

empenoso

2 дек в 05:59

## От Блэка-Шоулза до трансформеров: как устроена современная алгоритмическая торговля



Простой



5 мин



11K

Финансы в IT

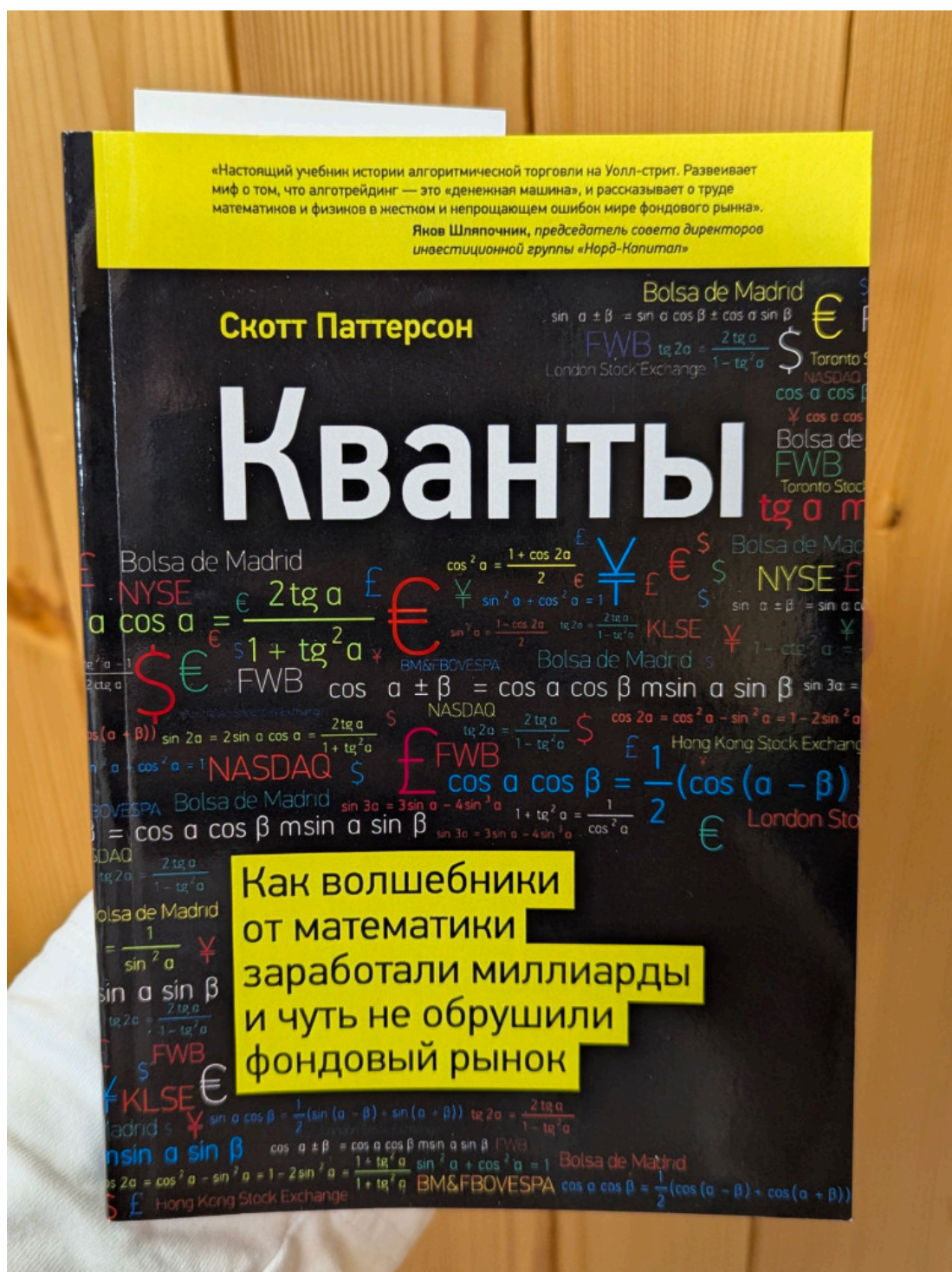
Ретроспектива

Недавно купил книгу «Кванты. Как волшебники от математики заработали миллиарды и чуть не обрушили фондовый рынок», которую её автор Скотт Паттерсон написал ещё в 2010 году. Книга издана на русском языке в 2014, но я познакомился с ней только недавно и понял что в книге очень хорошо расписана хронология развития алгоритмической торговли и чем она заканчивалась.

