Прогнозирование движения объектов с применением графа трехмерной сцены

Трунова А.М.
ttrunovaa@gmail.com

Центр когнитивного моделирования МФТИ

2025 – Научно-исследовательская работа





Мотивация

Современные **автономные системы**, включая беспилотные автомобили, роботов-манипуляторов и промышленные автоматизированные платформы, требуют не только точного восприятия окружающего мира, но и способности предсказывать его изменения. Умение моделировать будущее состояние сцены позволяет таким системам **принимать упреждающие решения**, снижая вероятность аварийных ситуаций и повышая эффективность их работы, **эффективно планировать траектории движения**, учитывая возможные изменения сцены в будущем.

Цель исследования

Разработать эффективный метод предсказания будущего состояния сцены на основе графового представления объектов и их взаимодействий.

Постановка задачи

Пусть имеется последовательность наблюдений сцены во времени, представимая как $G_0, G_1, \ldots, G_t$, где:

- $G_t = (V_t, E_t)$ — граф сцены в момент времени t;
- V_t — множество объектов в момент времени t;
- E_t — множество связей между объектами, присутствующих в момент времени t.

Необходимо спрогнозировать граф сцены в момент $t + \delta$. То есть построить отображение $F : (G_0, \ldots, G_t) \to \hat{G}_{t+\delta}$, которое приближает истинную эволюцию $G_{t+\delta}$.

Задачи

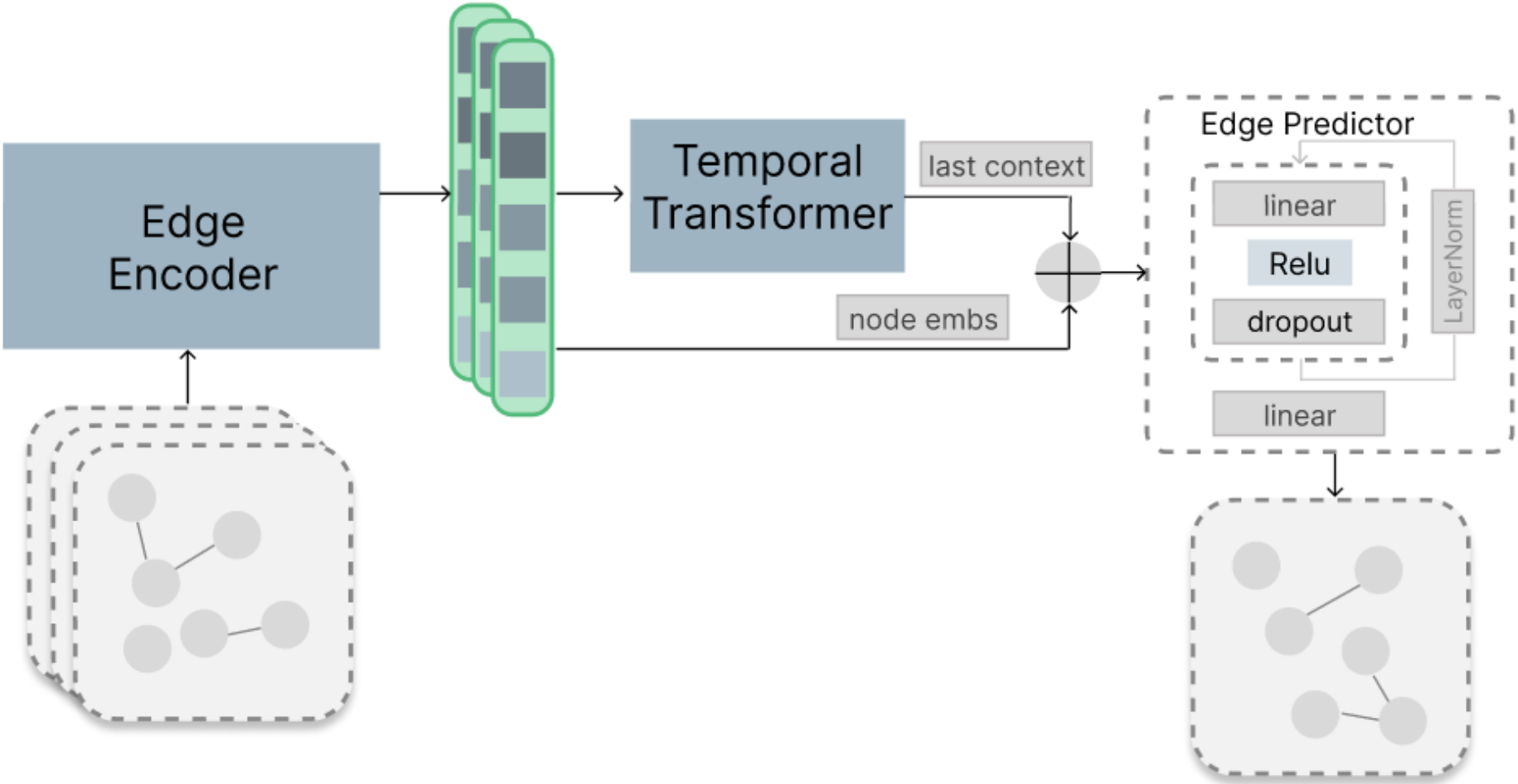
- Оценка существующих подходов;
- Выбор набора данных;
- Выбор подхода;
- Разработка и внедрение в метод механизма памяти на графах;
- Реализация предсказания рёбер;
- Реализация предсказания изменений вершин графа.

