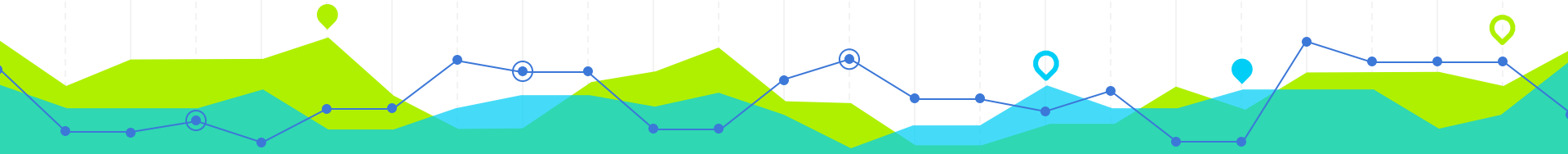
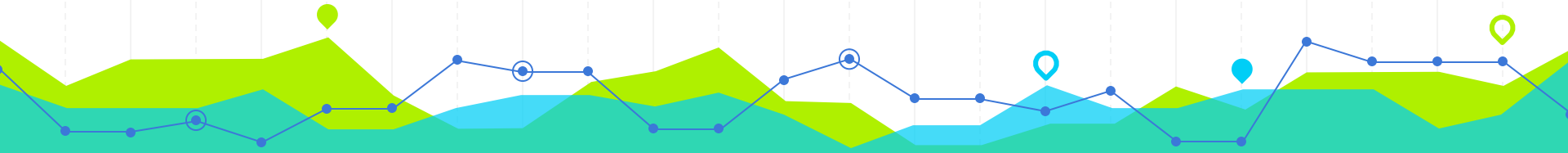


Прогнозирование попадания вагонов в текущий ремонт

Кирилл Захаров
4 курс, СПбГЭУ
Прикладная математика и информатика в экономике и управлении

Содержание работы

1. Анализ данных
2. Построение моделей
3. Сравнение результатов

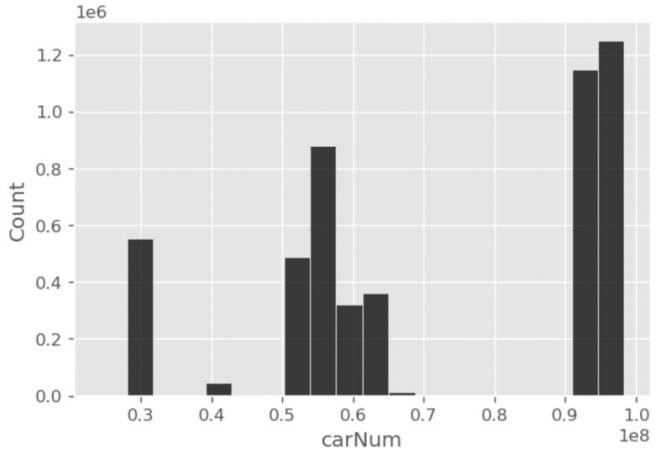


Анализ данных 1

Дислокации

- Номер вагона
- Дата дислокации (год, месяц, день, время)
- Код операции
- Код станции
- Код станции назначения
- Код груза
- Вес груза

Записи о вагонах



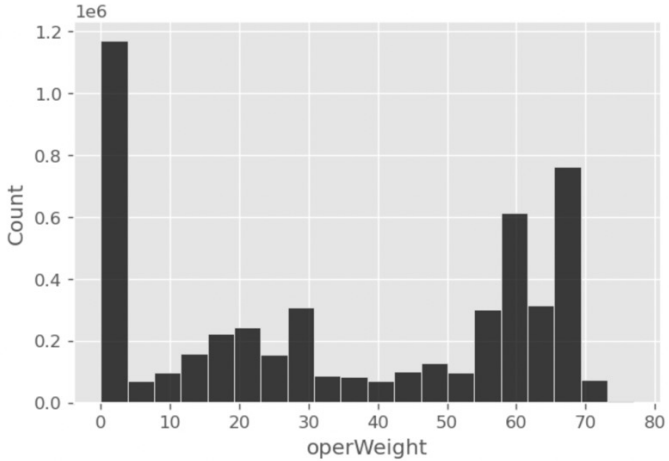
Основные коды операций: ОТПР, ПРИБ, РМНТ

Дислокации

Станции

```
18000    20617
85160    17820
3000     16537
30000    16534
85000    15872
         ...
40750        1
75400        1
38590        1
8000         1
38240        1
Name: operSt, Length: 6143,
```