Спойлер:

Решил сделать статью по мотивам книги — краткую выжимку идей о том, какими алгоритмами и в какое время зарабатывались деньги. Первая часть этой статьи — на основе этой книги, а вторая этой часть — на основе открытых данных из интернета.

Причём странная деталь — заказал книгу на обычном маркетплейсе, но книга шла из-за рубежа и пришла даже без указания тиража — то есть какая-то условно китайская копия — раньше с такими не сталкивался.



Моя книга

Ниже первая часть, которая написана на основе этой книги.

## Эволюция алгоритмов: как математика захватила Уолл-стрит

История современной финансовой инженерии — это история про то, как математика постепенно вытеснила интуицию. За полвека Уолл-стрит превратилась в гигантский вычислительный аппарат: биржу, где решения принимают не люди, а алгоритмы. Скотт Паттерсон в книге «Кванты» подробно исследовал этот путь — от простейшего статистического анализа до сложных моделей корреляций и высокочастотного трейдинга.

## 1960-е: от казино к рынку капитала — математический прорыв

Эд Торп

### Эд Торп - первый квант

Профессор MIT Эдвард Торп стал первым, кто доказал: случайная система подчиняется математике, а значит — её можно обыграть.

### Метод: подсчёт карт + критерий Келли (функция максимизации log-utility)

Критерий Келли решает оптимизационную задачу:

$$[\max f(x) = E[\log(1 + xR)]]$$

где  $x$  — доля капитала в ставке,  $R$  — доходность.

Это была первая рабочая модель риск-менеджмента, ставшая фундаментом для последующих моделей портфельной оптимизации.

### Переход в финансы: дельта-хеджирование варрантов (1967)

Торп перенёс идеи динамического хеджа в торговлю опционами ещё до публикации формулы Блэка-Шоулза. Суть алгоритма:

1. Купить недооценённый варрант.
2. Продать соответствующую акцию в объёме, равном дельте варранта.
3. Регулярно обновлять хедж → «реплицировать» поведение опциона.

Фактически это была одна из первых практических реализаций стохастического процесса геометрического броуновского движения и динамического хеджирования.

## 1970-е: формулы приходят на Уолл-стрит

Слева направо - Ф. Блэк, М. Шоулз и Р. Мертон

**Метод Блэка-Шоулза (1973)** базируется на предположении:

$$[dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t]$$

и отсутствии арбитража.

Формула позволила впервые «правильно» оценивать опционы.

### Портфельное страхование (Dynamic Hedging)

Алгоритм превратил репликацию пут-опциона в массовый продукт. При падении рынка позиции автоматически хеджировались продажей фьючерсов S&P 500.

В реальности дискретная аппроксимация в условиях высокой волатильности привел к положительной обратной связи, что стало катализатором краха 1987 года.

## 1980-е: статистический арбитраж и рождение машинного подхода

### Метод: парный трейдинг

Был основан на утверждении, что разница между двумя «синхронными» акциями — стационарный процесс.

Математическая форма этого:

$$[spread_t = y_t - \beta x_t \approx OU\text{-процесс}]$$

### Метод: статистический арбитраж

Это масштабирование парной идеи на сотни и тысячи бумаг:

- кросс-секционные регрессии,
- ранний PCA,
- ранние ML-подходы (кластеризация).

Группы APT (Morgan Stanley), Renaissance и D.E. Shaw создали первые полноценные алгоритмические машины извлечения альфы.

## 1990-е: факторные модели и первые элементы машинного обучения

Юджин Фама (слева) и Кеннет Френч (справа)

### Факторные модели Фама-Френча

Каждая акция рассматривается как вектор факторных экспозиций.

Цель — построить market-neutral портфель с экспозицией:

- long Value,
- long Momentum,
- long Size,
- short всё остальное.

