

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ **ВАЖНОСТИ ПРЕДИКТОРОВ** НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СОБЫТИЙ В КАРДИОХИРУРГИИ

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта FZNS-2023-0010
Госзадания Дальневосточного федерального университета (ДВФУ)



Российская ассоциация
искусственного
интеллекта

КИИ-2025

ШАХГЕЛЬДЯН К.И.,

д-р техн. наук, профессор,
директор научно-образовательного
центра “Искусственный Интеллект”
carinashakh@gmail.com

ПОТАПЕНКО Б.В.

аспирант
bvpotapenko@gmail.com

Можно ли доверять ИИ в клинической медицине?



Широкое применение ИИ

Системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) активно внедряются в здравоохранение



Черный ящик

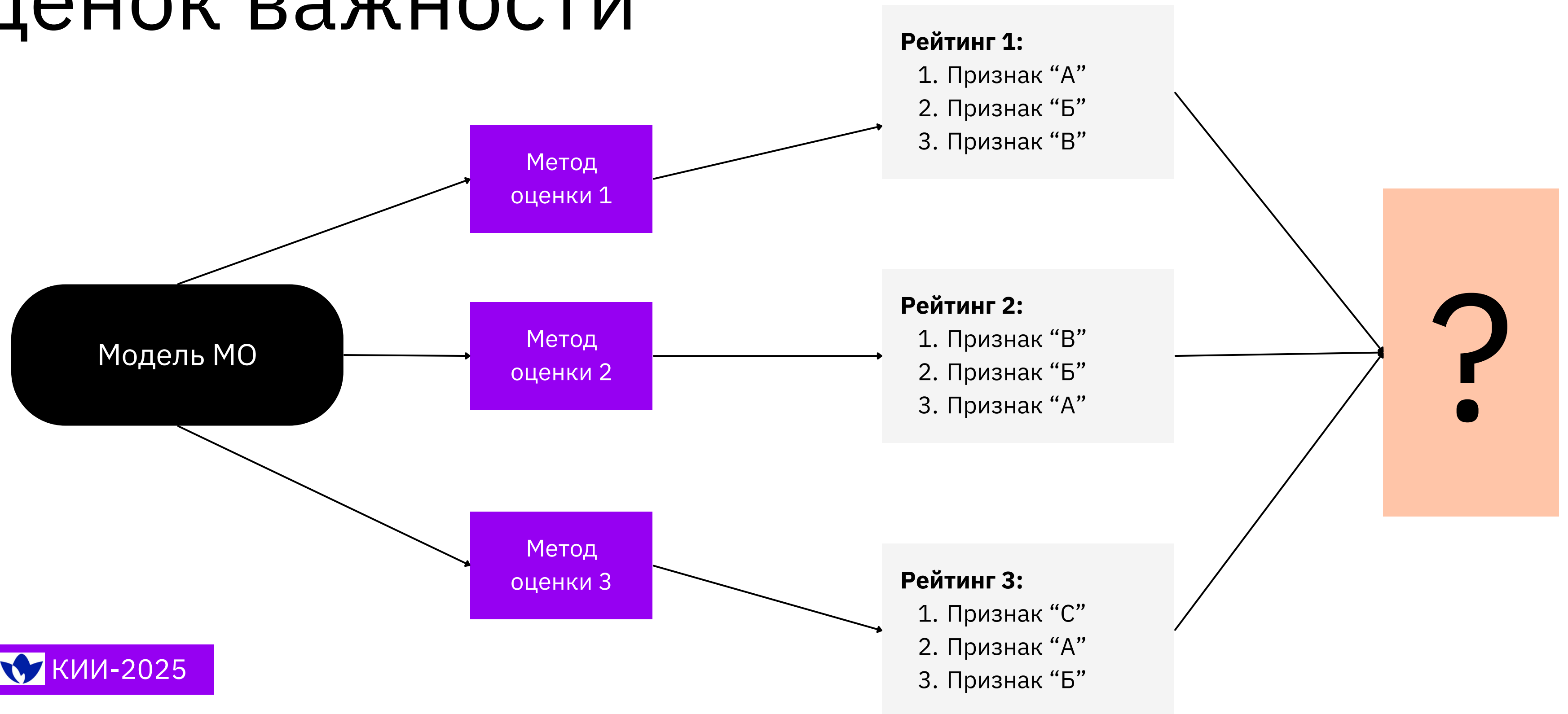
Сложность моделей МО ограничивает их применимость.

