

Прайсинг деривативов с помощью ML

УРМ

Sber

January 15, 2025

Что такое дериватив?

NN-based
pricing

VRM

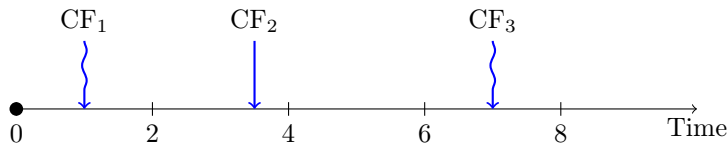
Что такое
дериватив?

Активное
обучение

Подход с
линеаризацией

Reinforcement
learning

Это соглашение, по которому стороны обмениваются (возможно случайными) cashflow в некоторые моменты времени в будущем.



Кроме того бывает такое, что одна из сторон может закончить сделку по некоторым условиям в произвольный момент.

Что такое дериватив?

NN-based
pricing

УРМ

Что такое
дериватив?

Активное
обучение

Подход с
линеаризацией

Reinforcement
learning

В общем случае

$$\text{price} = \mathbb{E} \left(\sum \text{Cashflow}_t \mathcal{DF}(t) \right)$$

где \mathcal{DF} — дисконтфактор (возможно стохастический).
Таким образом, прайсинг может быть реализован с
помощью Монте Карло или биномиальной модели.

- ▶ Это сложно сделать для деривативов общего вида;
- ▶ Алгоритмы работают достаточно долго и часто не успевают оценивать целый портфель банка.

В идеале мы хотим получить следующую архитектуру инференса:

- ▶ Кроме цены дериватива модель предсказывает и свою уверенность в этой оценке (подобно тому, как устроен uncertainty в Gaussian Process Regressor);
- ▶ Таким образом, если модель уверена в своей оценке, то мы будем использовать ее цену;
- ▶ Если же неуверенность большая, то мы будем отправлять дериватив считаться алгоритмически и дообучать модель на этой точке.

Далее приведем возможный пример архитектуры самой модели.

Подход с линеаризацией

Мы можем разделить состояние рынка и сам контракт дериватива:

- ▶ Состояние рынка — различные форвардные кривые, волатильности etc (легко векторизуется);
- ▶ Дериватив — описание сделки, наиболее общо в json формате.

Можно попробовать сделать 2 модели:

$$\varphi : \text{Markets} \rightarrow \mathcal{M} = \mathbb{R}^n$$

$$\psi : \text{Derivatives} \rightarrow \mathcal{L} = \mathbb{R}^n$$

Оптимизируем модели

$$\int_{\text{Loans}} \int_{\text{Markets}} (\varphi(m) \cdot \psi^T(l) - \text{price}(m, l))^2 \, d\text{m} \, dl \rightarrow 0$$

Remark

Естественно мы считаем, что доступна некоторая (не очень быстрая) функция `price`, которая может прайсить любой дериватив на любом рынке алгоритмически.

Подход с линеаризацией

NN-based
pricing

УРМ

Что такое
дериватив?

Активное
обучение

Подход с
линеаризацией

Reinforcement
learning

- ▶ Необходимо исследовать, как доработать подход так, чтобы за φ и ψ стояли интерпретируемые понятия из финансовой математики — репликация сложного дериватива через линейную комбинацию более простых (отсюда и название этого подхода).
- ▶ Архитектура универсальна: ее можно сочетать с активным обучением и/или с рекуррентными моделями для эмбединга дериватива

Reinforcement learning

NN-based
pricing

УРМ

Что такое
дериватив?

Активное
обучение

Подход с
линеаризацией

Reinforcement
learning

В финансах хорошо известны два применения RL, однако они недоисследованы:

- ▶ Возможность досрочного погашения приводит к задаче оптимального управления: ее часто решают с помощью техник Монте Карло, но интересно решить более универсальным методом — RL;
- ▶ Управление транзакционными издержками также формулируется, как задача оптимального управления.

Remark

Для исследования этих подходов требуется более глубокое понимание финансовой математики.