Существующие подходы

Center for Cognitive Modeling

Метод	Набор данных	Предсказание рёбер	Предсказание вершин
HyperGLM	VSGR dataset	+	-
SceneSayer	Action Genome	+	-
3D VSG	3RScan	-	-
STObT	HOMER	+	-

Общая схема предлагаемого подхода



Функция потерь

Оптимизация метода за счёт минимизации функции потерь:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{B \cdot N^2} \sum_{b=1}^{B} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N} w_{b,i,j} \cdot \mathrm{BCE}(\hat{Y}_{b,i,j}, Y_{b,i,j})$$

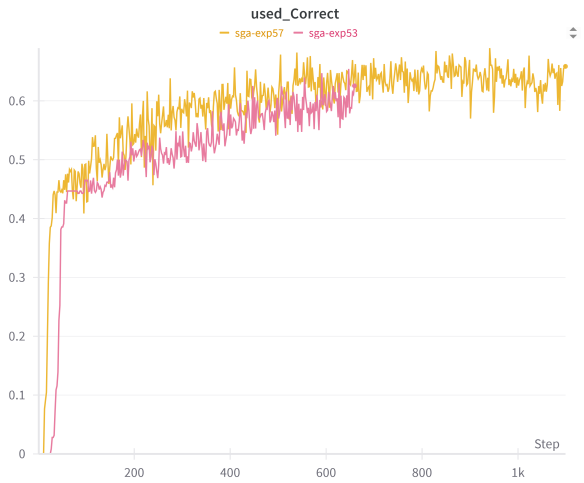
где:

$$\mathrm{BCE}(\hat{y}, y) = -y \log(\hat{y}) - (1 - y) \log(1 - \hat{y})$$

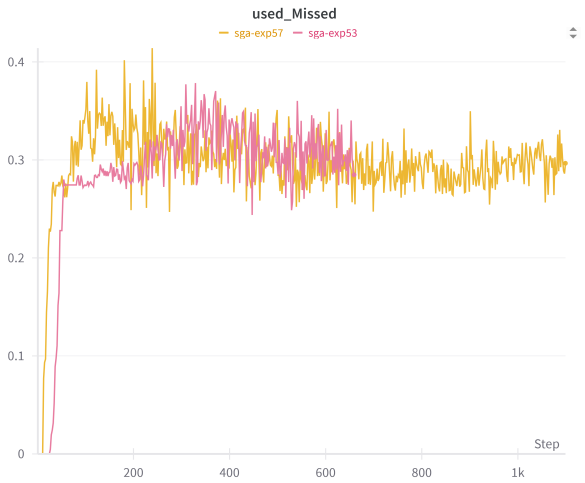
Метрики

Method	Used Objects			Unused Objects	
	Correct	Wrong	Missed	Correct	Wrong
Static Semantic	23.04	16.16	60.80	91.06	8.94
FreMEn	29.42	15.28	55.29	95.30	4.70
STOT	40.51	3.79	55.70	99.19	0.81
Ours	**56.5**	10.3	**33.2**	99.1	0.9
Ours(2)	**57.1**	**7**	35.7	**99.4**	**0.6**

