

РЕКЛАМА

Хабр Карьера

КУРСЫ

≡Хабр

Главные IT-бренды 2025

еmpenoso 2 дек в 05:59

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

Простой 5 мин 11K

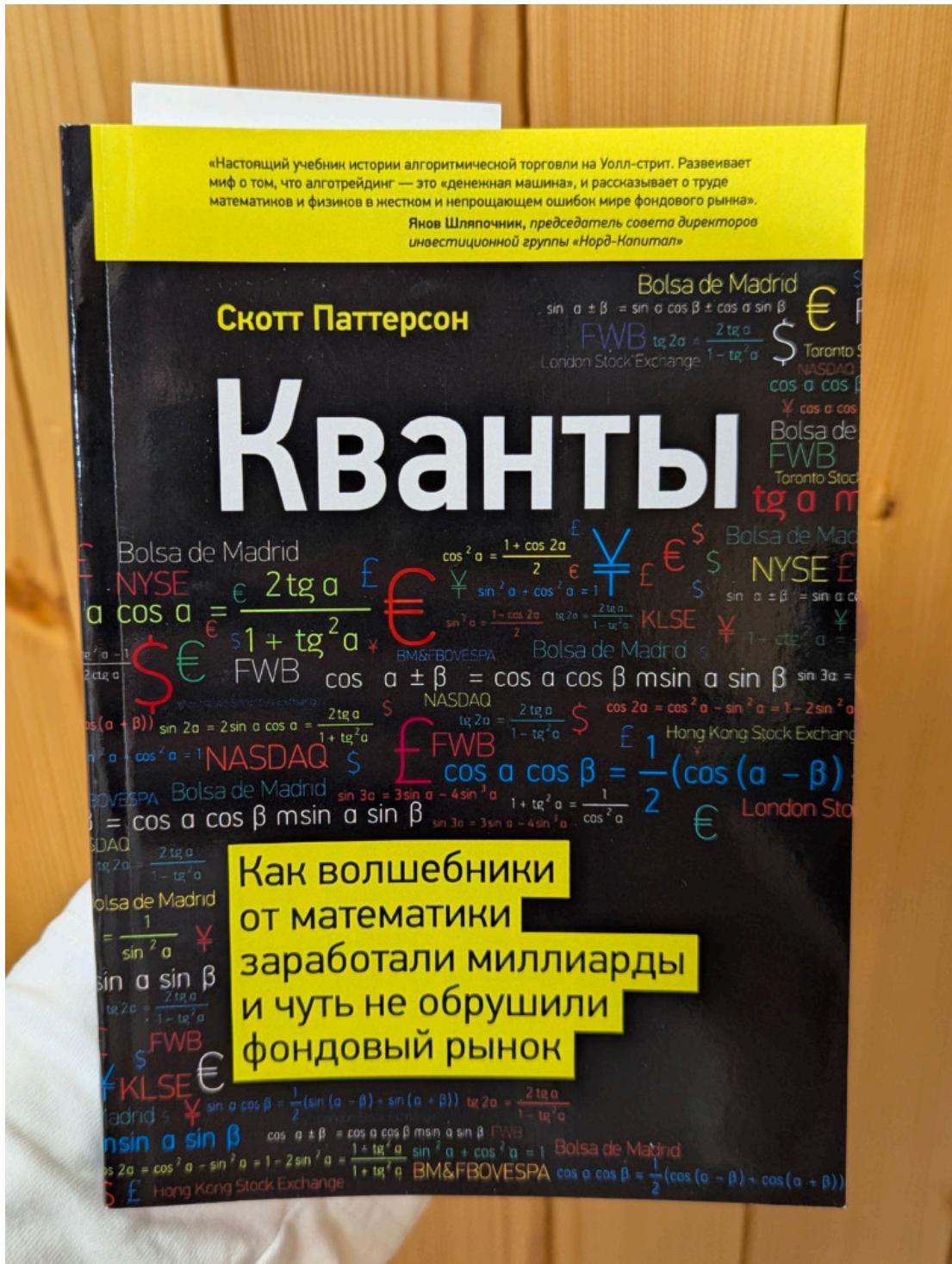
Финансы в IT

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: [REDACTED].

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 части — 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 сложнейших 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, 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 варант.
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:

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

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 Энгес 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 Celent 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  дной 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, Мэттью Ротман (Goldman) не хотел разрушить рынок — он искренне верил в эффективность рынка и гауссовые 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-структур (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

Присыпаем лучшие статьи раз в месяц

Электропочта



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



232

26.7

Карма Общий рейтинг

Михаил Шардин @empenoso

Автоматизация / Data & 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

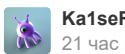
13K

[Кейс](#)

+82

35

55



Ka1seR

21 час назад

Соф트 реально убивает. Самые разрушительные баги за всю историю человечества

🕒 11 мин

🕒 14K

Ретроспектива

diamond +43

book 41

comment 22



inetstar

20 часов назад

Ассемблер для гоферов. Часть 1

⚠️ Средний

🕒 9 мин

🕒 9.9K

Обзор

diamond +36

book 47

comment 2



JetHabr

23 часа назад

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

⚠️ Средний

🕒 14 мин

🕒 8.1K

Туториал

diamond +30

book 18

comment 3



RationalAnswer

2 часа назад

Новый вид мошенничества: шантаж с блокировкой всех ваших карт

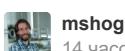
🕒 2 мин

🕒 4K

diamond +25

book 5

comment 27



mshogin

14 часов назад

Почему вайб-кодинг не работает

⚠️ Средний

🕒 14 мин

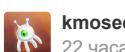
🕒 15K

Мнение

diamond +23

book 61

comment 43



kmoseenk

22 часа назад

Почему Erlang до сих пор король отказоустойчивых систем

⚠️ Средний

🕒 12 мин

🕒 8.2K

Обзор

Перевод

diamond +20

book 36

comment 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

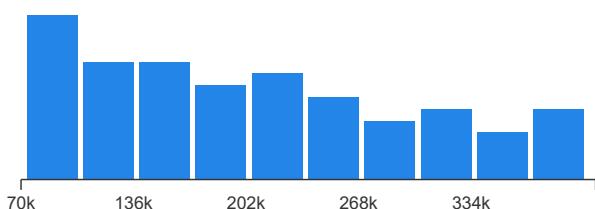
Турбо

Показать еще

СРЕДНЯЯ ЗАРПЛАТА В ИТ

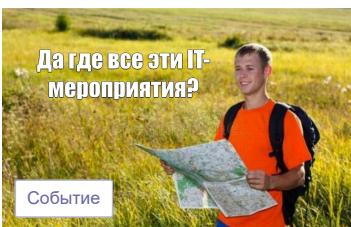
209 745 ₽/мес.

— 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



Событие



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

Терраса + вид на залив = Ctrl+Alt+Bдох



Турбо

ИИ-ассистент прокомментирует ваш код в статьях на Хабре

БЛИЖАЙШИЕ СОБЫТИЯ

збр

СЛИВАЕМ ПЕРЕПИСКУ С РЕКЛАМОДАТЕЛЕМ, ЧТОБЫ...

ни-курс про продвижение на Хабре

... ПЕЧАТАЕТ

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