Распределение весов



Перевозимый груз

```
00300    2266538
42103     237165
08118     224000
09111     167518
08103     158209
          ...
75772          1
51638          1
91118          1
51637          1
75420          1
Name: operCargo, Length: 536
```

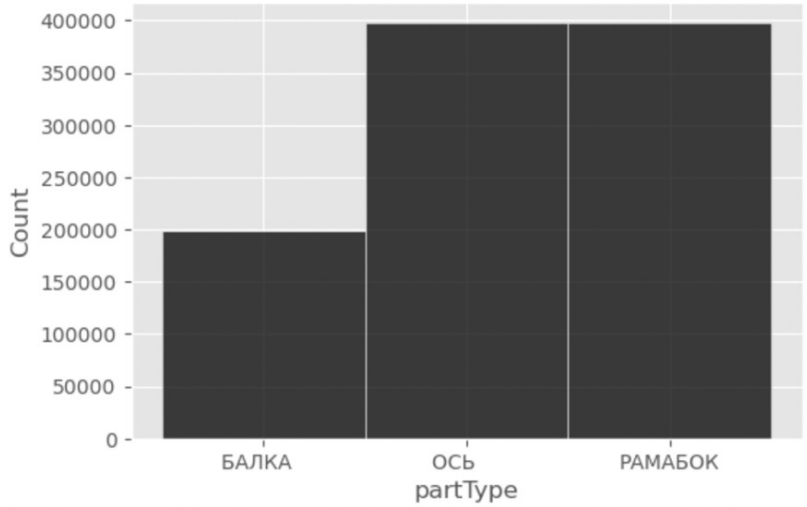
Ремонты

- Номер вагона
- Тип ремонта (текущий, деповской, капитальный)
- Дата начала ремонта
- Дата окончания ремонта
- Код депо
- Код железной дороги
- Название станции

Детали для ремонта вагонов

- Номер вагона
- Дата поступления вагона
- Деталь, которая заменяется
- Депо установки детали
- Дата установки детали
- Код депо установки детали
- Год производства детали
- Характеристики для «Осей»

Количество записей о деталях



Гребни

- Номер вагона
- Дата замера
- Толщина гребня каждой пары колес

axle1_rf	axle1_lf	axle2_rf	axle2_lf	axle3_rf	axle3_lf	axle4_rf	axle4_lf
27.8	25.6	26.9	27.1	27.3	25.7	27.1	25.8
26.7	29.7	28.8	28.5	26.0	26.6	26.4	29.5
28.2	27.3	27.1	29.8	23.9	27.1	29.3	26.9

Агрегация частей

	carNum	repBeginDate	repShop	partManufactureShop	partRimDepth	partFlangeDepth	partType_БАЛКА	partType_ОСЬ	partType_РАМАБОК
960	54239223	2019-09-01	321	14	NaN	NaN	0	0	1
961	54923073	2019-09-01	653	143	NaN	NaN	1	0	0
962	54923073	2019-09-01	653	143	NaN	NaN	1	0	0
963	54923073	2019-09-01	653	39	66.0	30.0	0	1	0
964	54923073	2019-09-01	653	29	67.0	30.0	0	1	0

	carNum	partType_БАЛКА	partType_ОСЬ	partType_РАМАБОК
0	28061943	4.0	8.0	8.0
1	28061950	4.0	8.0	8.0
2	28061968	4.0	8.0	8.0
3	28061976	4.0	8.0	8.0
4	28061984	8.0	16.0	16.0

Агрегация частей

Первый ремонт

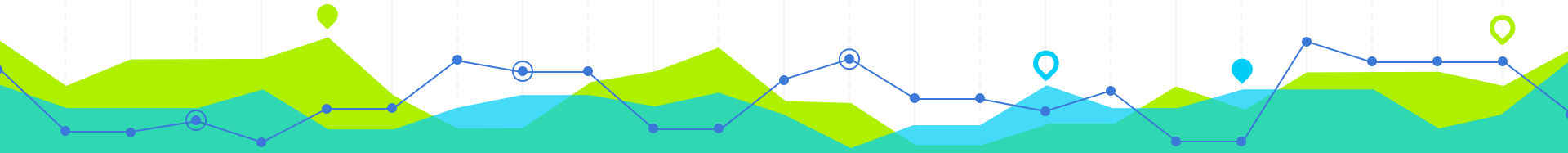
	carNum	repBeginDate	operCode	repStCode	operDestSt	operCargo	operWeight	repType	partRimDepth	partFlangeDepth	partType_БАЛКА	partType_ОСЬ	partType_РАМАБОК
3528	29344793	2018-06-23 21:43:00	ОТПР	29940.0	28410	42103	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3530	29344793	2018-06-23 22:12:00	ПРИБ	28000.0	28410	42103	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3533	29344793	2018-06-24 01:11:00	РМНТ	28000.0	28410	42103	0.0	1	18.4	12.0	2.0	4.0	4.0
3597	29344793	2018-06-27 20:24:00	ОТПР	28000.0	28410	42103	0.0	0	18.4	12.0	2.0	4.0	4.0
3598	29344793	2018-06-27 21:05:00	ОТПР	28100.0	28410	42103	0.0	0	18.4	12.0	2.0	4.0	4.0