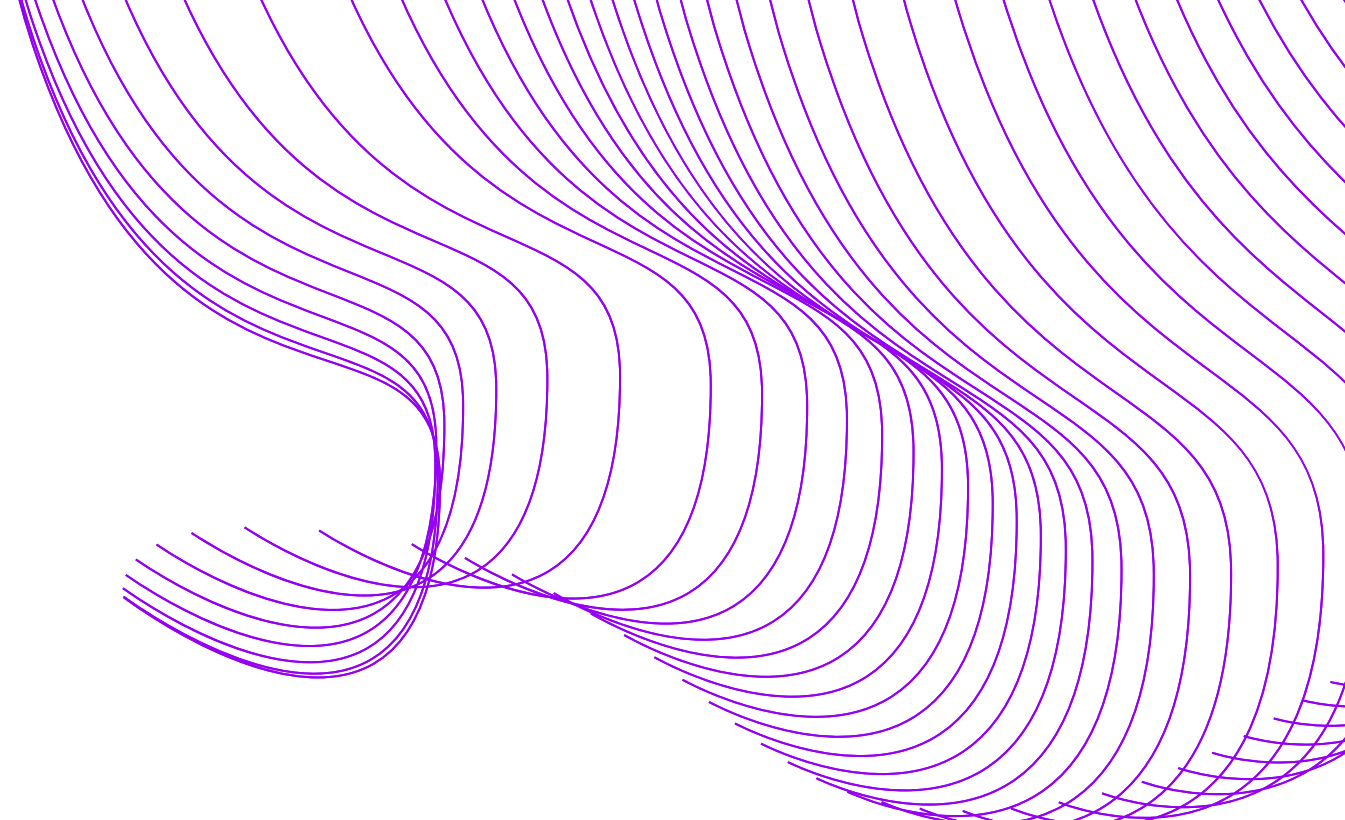


Потребность в объяснениях

Для клинической медицины критически важны объяснения решений, генерируемых моделями МО

Противоречивость оценок важности





Материалы и методы

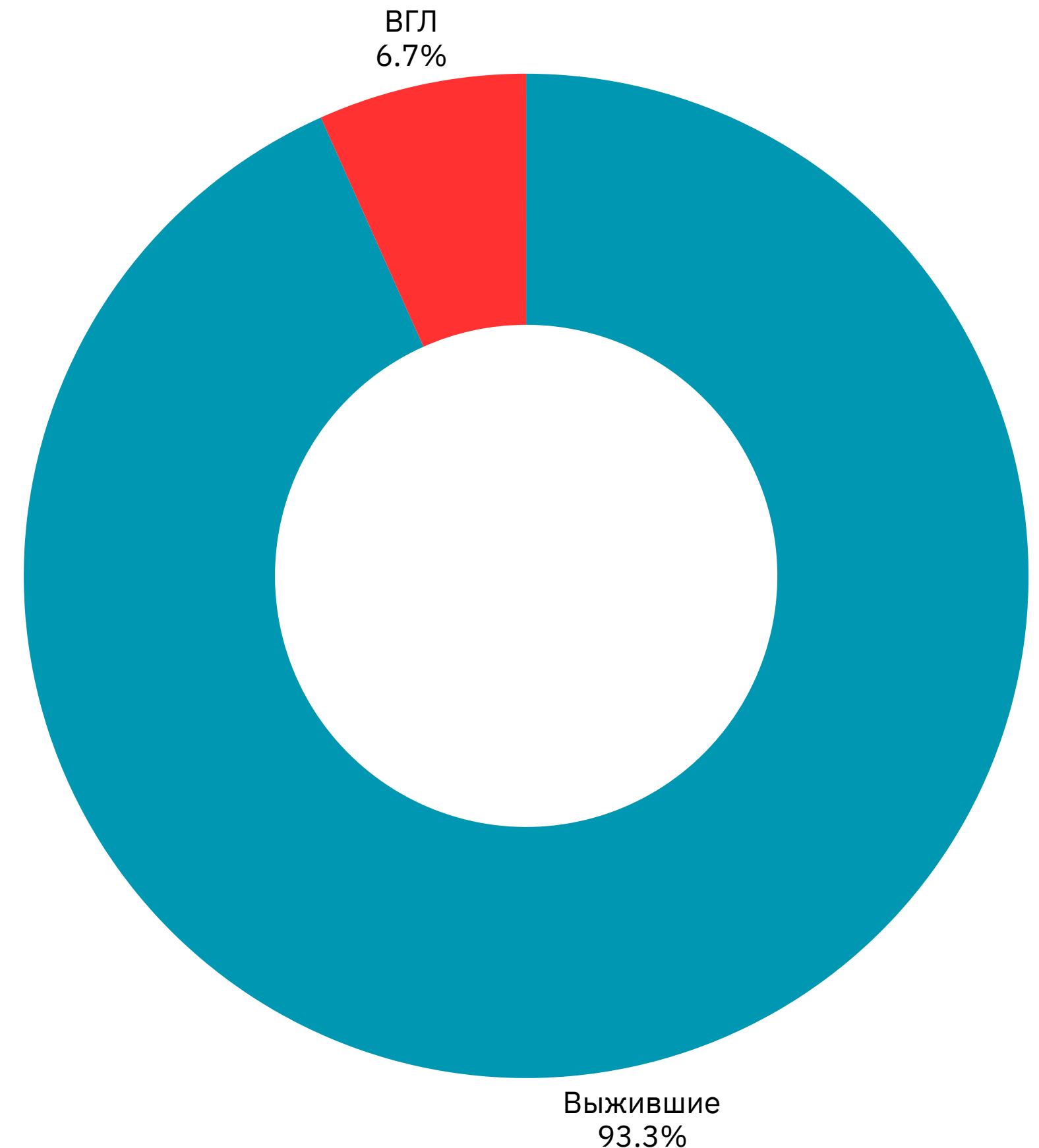
Датасет, предикторы и дизайн исследования

