

# Модификации градиентного бустинга

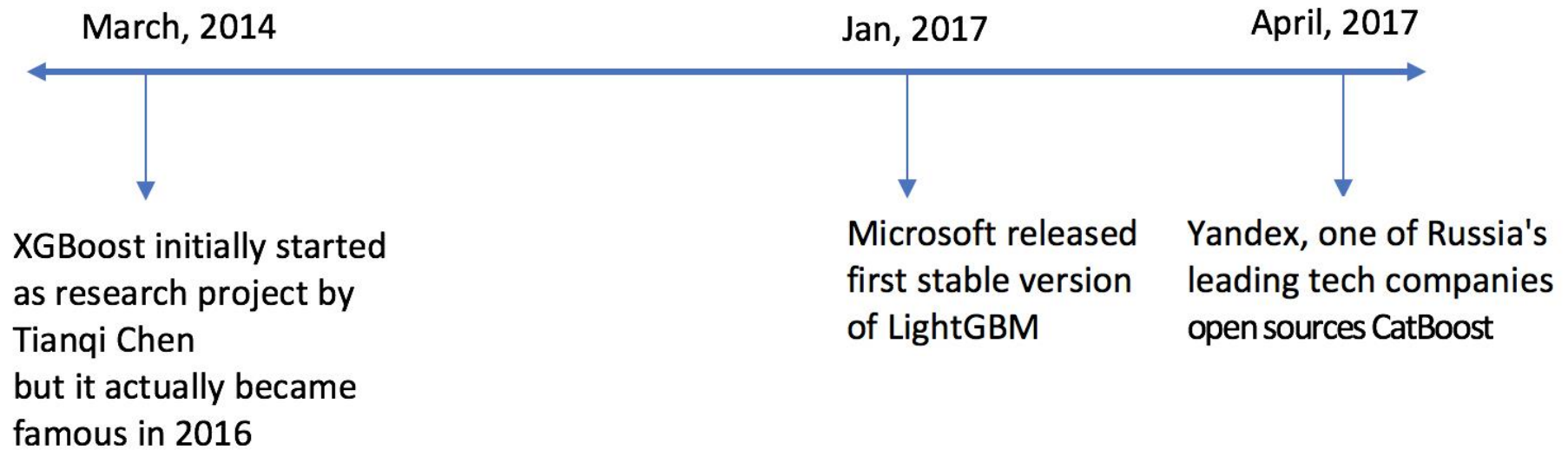
Кантонистова Е.О.

ВШЭ, 2021

# РЕАЛИЗАЦИИ ГРАДИЕНТНОГО БУСТИНГА

- Xgboost
- CatBoost
- LightGBM

# XGBOOST, LIGHTGBM, CATBOOST



- <https://github.com/dmlc/xgboost>
- <https://github.com/Microsoft/LightGBM>
- <https://towardsdatascience.com/catboost-vs-light-gbm-vs-xgboost-5f93620723db>

# XGBOOST (EXTREME GRADIENT BOOSTING)

- На каждом шаге градиентного бустинга решается задача

$$\sum_{i=1}^l (b(x_i) - s_i)^2 \rightarrow \min_b$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i=1}^l \left( -s_i b(x_i) + \frac{1}{2} b^2(x_i) \right)^2 \rightarrow \min_b$$

- На каждом шаге xgboost решается задача

$$\sum_{i=1}^l \left( -s_i b(x_i) + \frac{1}{2} h_i b^2(x_i) \right) + \gamma J + \frac{\lambda}{2} \sum_{j=1}^J b_j^2 \rightarrow \min_b, \quad (*)$$

$$h_i = \frac{\partial^2 L}{\partial z^2} \Big|_{a_{N-1}(x_i)}$$

# XGBOOST

$$\sum_{i=1}^l \left( -s_i b(x_i) + \frac{1}{2} h_i b^2(x_i) \right) + \gamma J + \frac{\lambda}{2} \sum_{j=1}^J b_j^2 \rightarrow \min_b$$

Основные особенности xgboost:

- базовый алгоритм приближает направление, посчитанное с учетом второй производной функции потерь
- функционал регуляризуется – добавляются штрафы за количество листьев и за норму коэффициентов
- при построении дерева используется критерий информативности, зависящий от оптимального вектора сдвига
- критерий останова при обучении дерева также зависит от оптимального сдвига

# CATBOOST

CatBoost – алгоритм, разработанный в Яндексе. Он является оптимизацией Xgboost и в отличие от Xgboost умеет обрабатывать категориальные признаки.