Второй ремонт

	carNum	repBeginDate	operCode	repStCode	operDestSt	operCargo	operWeight	repType	partRimDepth	partFlangeDepth	partType_БАЛКА	partType_ОСЬ	partType_РАМАБОК
20316	29344793	2019-05-03 17:01:00	ОТПР	10170.0	10480	53103	0.0	0	18.4	12.0	2.0	4.0	4.0
20317	29344793	2019-05-03 17:35:00	ПРИБ	10080.0	10480	53103	0.0	0	18.4	12.0	2.0	4.0	4.0
20318	29344793	2019-05-03 19:12:00	РМНТ	10080.0	10480	53103	0.0	1	14.8	12.0	2.0	4.0	4.0
20429	29344793	2019-05-07 00:56:00	ОТПР	10080.0	10480	53103	0.0	0	14.8	12.0	2.0	4.0	4.0
20430	29344793	2019-05-07 02:28:00	ПРИБ	10480.0	10480	53103	0.0	0	14.8	12.0	2.0	4.0	4.0

Формирование единой таблицы данных

- Номер вагона
- Дата дислокации
- Код дислокации
- Код станции назначения
- Код груза
- Вес груза
- Глубина обода
- Ширина гребня (после последнего ремонта)
- Количество деталей по типу («Рамабок», «Ось», «Балка»)
- Ширина гребня (в текущий момент времени)



Построение моделей

2

Модели

1. Logistic Regression
2. Random Forest
3. Gradient Boosting
4. AdaBoost based on Random Forest
5. Ensemble 1 (LR, RF, GB)
6. Cat Boost
7. Ensemble 2 (LR, ABRF, CB)

Метрики

- Recall $$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$
- Precision $$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$
- F1-score $$F1 = 2\frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$
- F-beta score $$F\text{-}beta = (1 + \beta^2)\frac{Precision * Recall}{\beta^2 Precision + Recall}$$
- Macro average $$macro\text{-}average = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$
- Weighted average $$weighted\text{-}average = \frac{\alpha_1 * \#1 + \alpha_2 * \#2}{\#1 + \#2}$$

Logistic Regression

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	0.83	0.91	739262
1	0.01	0.85	0.02	1210
accuracy			0.83	740472
macro avg	0.50	0.84	0.46	740472
weighted avg	1.00	0.83	0.90	740472

	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	[[611451	127811]
Actual 1	[184	1026]]