Датасет

Данные пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST) после операции чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ).

- Период: 2016 – 2022 гг.
- Объем выборки: 4668 пациентов.
- Целевая переменная:
Внутригоспитальная летальность (ВГЛ) - 313 случаев (6.7%).

Соотношение выживших пациентов и группы ВГЛ



Методы оценки важности

Статистические тесты

- t-тест Стьюдента
- U-тест Манна-Уитни
- χ^2 -тест

Модель-зависимые методы:

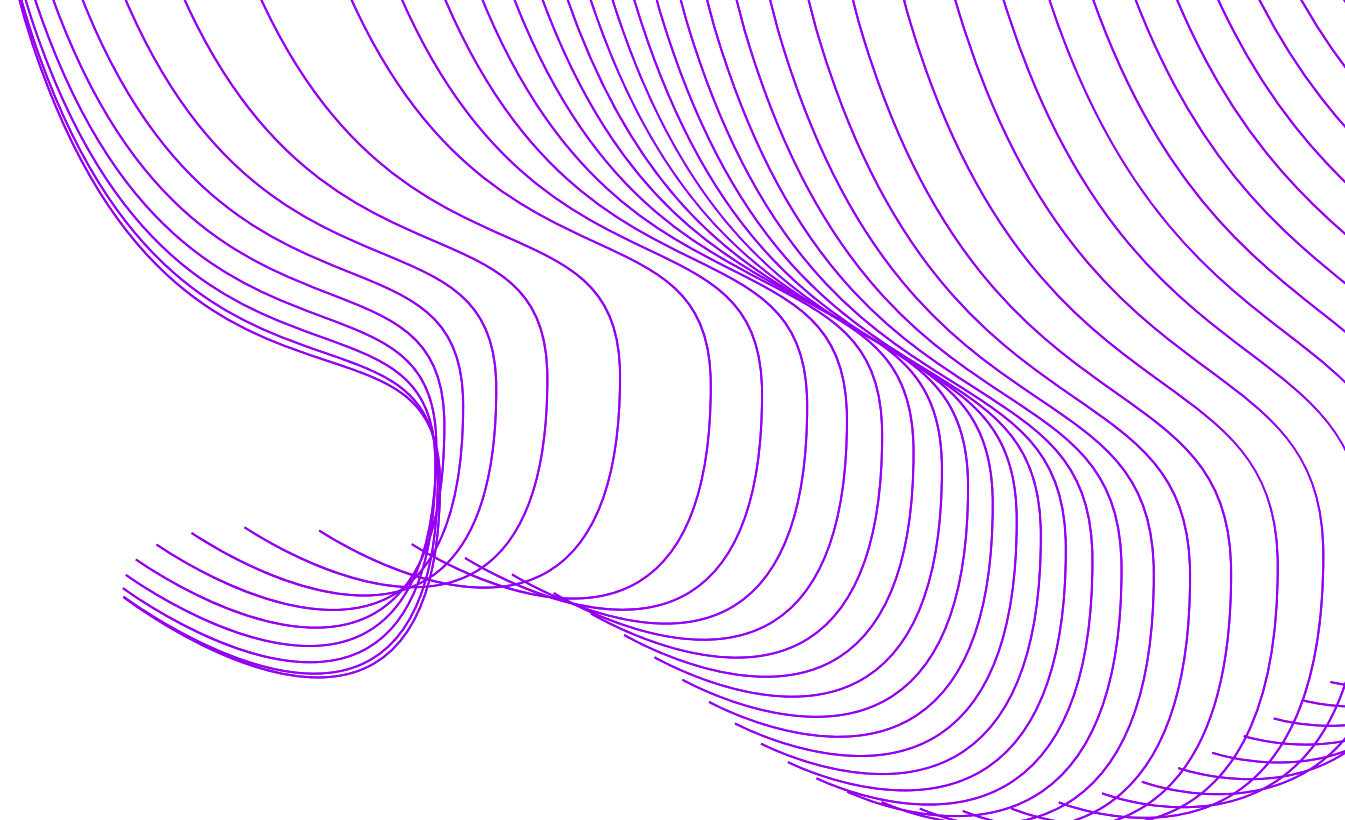
- Логистическая регрессия
- Случайный лес
- Градиентный бустинг (CatBoost, XGB)

