000 USD, купон 4,5%, 3 года, рейтинг BBB
- EUR/USD = 1,11

Факторы риска:

- Облигация 1 $\rightarrow$ CS_A (1Y, 5Y, 10Y), ближайший срок: 1Y и 5Y
- Облигация 2 $\rightarrow$ CS_BBB (1Y, 5Y), конвертирована в EUR через $1/1{,}11$

Ковариационная структура:

$$\text{Cov}(\ell^{\text{CS_A}}, \ell^{\text{CS_BBB}}) < \text{Cov}(\ell^{\text{CS_A}}, \ell^{\text{CS_A}}) \;\Rightarrow\; \text{VaR}_P < \sum \text{VaR}_i$$

Типичный результат:

	Значение
VaR Облигация 1	2 800 €
VaR Облигация 2	1 600 €
Сумма	4 400 €
Портфельный VaR	3 700 €
Экономия	700 € (15%)

8 Техническая реализация

8.1 Структура данных: r2State

Все результаты расчётов хранятся в глобальном объекте JavaScript r2State:

```
r2State = {
  csvLoaded: bool,          // CSV успешно загружен?
  rawData:   {col: [val]},  // Исходные данные по столбцам
  logReturns:{col: [lr]},   // Логарифмические доходности
  fxSpots:   {pair: val},   // Текущие FX-споты
  globalCov: [[...]],       // Ковариационная матрица 29x29
  positions: [{...}],       // Все активные позиции
  products: {
    bonds: {bonds, positions},
    swaps: {swaps, positions},
    ccs:   {ccsList, positions},
    fx:    {fxList, positions}
  }
}
```

8.2 Порядок вычислений

Шаг 1. Загрузка CSV: считываются и проверяются все 29 необходимых столбцов. Отсутствующие столбцы вызывают сообщение об ошибке.

Шаг 2. Расчёт логарифмических доходностей: для каждого из 29 факторов риска вычисляются 251 логарифмическая доходность из 252 дневных наблюдений. Для процентных факторов — на основе DF (см. выше). Для FX — непосредственно из спота.

Шаг 3. Построение ковариационной матрицы: Σ вычисляется как матрица 29×29 с историческим оценщиком. Сложность: $O(N^2 \cdot T) = O(29^2 \cdot 251)$.

Шаг 4. Расчёт продукта: для каждого инструмента вычисляются денежные потоки, дисконтирующие факторы, приведённая стоимость и чувствительности.

Шаг 5. Отображение на факторы риска: каждая позиция отображается на ближайшую опорную точку в R2_ALL_FACTORS. Облигации с рейтингом $\rightarrow$ CS-факторы; свопы/CCS $\rightarrow$ кривая нулевых ставок валюты; FX $\rightarrow$ FX-спот-фактор.

Шаг 6. Расчёт VaR: $\sigma_P^2 = w^\top \Sigma w$, $\text{VaR} = z_\alpha \cdot \sigma_P \cdot \sqrt{h}$, где h — введённый временной горизонт (по умолчанию $h = 1$ день).

Шаг 7. Диверсификация: индивидуальные VaR из диагональных

блоков той же матрицы, сумма $\geq$ портфельного VaR.

8.3 Список факторов (порядок в матрице)

Индекс	Фактор	Блок	Срок
0–4	EUR_Zero_3M/1Y/2Y/5Y/10Y	EUR Zero	0.25, 1, 2, 5, 10 л.
5–9	USD_Zero_3M/1Y/2Y/5Y/10Y	USD Zero	0.25, 1, 2, 5, 10 л.
10–14	GBP_Zero_3M/1Y/2Y/5Y/10Y	GBP Zero	0.25, 1, 2, 5, 10 л.
15–19	CHF_Zero_3M/1Y/2Y/5Y/10Y	CHF Zero	0.25, 1, 2, 5, 10 л.
20	EUR/USD	FX Spot	—
21	EUR/GBP	FX Spot	—
22	EUR/CHF	FX Spot	—
23–25	CreditSpread_A_1Y/5Y/10Y	CS A	1, 5, 10 л.
26–28	CreditSpread_BBB_1Y/5Y/10Y	CS BBB	1, 5, 10 л.