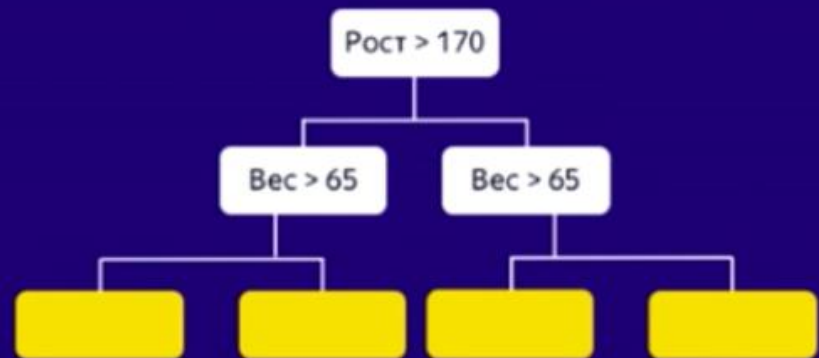
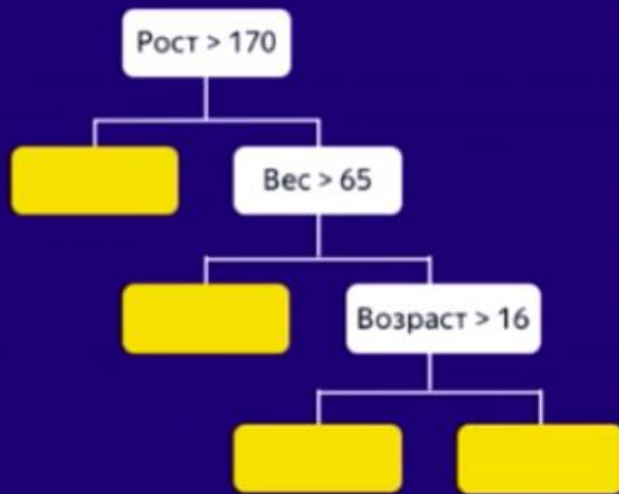
<https://github.com/catboost/catboost>

# CATBOOST

Особенности catboost:

- используются симметричные деревья решений

## Симметричные деревья



# CATBOOST

Особенности catboost:

- Для кодирования категориальных признаков используется набор методов (one-hot encoding, счётчики, комбинации признаков и др.)

## Статистики по категориальным факторам

- › One-hot кодирование
- › Статистики без использования таргета
- › Статистики по случайным перестановкам
- › Комбинации факторов

прошлое		SDE		1
		SDE		1
		SDE		0
		PR		
i		SDE		1
		PR		

$$i \rightarrow \frac{1+1+0}{3}$$

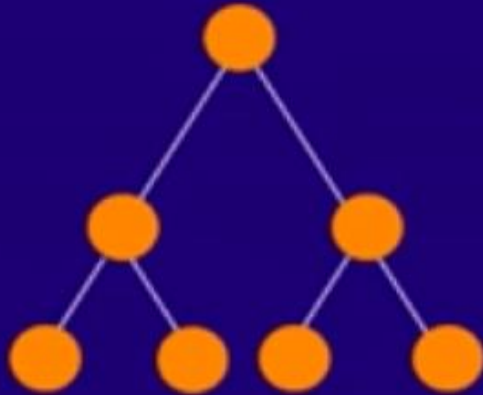


# CATBOOST

Особенности catboost:

- динамический бустинг

## Динамический бустинг



$$\text{leafValue}(\text{doc}) = \sum_{i=1}^{\text{doc}} \frac{g(\text{approx}(i), \text{target}(i))}{\text{docs in the past}}$$