Клифф Эснесс из AQR превратил это в масштабируемый продукт.

### Метод: распознавание образов в ценах (фонд Medallion)

Renaissance применяли методы:

- HMM (скрытые марковские модели),
- сигнальную обработку,
- Kalman Filtering,
- wavelet-декомпозицию,
- регрессионные ансамбли.

Это были первые «ML-прототипы» в торговле.

### 2000-е: корреляционный риск и кризис

Дэвид Х. Ли

#### Метод: Gaussian Copula (Дэвид Ли)

Фактором роста CDO было предложение Дэвида Ли использовать статистическую модель «гауссовой копулы» для расчета цен на CDO. В конце 2005 года исследовательская компания Selent оценила размер глобального рынка CDO в \$1,5 трлн и прогнозировала, что рынок вырастет ориентировочно до \$2 трлн к концу 2006 года.

Модель:

$$[ C(u, v) = \rho(\Phi^{-1}(u), \Phi^{-1}(v)) ]$$

Главные упрощения этого:

- корреляции считаются стабильными,
- хвостовые риски срезаются нормальным распределением.

Ошибки копулы стали одной из фундаментальных причин кризиса 2008.

#### Метод: Credit Arbitrage (Боаз Вайнштейн)

Связь «акций ↔ облигаций ↔ CDS» создаёт сеть относительных цен. Несогласованности приводят к арбитражу структуры капитала.

### Итоги книги

Каждая новая модель давала преимущество — но одновременно увеличивала системные риски. Алгоритмы работали идеально там, где выполнялись их предположения, но терпели катастрофы при нарушении условий рынка.

В книге подчёркивается не злой умысел, а слепая вера в модели. Например, Мэтью Ротман (Goldman) не хотел разрушить рынок — он искренне верил в эффективность рынка и гауссовы распределения, пока реальность не опровергла это.

**Книга закончилась, но я попробовал продолжить историю дальше самостоятельно.**

### Продолжение: квантовая эволюция уже после выхода книги (с 2010 по 2025)

Я немного дописал на основе открытых источников.

### 2010-е: Big Data и машинное обучение

ML в квантовых фондах. Фонды Two Sigma, D.E. Shaw, Jane Street внедряют:

- Random Forest
- Gradient Boosting
- k-NN
- нелинейные факторные модели

Для того чтобы:

- обнаруживать микро-паттерны,
- классифицировать ордера,
- прогнозировать микро-волатильности.

## 2015–2020: NLP, RL и альтернативные данные

Обработка естественного языка (Natural Language Processing) приходит на рынок. Использование:

- Word2Vec
- BERT
- FinBERT
- GPT-like моделей

для оценки тональности новостей, отчётов.

## Reinforcement Learning в торговле

Оптимизация инструментов маркет-мейкера и риск-менеджмента через RL:

- DQN
- PPO
- Actor–Critic

## Альтернативные данные

Используются даже изображения со спутников, квитанции, поисковые запросы, трафик в торговых центрах.

## 2020-е: предсказание стакана, трансформеры и микро-структура рынка

Алгоритмические модели микро-структуры (LOB). Для этого используются модели:

- LSTM
- TCN
- Transformer-based time series

Которые решают задачи:

- предсказания перехода между состояниями order book,
- определения вероятности немедленного движения цены.

## Low-latency и FPGA революция

Квантовые фирмы работают на:

- FPGA-ускорителях,
- специализированных NIC-картах,
- colocated-серверах с задержками ~100 нс.



## 2025+: LLM-Quant эра

Использование LLM в анализе документов. LLM обрабатывают:

- отчёты SEC,
- корпоративные публикации,
- патентные тексты,
- судебные материалы.

Роль программиста меняется: создание quant-pipeline, где:

LLM → фичи → ML-модель → торговая стратегия.

### Итог

Алготрейдинг уже давно не набор формул. Это инженерная дисциплина, на стыке:

- стохастики,
- статистики,
- ML,
- распределённых систем,
- сетевой инженерии,
- оптимизации под архитектуру (CPU/GPU/FPGA),
- больших данных,
- системного моделирования.

А рынок — это распределённая вычислительная система, где соревнуются программы.