Модель-независимые методы:

- Метод перестановок
- Метод аддитивного объяснения (SHAP)
- Собственный подход на оценке AUC

Качество моделей

	Модель	ROC-AUC	Threshold	F2	F1	F0.5
1	Logistic Regression	0.89	0.64	0.56	0.39	0.31
2	Random Forest	0.89	0.36	0.48	0.29	0.21
3	CatBoost	0.87	0.69	0.53	0.41	0.34
4	XGBoost	0.88	0.41	0.48	0.29	0.22
5	Neural Network	0.86	0.55	0.57	0.41	0.32



Результаты

Сравнение рангов важности предикторов

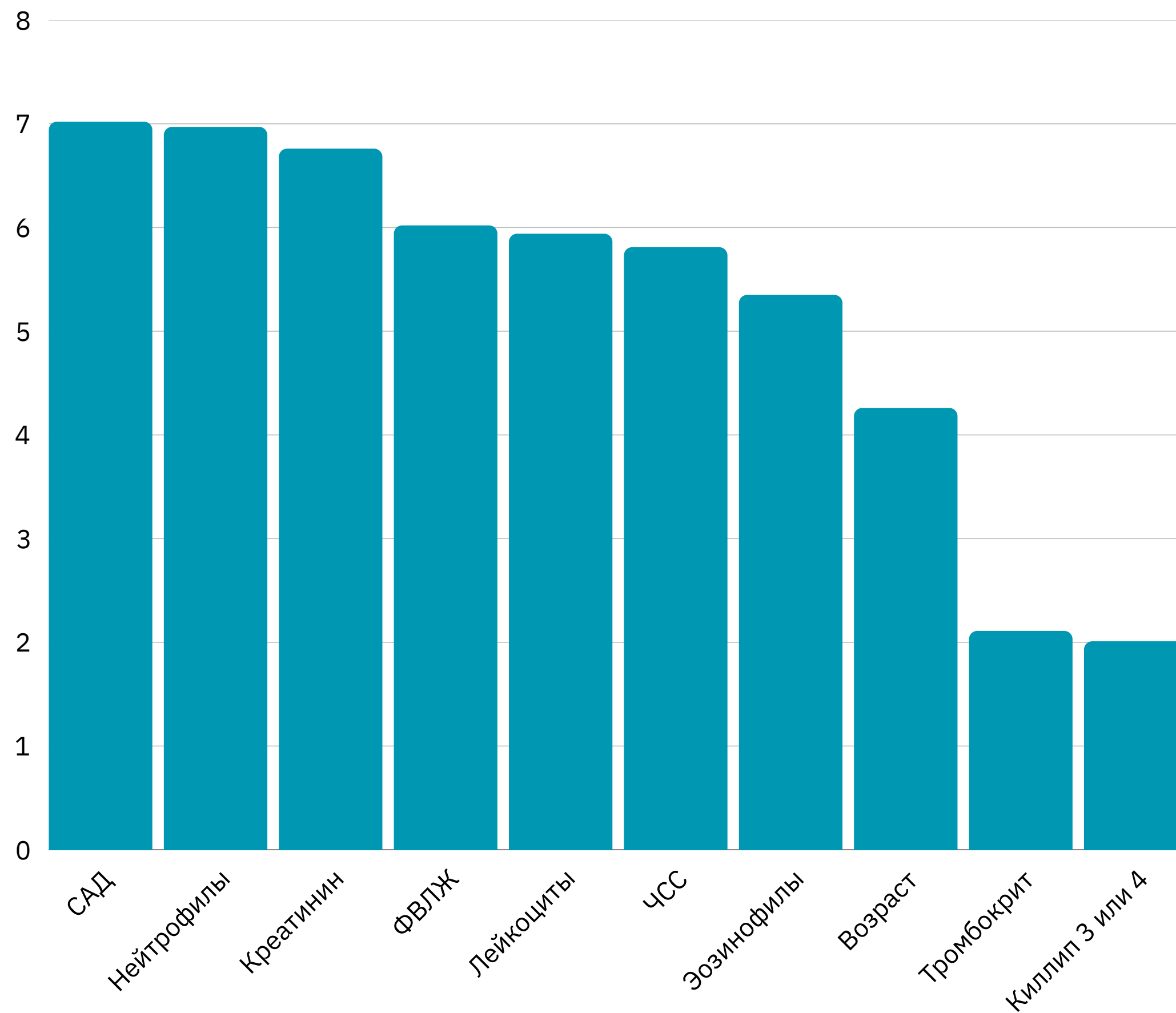
Статистики межгрупповых сравнений статистическими тестами

Относительные ранги t-test и U-test были получены с помощью min-max нормализации.