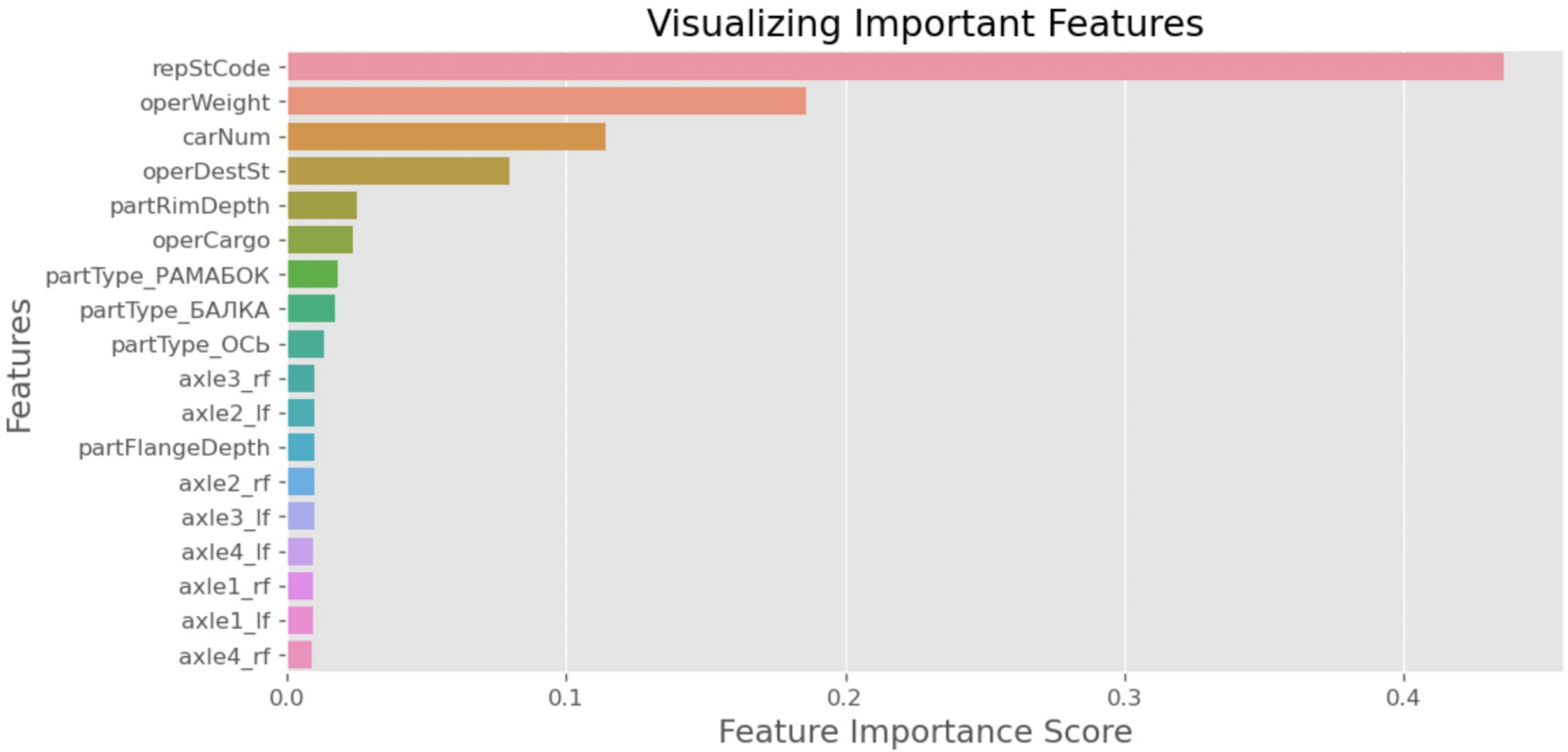
Random Forest

Деревьев: 400
Глубина: 10

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	0.97	0.98	739262
1	0.04	0.84	0.08	1210
accuracy			0.97	740472
macro avg	0.52	0.90	0.53	740472
weighted avg	1.00	0.97	0.98	740472

	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	[[716550	22712]
Actual 1	[193	1017]]

Random Forest



Gradient Boosting

Деревьев: 100
Глубина: 3
lr: 0.1

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	739262
1	0.53	0.38	0.44	1210
accuracy			1.00	740472
macro avg	0.76	0.69	0.72	740472
weighted avg	1.00	1.00	1.00	740472

	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	[[738851	411]
Actual 1	[755	455]]

Ada Boost based on Random Forest

Деревьев: 50
Глубина: 10
n_esimators: 10

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	0.99	1.00	739262
1	0.12	0.71	0.21	1210
accuracy			0.99	740472
macro avg	0.56	0.85	0.60	740472
weighted avg	1.00	0.99	0.99	740472

	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	[[733177	6085]
Actual 1	[353	857]]

Ensemble 1 (LR+RF+GB)

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	0.99	0.99	739262
1	0.08	0.71	0.15	1210
accuracy			0.99	740472
macro avg	0.54	0.85	0.57	740472
weighted avg	1.00	0.99	0.99	740472

	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	729770	9492
Actual 1	345	865

Cat Boost

iterations: 100
Глубина: 15
lr: 0.1

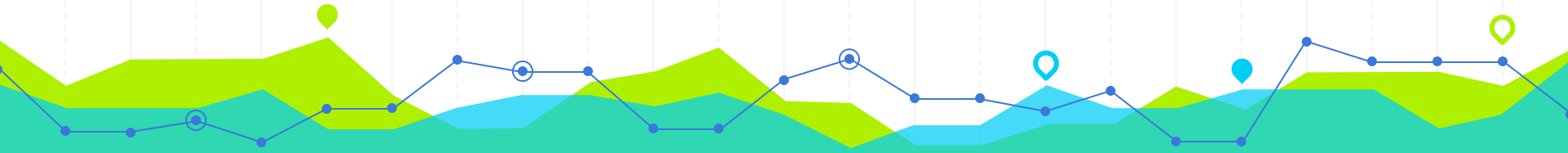
	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	739262
1	1.00	0.38	0.55	1210
accuracy			1.00	740472
macro avg	1.00	0.69	0.77	740472
weighted avg	1.00	1.00	1.00	740472