**Автор:** Михаил Шардин

 [Моя онлайн-визитка](#)

 [Telegram «Умный Дом Инвестора»](#)

2 декабря 2025

**Теги:** [алгоритмическая торговля](#)

**Хабы:** [Финансы в IT](#)

### Редакторский дайджест

Присылаем лучшие статьи раз в месяц



Оставляя почту, я принимаю [Политику конфиденциальности](#) и даю согласие на получение рассылок



232

26.7

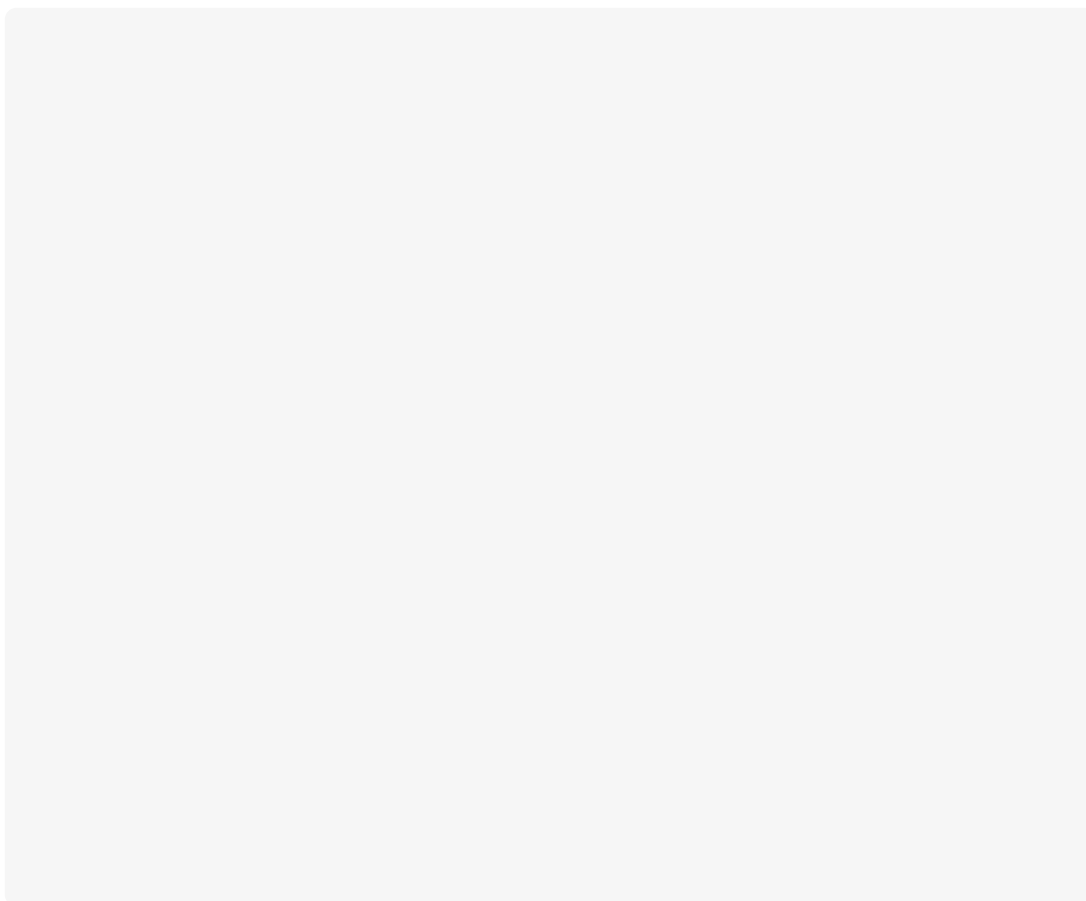
Карма

Общий рейтинг

**Михаил Шардин** @empenoso

Автоматизация / Data &amp; ML / Финансы / Smart Home

Подписаться

[Сайт](#) [Сайт](#) [GitHub](#)