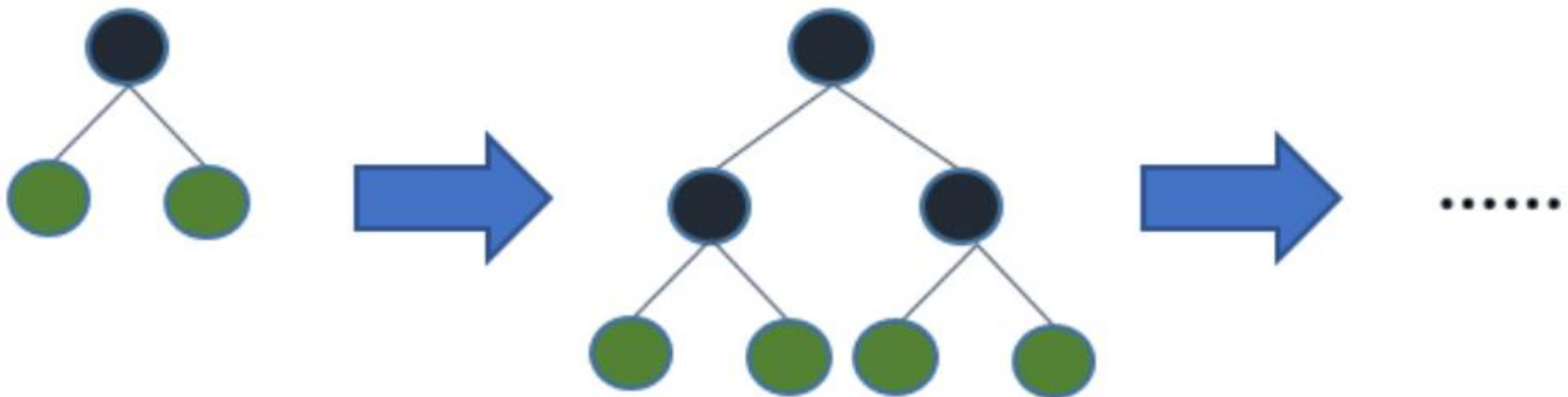
# CATBOOST

Бонусы реализации:

- Поддержка пропусков в данных
- Обучается быстрее, чем xgboost
- Показывает хороший результат даже без подбора параметров
- Удобные методы: проверка на переобученность, вычисление значений метрик, удобная кросс-валидация и др.

# LIGHTGBM

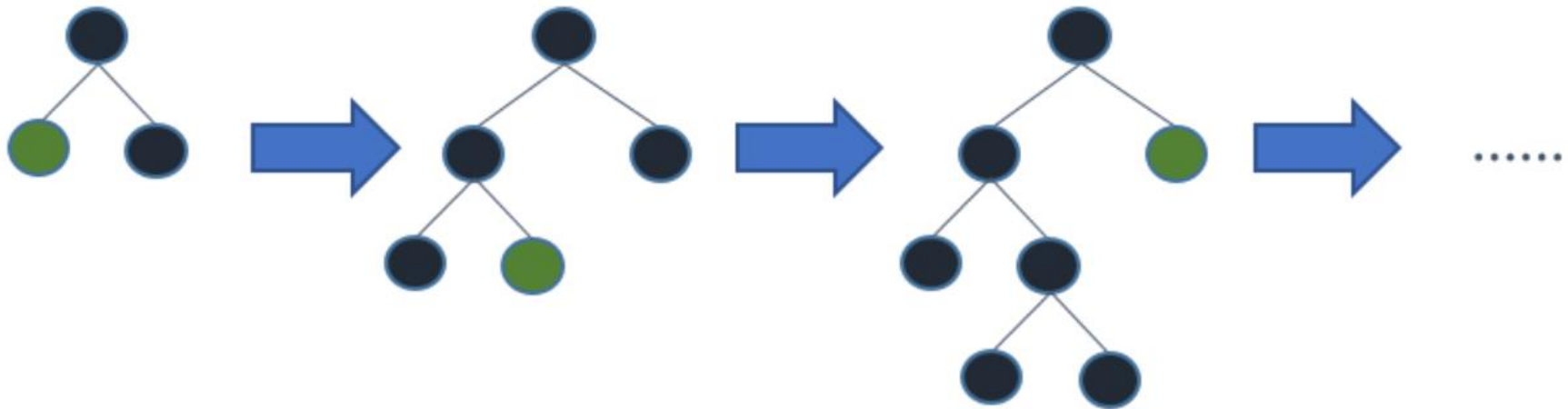
В других реализациях градиентного бустинга деревья строятся по уровням:



Level-wise tree growth

# LIGHTGBM

LightGBM строит деревья, добавляя на каждом шаге один лист:



Leaf-wise tree growth

Такой подход позволяет добиться более высокой точности решения задачи оптимизации.

# LIGHTGBM

Кодирование категориальных признаков.

- LightGBM разбивает значения категориального признака на два подмножества в каждой вершине дерева, находя при этом наилучшее разбиение
- Если категориальный признак имеет  $k$  различных значений, то возможных разбиений  $2^{k-1} - 1$ . В LightGBM реализован способ поиска оптимального разбиения за  $O(k \log k)$  операций.

# LIGHTGBM

Ускорение построения деревьев за счёт бинаризации признаков:

2	3	5	9	11	12	16
---	---	---	---	----	----	----



1	1	1	1	2	2	2
---	---	---	---	---	---	---

split

An example of how binning can reduce the number of splits to explore. The features must be sorted in advance for this method to be effective.