

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИКИ ОДЕЖДЫ

Куприн Андрей Алексеевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: kuprin.2000@gmail.com

Научный руководитель — Фролов Владимир Александрович

Физическое моделирование механики одежды требуется во многих областях компьютерной графики. При этом чаще всего нужно максимально достоверно воспроизвести поведение ткани для достижения наибольшего реализма. Однако, в некоторых случаях, например при создании компьютерных игр, ключевыми факторами являются производительность и стабильность симуляции, которая должна давать правдоподобный, но не обязательно точный результат. Основой таких систем могут быть нейросетевые модели.

Цель данной работы — изучить способность нейронных сетей моделировать движение изделий из ткани, а также провести сравнительный анализ соотношения вычислительной эффективности и качества прогнозов относительно классических методов.

Для исследования была выбрана модель графовой нейронной сети MeshGraphNet [2] с дополнительными блоками Decoder и HyperNet [3]. На очередном шаге симуляции вершинам и рёбрам грубой полигональной сетки, которой представлена одежда, ставятся в соответствие наборы признаков, описывающих состояние системы в прошлый момент времени. Атрибуты и списки смежности подаются на вход графовой нейронной сети, для вычисления новых свойств узлов. На их основе Decoder предсказывает вектор ускорения для каждой вершины грубой сетки, а HyperNet повышает её детализацию для отображения на экране. В программе также реализована поддержка коллизий ткани с объектами окружения, но эту работу выполняет не нейронная сеть, а классический алгоритм.

Набор данных для обучения модели был сгенерирован с помощью популярной программы Marvelous Designer и представляет собой 5000 траекторий по 60 шагов. В рамках каждой траектории моделируется падение квадратного фрагмента ткани, закреплённого в нескольких точках, на геометрический примитив. Траектории разбиваются на эпизоды по 30 шагов, которые и являются тренировочными примерами. Заметим, что каждая траектория представлена двумя сетками — грубой и детальной.

Функция потерь для Decoder является составной. В ней учитывается положение вершин грубой сетки, нормали её граней, углы между смежными гранями, градиент деформации граней и гладкость сетки. Функция потерь для NureNet тоже составная. Помимо положения вершин и градиента деформации граней в ней учитываются нейросетевые признаки карты нормалей, полученные с помощью предобученной сети VGG19, что позволяет получить более качественный результат.

В процессе обучения нейронная сеть выполняет предсказание для нескольких последовательных шагов симуляции, а функция потерь вычисляется не на основе последнего шага, а как среднее от всех шагов. Эта мера, как и добавление случайного шума к положению вершин грубой сетки, повышает стабильность выученной симуляции [1]. Во избежание взрыва градиентов, на протяжении первых эпох обучения сеть выполняет не 30 последовательных шагов, а меньшее их количество.

В результате была получена модель, способная выполнять правдоподобную симуляцию изделий из ткани в реальном времени. Так для квадратного фрагмента ткани размером метр на метр, представленного грубой сеткой из 289 вершин и детальной сеткой из 2943 вершин, скорость симуляции составила более 200 кадров в секунду, а после 60 шагов MSE относительного эталонного результата составляет 2,9 сантиметра. При этом ошибка накапливается плавно, а значит незаметна для наблюдателя. Заметим, что замеры производительности выполнены на видеокарте RTX 3070.

Таким образом, нейросетевые методы могут быть использованы для построения производительных и стабильных систем симуляции одежды.

Литература

1. Libao E. I., Lee M., Kim S., Lee S.-H. MeshGraphNetRP: Improving Generalization of GNN-based Cloth Simulation // In Proceedings of the 16th ACM SIGGRAPH Conference on Motion, Interaction and Games, Rennes, France, 2023, P. 45–51.
2. Pfaff T., Fortunato M., Sanchez-Gonzalez A., Battaglia P. W. Learning Mesh-Based Simulation with Graph Networks // In International Conference on Learning Representations, Vienna, Austria, 2021, P. 1435–1453.
3. Zhang M., Li J. Neural Garment Dynamic Super-Resolution // In SIGGRAPH Asia 2024 Conference Papers, Tokyo, Japan, 2024, P. 1338–1349.