	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	[[739260	2]
Actual 1	[751	459]]

Ensemble 2 (LR+ABRF+CB)

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	739262
1	0.21	0.60	0.31	1210
accuracy			1.00	740472
macro avg	0.61	0.80	0.66	740472
weighted avg	1.00	1.00	1.00	740472

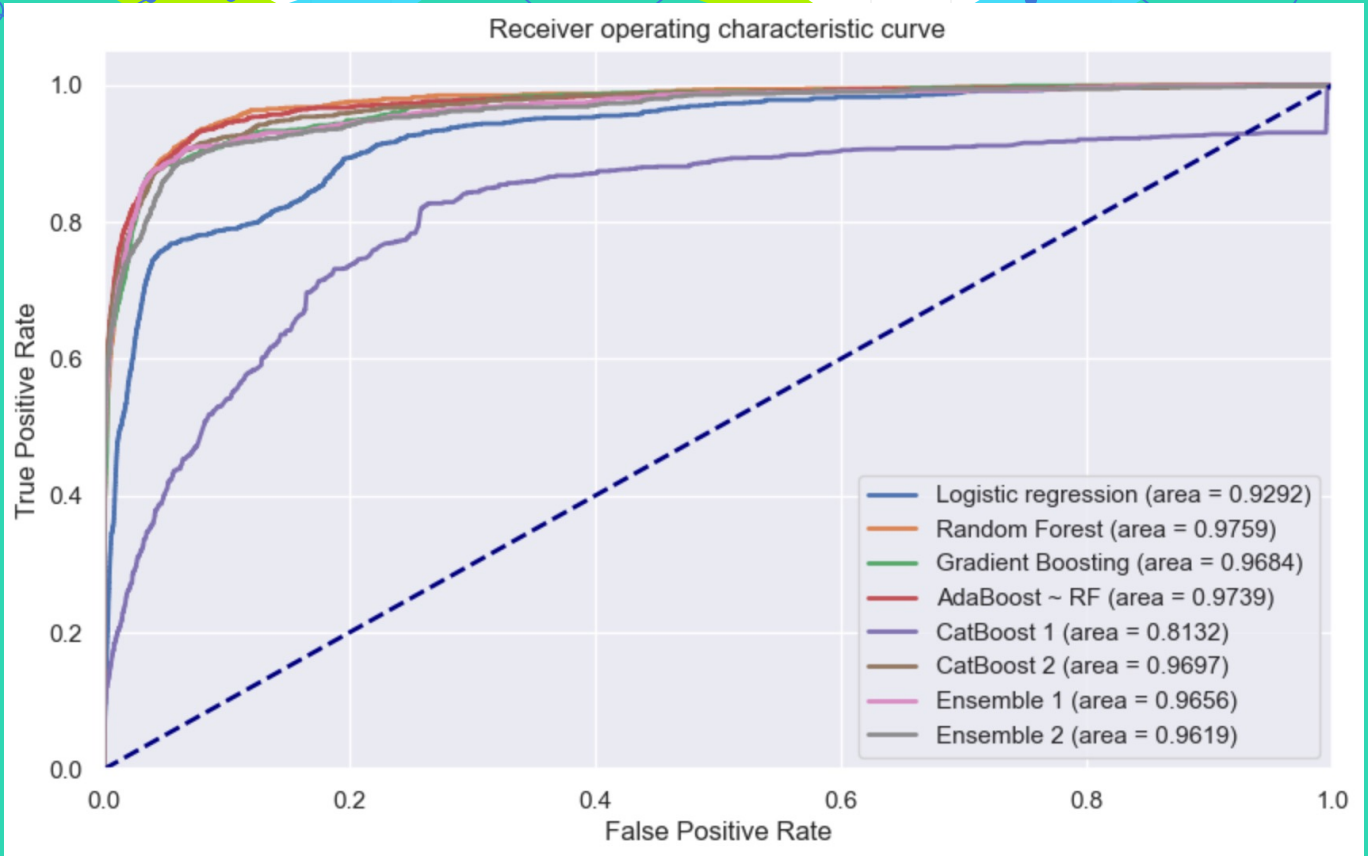
	Predicted 0	Predicted 1
Actual 0	[[736569	2693]
Actual 1	[485	725]]