Комментарии 6

## Публикации

ЛУЧШИЕ ЗА СУТКИ

ПОХОЖИЕ

**Alex\_S22**

19 часов назад

**Подрядчик обманул нас на заводе, но ИИ разоблачил его, а потом сэкономил ещё 170 млн ₽**

Простой

10 мин

13K

Кейс

+82

35

55



Ka1seR

21 час назад

## Софт реально убивает. Самые разрушительные баги за всю историю человечества

🕒 11 мин 👁 14K

Ретроспектива

📈 +43

📖 41

💬 22



inetstar

20 часов назад

## Ассемблер для гоферов. Часть 1

👍 Средний 🕒 9 мин 👁 9.9K

Обзор

📈 +36

📖 47

💬 2



JetHabr

23 часа назад

## «Работает — не трогай», но с YDB можно: испытания отказоустойчивости в боевых условиях

👍 Средний 🕒 14 мин 👁 8.1K

Тutorial

📈 +30

📖 18

💬 3



RationalAnswer

2 часа назад

## Новый вид мошенничества: шантаж с блокировкой всех ваших карт

🕒 2 мин 👁 4K

📈 +25

📖 5

💬 27



mshogin

14 часов назад

## Почему вайб-кодинг не работает

👍 Средний 🕒 14 мин 👁 15K

Мнение

📈 +23

📖 61

💬 43



kmoseenk

22 часа назад

## Почему Erlang до сих пор король отказоустойчивых систем

👍 Средний 🕒 12 мин 👁 8.2K

Обзор

Перевод

📈 +20

📖 36

💬 3

**CyberPaul**

2 часа назад

## Москва – CASIOпея. Вспоминаем уникальный винтажный ноутбук Cassiopeia FIVA MPC-102

Простой

6 мин

2.9K

Ретроспектива

+19

3

0

**Yaroslav\_Khnykov**

18 часов назад

## Нейросетевая модель интересов пользователя: как мы улучшили разнообразие и релевантность рекомендаций на главной Авито

Средний

9 мин

10K

+19

12

7

**Aleron75**

21 час назад

## Как я подружил Wildberries с n8n: создаем простейшего ИИ-агента для селлера. Реальный кейс автоматизации

Простой

4 мин

7.2K

Кейс

+19

30

20

## Сезон «ИИ в разработке»: учимся на опыте коллег и экспериментируем с моделями

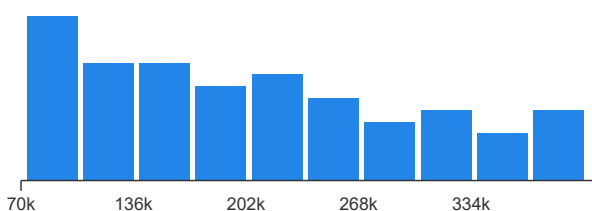
Турбо

[Показать еще](#)

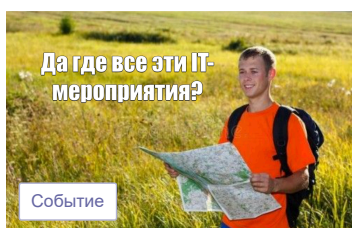
### СРЕДНЯЯ ЗАРПЛАТА В IT

**209 745** ₽/мес.

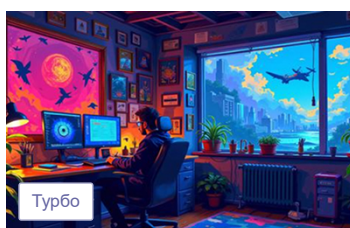
— средняя зарплата во всех IT-специализациях по данным из 48 629 анкет, за 2-ое пол. 2025 года. Проверьте «в рынке» ли ваша зарплата или нет!

[Проверить свою зарплату](#)

## МИНУТОЧКУ ВНИМАНИЯ



Не знаете, куда идти? Загляните в Календарь IT-мероприятий



Терраса + вид на залив = Ctrl+Alt+Вдох



ИИ-ассистент прокомментирует ваш код в статьях на Хабре

## БЛИЖАЙШИЕ СОБЫТИЯ

23 сентября – 31 декабря

**Бесплатный мини-курс: как продвигаться на Хабре, если вы — не IT-бренд**

Онлайн

Маркетинг

Больше событий в календаре

Хабр



🌐 Настройка языка

Техническая поддержка

© 2006–2025, Habr