9 Вкладка прозрачности: матрицы и денежные потоки

Калькулятор предоставляет на вкладке *«Матрицы и денежные потоки»* три уровня информации:

1. **Локальные ковариационные матрицы** — блоки 5×5 (процентные блоки) или 3×3 (FX, CS) в виде тепловой карты. Интенсивность цвета кодирует абсолютное значение ковариации относительно диагональной дисперсии (приближённо — корреляцию).
2. **Глобальная ковариационная матрица** — полная матрица 29×29, из которой отображаются первые 20 факторов. Полная матрица может быть экспортирована в CSV (значения в экспоненциальном формате).
3. **Таблица денежных потоков** — для каждой активной позиции указываются: момент выплаты t_j, денежный поток CF, приведённая стоимость PV (EUR), чувствительность δ_j и соответствующий фактор риска. Возможен экспорт в CSV.

10 Ограничения и перспективы

10.1 Известные упрощения

1. **Допущение о нормальном распределении:** формула VaR $= z_\alpha \sigma_P \sqrt{h}$ точна лишь при нормально распределённых логарифми-

ческих доходностях. На практике финансовые доходности характеризуются лептокуртозисом (толстые хвосты). Историческое моделирование или теория экстремальных значений могут устранить эту погрешность.

2. **Отображение на один фактор:** каждая позиция отображается на ближайший срок. Более точным методом было бы линейное интерполирование между двумя соседними факторами (pho-mapping).

3. **Плавающая нога свопа:** приведённая стоимость плавающей ноги аппроксимируется как $N \cdot (1 - \mathrm{DF}(T))$. Это точно для LIBOR-свопов без спреда; для свопов с OIS-дисконтированием потребуются отдельные кривые дисконтирования и форвардные кривые.

4. **FX Forward:** чувствительность $\delta^{\mathrm{FX}} \approx N \cdot S_0 / S_{\mathrm{CCY2/EUR}}$ является дельта-приближением. Для экзотических опционов или нелинейных продуктов потребуется более полная гамма-обработка.

5. **Стационарность ковариации:** историческая оценка по 251 дню неявно предполагает, что ковариационная структура стационарна. В периоды кризисов корреляции могут сильно меняться (correlation breakdown). Модели GARCH или экспоненциальное взвешивание (EWMA) могут решить эту проблему.

10.2 Возможные расширения

- Историческое моделирование (полная переоценка на каждый день)
- Стрессовый VaR (кризисные окна 2008–2009, 2020)
- Ожидаемый дефицит (CVaR) как более согласованная мера риска
- EWMA-ковариационная матрица с коэффициентом затухания $\lambda = 0{,}94$ (RiskMetrics)
- Гамма-члены для процентных опционов и свопционов

10 Сводная таблица основных формул

Величина	**Формула**
Дисконтирующий фактор	$\mathrm{DF}(t,d) = e^{-(r_d(t)+s_d(t))\,t}$
Логарифм. доходность DF	$\ell_k(d) = \ln\big(\mathrm{DF}(t_k,d)/\mathrm{DF}(t_k,d-1)\big)$
Оценка ковариации	$\Sigma_{ij} = \dfrac{1}{T-2}\sum_d (\ell_i(d)-\bar{\ell}_i)(\ell_j(d)-\bar{\ell}_j)$
Чувствительность Bond/Swap	$\delta_j = CF_j \cdot \mathrm{DF}(t_j)/S_{\mathrm{CCY/EUR}}$
Дисперсия портфеля	$\sigma_P^2 = w^\top \Sigma\, w$
VaR (нормальное распределение)	$\mathrm{VaR}_\alpha^h = z_\alpha \cdot \sigma_P \cdot \sqrt{h} = z_\alpha \sqrt{w^\top \Sigma\, w} \cdot \sqrt{h}$
Субаддитивность	$\mathrm{VaR}_P \le \sum_k \mathrm{VaR}_k$
Эффект диверсификации	$\Delta\mathrm{VaR} = \sum_k \mathrm{VaR}_k - \mathrm{VaR}_P \ge 0$

Калькулятор: `rechner2.html` · База данных: `market_data_251days.csv` · 252 торговых дня, 29 факторов риска, матрица 29×29