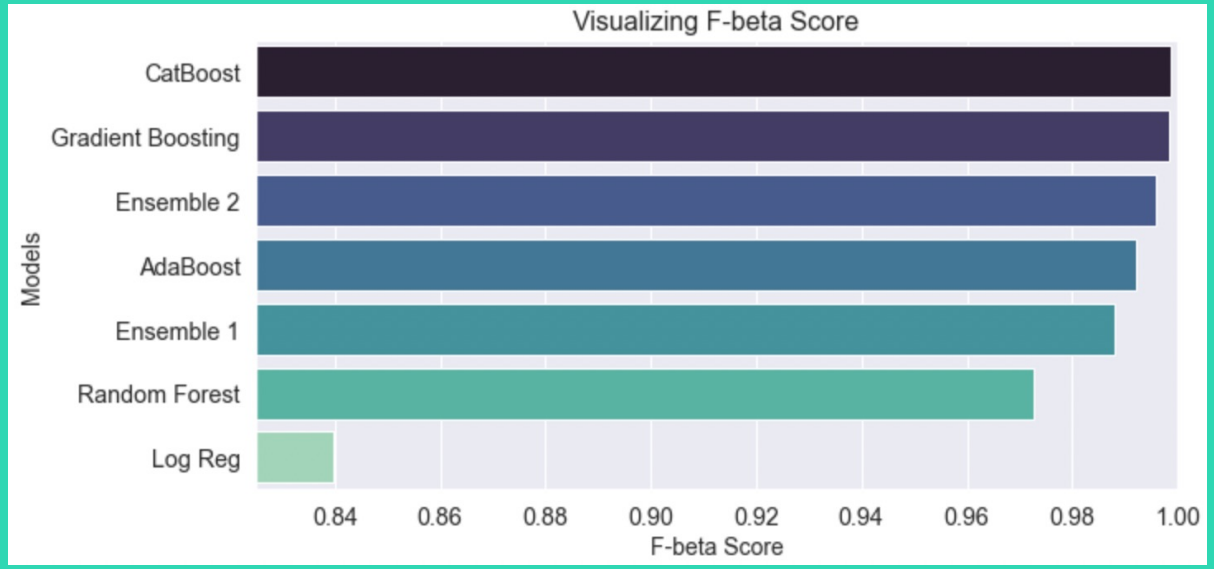
Сравнение результатов

3

ROC curves и AUC scores



F-beta score



CatBoost	0.998868
Gradient Boosting	0.998370
Ensemble 2	0.995921
AdaBoost	0.992203
Ensemble 1	0.987908
Random Forest	0.972629
Log Reg	0.839676

Сравнение по всем метрикам

Модели	Precision	Recall	F1	F-beta	macro avg (R)	weighted avg (R)	auc
LR	0.01	0.85	0.02	0.8396	0.84	0.83	0.929
RF	0.04	0.84	0.08	0.9726	0.90	0.97	0.975
GB	0.53	0.38	0.44	0.9883	0.69	1	0.968
ADRF	0.12	0.71	0.21	0.9922	0.85	0.99	0.973
E1	0.08	0.71	0.15	0.9879	0.86	0.99	0.965
CB	1	0.38	0.55	0.9988	0.69	1	0.969
E2	0.21	0.60	0.31	0.9959	0.8	1	0.962

Прогнозирование вероятностей

carNum	Station	Probability	Actual
28061984	27200.0	0.320125	0
	76610.0	0.324074	0
	27373.0	0.192203	0
	26700.0	0.236876	0
	27230.0	0.202894	0
...	...	...	...
98077332	83283.0	0.242398	0
	23060.0	0.444396	0
	25823.0	0.258210	0
	79040.0	0.318437	0
	25442.0	0.248559	0

carNum	Station	Probability	Actual
28061984	27200.0	0.320125	0
	76610.0	0.324074	0
	27373.0	0.192203	0
	26700.0	0.236876	0
	27230.0	0.202894	0
	76060.0	0.286568	0
	64000.0	0.817927	1
	26720.0	0.181641	0
	27144.0	0.194322	0
	27140.0	0.178632	0
	26600.0	0.219815	0
	26770.0	0.235186	0
	27230.0	0.331121	0
	24580.0	0.217399	0

Спасибо за внимание!