Предикторы	t-test rank	t-test p-value	U-test rank (effect size r)	U-test p-value
Возраст	0.57	2.676e-37	0.72	6.271E-35
ЧСС	0.77	7.162e-55	0.68	5.567E-32
САД	0.84	1.516e-61	0.75	2.342E-37
Креатинин	1.00	9.353e-79	0.72	1.532E-34
ФВЛЖ	0.85	4.705e-63	0.74	5.185E-35
Лейкоциты	0.89	1.759e-66	0.70	4.184E-33
Нейтрофилы	0.84	4.162e-61	1.00	2.622E-55
Эозинофилы	0.30	6.130e-19	0.88	1.082E-44
Тромбоцит	0.00	5.603e-06	0.00	5.707E-03

Для категориального признака (“Киллип 3 или 4”) вычислили значения χ^2 :
p-value = **5.699e-80**

Коэффициенты однофакторной логистической регрессии



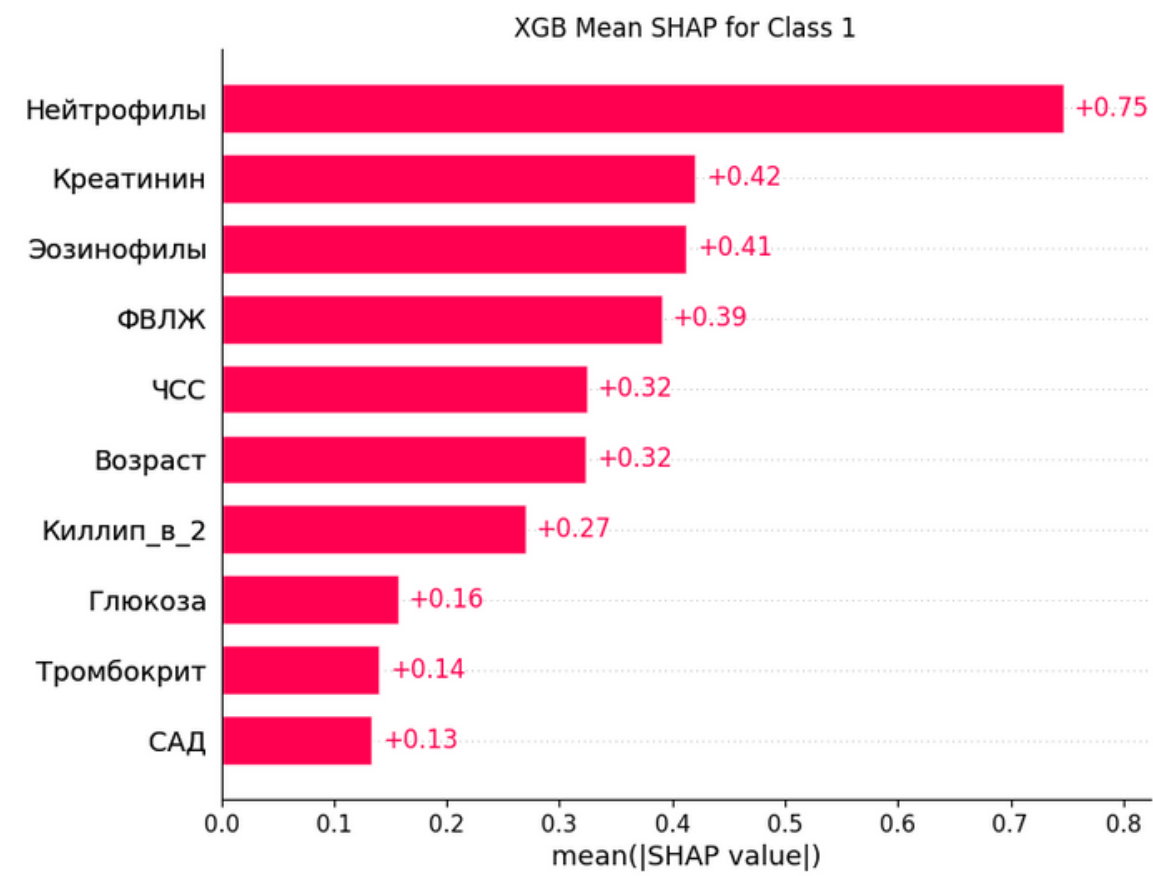
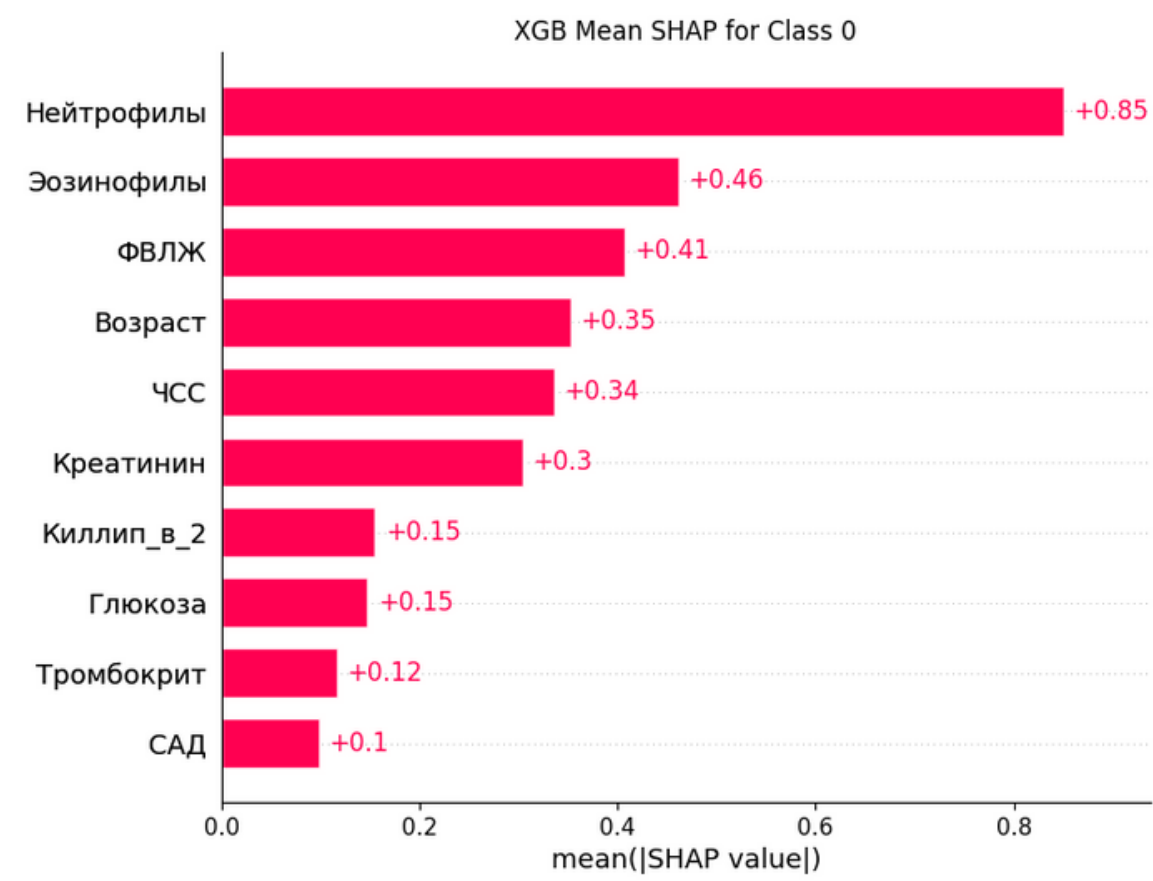
КИИ-2025