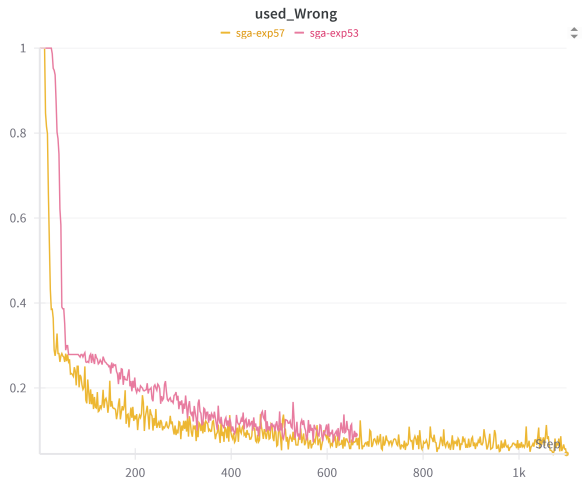
Метрики



модель правильно предсказала изменение

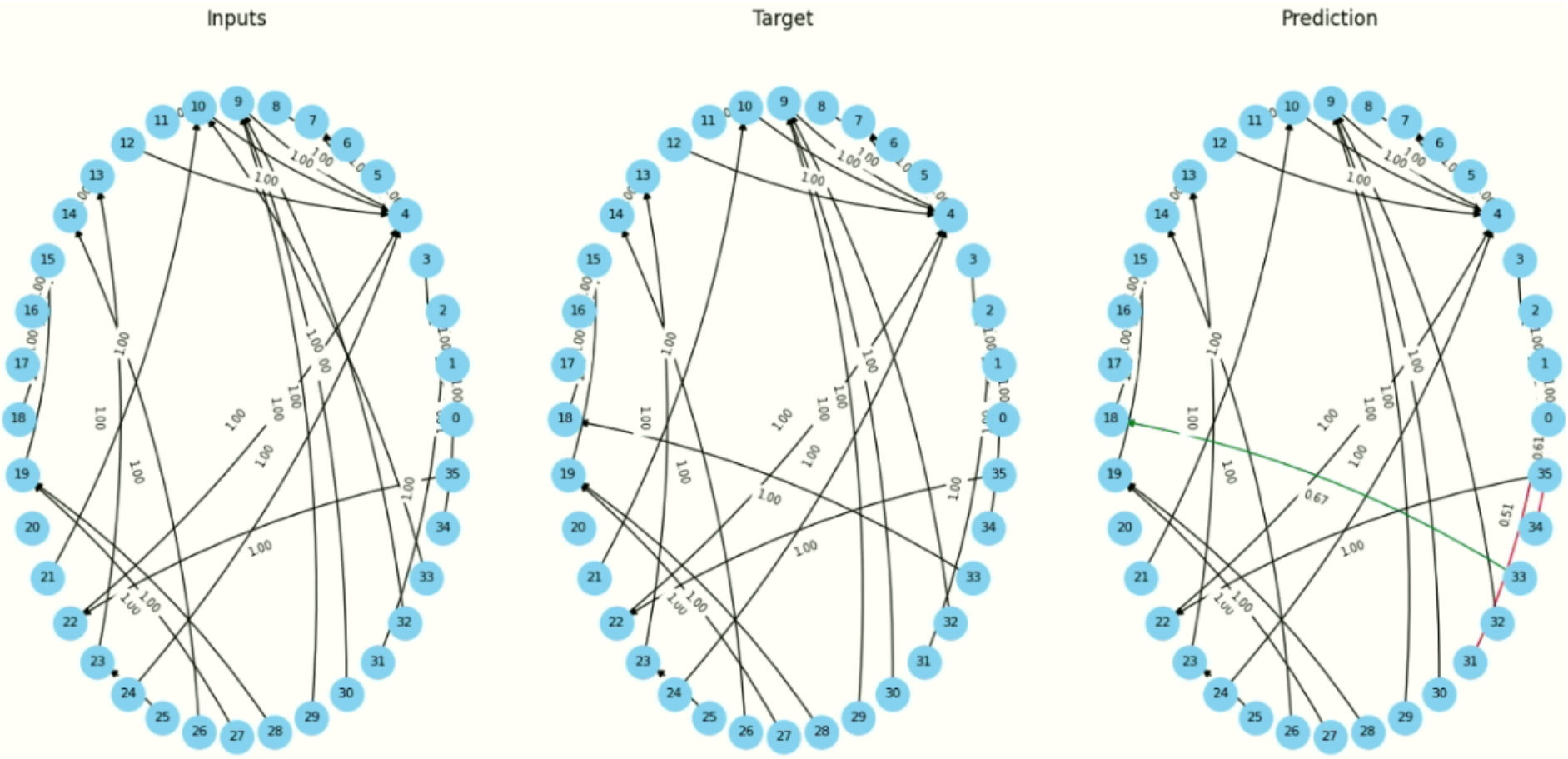


модель пропустила изменение



модель изменила ребро, но не верно

Пример результата



Будущие эксперименты

- Дополнение метода предсказанием переменного числа вершин;
- Использование для предсказания вершин идеи из FORESCENE;
- Обучение на другом наборе данных.

Спасибо за внимание!

cogmodel.mipt.ru

ttrunovaa@gmail.com