Многофакторные модели машинного обучения

Для обеспечения сопоставимости между моделями значения важности признаков были нормализованы в диапазон [0;1] с помощью min-max преобразования

Предикторы	Относительная важность для моделей			
	MLR	RF	СВ	XGB
Возраст	0.278	0.197	0.634	0.045
Киллип 3 или 4	0	0.111	0.136	0.287
ЧСС	0.304	0.14	0.248	0.003
САД	0.183	0.05	0	0
Креатинин	1	0.518	0.441	0.088
ФВЛЖ	0.379	0.47	0.49	0.267
Лейкоциты	0.239	0.143	0.065	0.019
Нейтрофилы	0.374	1	1	1
Эозинофилы	0.178	0.782	0.873	0.377
Тромбоцит	0.227	0	0.009	0.008

Глобальная оценка SHAP для **положительного** класса



Предикторы	MLR	RF	СВ	XGB	NN
Возраст	0.52	0.04	0.35	0.32	0.06
Киллип 3 или 4	0.32	0.04	0.35	0.27	0.03
ЧСС	0.61	0.04	0.39	0.32	0.03
САД	0.24	0.02	0.14	0.13	0.02
Креатинин	0.38	0.07	0.46	0.42	0.01
ФВЛЖ	0.64	0.06	0.48	0.39	0.02
Лейкоциты	0.29	0.03	0.18	0.16	0.04
Нейтрофилы	0.72	0.11	0.54	0.75	0.12
Эозинофилы	0.13	0.09	0.41	0.41	0.13
Тромбокрит	0.24	0.01	0.13	0.14	0.01

Важность на основе метода перестановок

На оценке
изменения метрики
ROC-AUC

Предикторы	MLR	RF	СВ	XGB	NN
Возраст	0.03	0.014	0.02	0.023	0.035
Киллип 3 или 4	0.001	0.004	0.001	0.001	0.002
ЧСС	0.022	0.016	0.02	0.017	0.035
САД	0.005	0.003	0.004	0.002	0
Креатинин	0.016	0.022	0.02	0.014	0.019
ФВЛЖ	0.011	0.009	0.011	0.014	0.021
Лейкоциты	0.01	0.006	0.003	0.002	0.022
Нейтрофилы	0.026	0.037	0.024	0.057	0.1
Эозинофилы	0.004	0.023	0.015	0.023	0.079
Тромбоцит	0.001	0	-0.001	0	-0.003



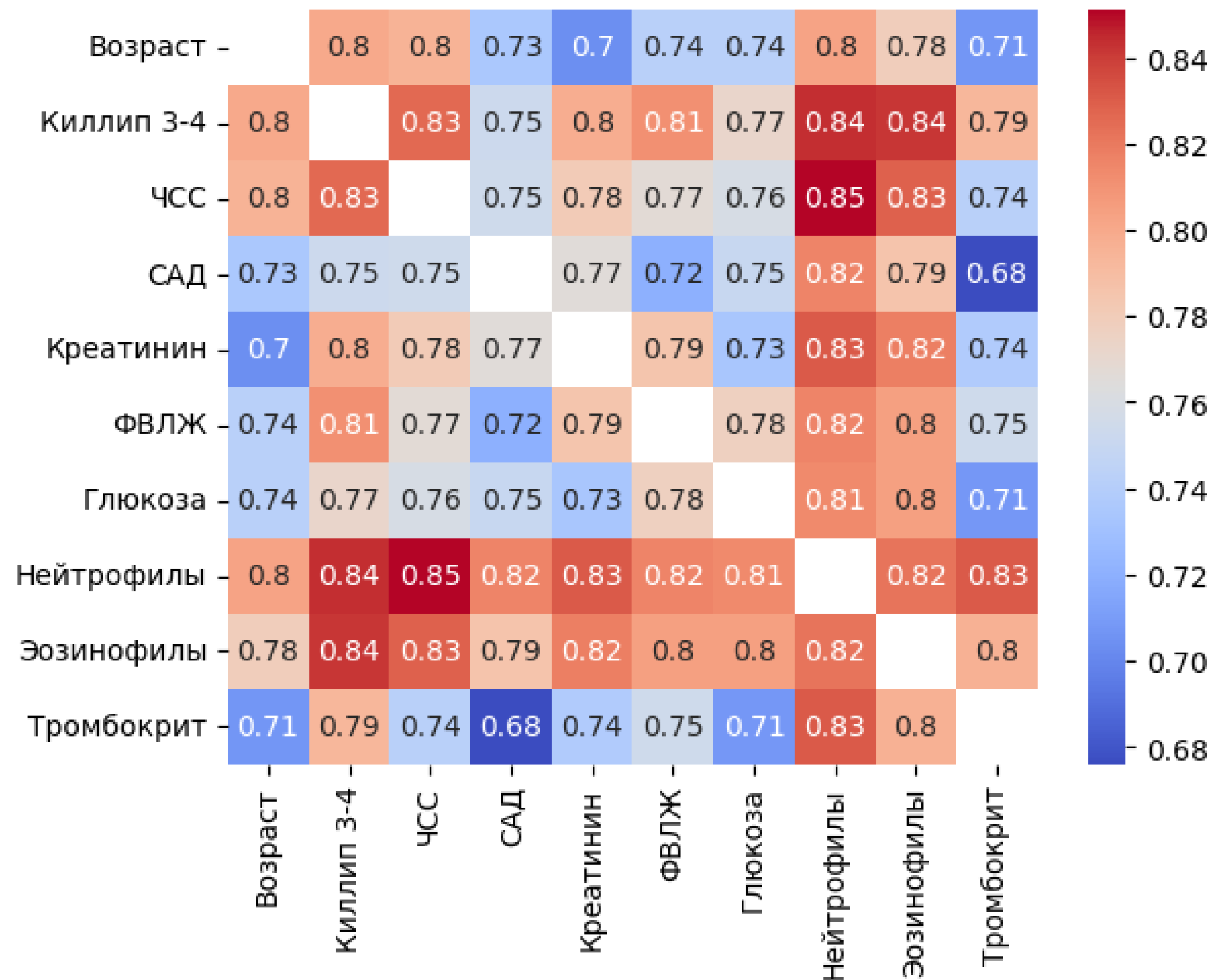
Важность на основе оценки изменения AUC

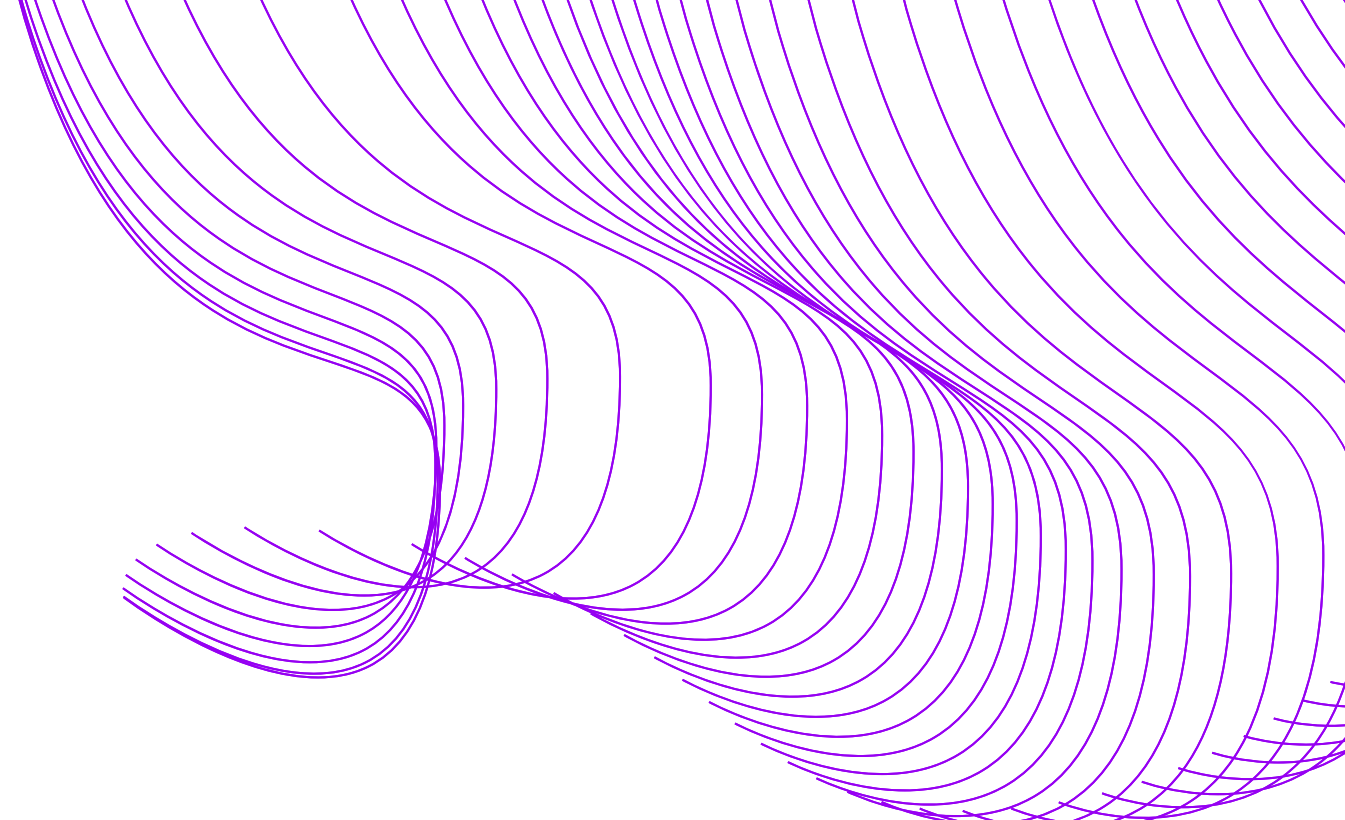
Оценка AUC на комбинациях
признаков для модели
CatBoost

Признак		База 10 AUC	9 признаков		2 признака			Итог сумма
			Без признак а	10-9 дельта	Срдн. с прзн.	Срдн. без	Дельта	
1	Возраст	0.871	0.873	-0.0019	0.756	0.785	-0.029	-0.0309
2	Киллип_в_2		0.871	0.0001	0.804	0.773	0.031	0.0311
3	ЧСС		0.864	0.0071	0.789	0.777	0.012	0.0191
4	САД		0.872	-0.0009	0.751	0.787	-0.036	-0.0369
5	Креатинин		0.865	0.0061	0.773	0.781	-0.008	-0.0019
6	ФВЛЖ		0.883	-0.0119	0.775	0.781	-0.005	-0.0169
7	Глюкоза		0.875	-0.0039	0.762	0.784	-0.022	-0.0259
8	Нейтрофилы		0.877	-0.0059	0.825	0.768	0.057	0.0511
9	Эозинофилы		0.859	0.0121	0.809	0.772	0.037	0.0491
10	Тромбоцит		0.873	-0.0019	0.75	0.787	-0.037	-0.0389

Важность на основе оценки изменения AUC

Оценка AUC на парах
признаков для модели
CatBoost





Обсуждение

Сравнение рангов важности предикторов

Обобщенный ранг важности предикторов + AUC

Предикторы	Стат.	LR	MLR	Ансамбли (RF/CB/XGB)	SHAP (RF/CB/XGB)	Перестан овки (XGB)	AUC МЛР	AUC СВ
Возраст	8	8	5	5 / 3 / 6	5 / 6 / 6	3	7	8
Киллип 3 или 4	1	10	10	8 / 7 / 3	6 / 7 / 7	9	2	3
ЧСС	7	5	4	7 / 6 / 9	7 / 5 / 5	4	3	4
САД	5	1	8	9 / 10 / 10	9 / 9 / 10	7	9	9
Креатинин	2	3	1	3 / 5 / 5	3 / 3 / 2	5	4	5
ФВЛЖ	4	6	2	4 / 4 / 4	4 / 2 / 4	6	6	6
Лейкоциты	3	4	6	6 / 8 / 7	8 / 8 / 8	8	8	7
Нейтрофилы	6	2	3	1 / 1 / 1	1 / 1 / 1	1	1	1
Эозинофилы	9	7	9	2 / 2 / 2	2 / 4 / 3	2	5	2
Тромбоцит	10	9	7	10 / 9 / 8	10 / 10 / 9	10	10	10



Руководитель

ШАХГЕЛЬДЯН К.И.,
д-р техн. наук, профессор,

carinashakh@gmail.com

Аспирант

ПОТАПЕНКО Б.В.

bvpotapenko@gmail.com

Спасибо!