

Тема

Классификация 3D-объектов на основе облака точек с использованием архитектуры PointNet и датасета ModelNet (ShapeNet)

Цели

1. Познакомиться с представлением 3D-объектов в виде облаков точек.
 2. Изучить архитектуру нейронной сети **PointNet** для анализа неупорядоченных точечных данных.
 3. Реализовать обучение и тестирование модели на подмножестве **ModelNet40** / **ModelNet10**.
 4. Научиться визуализировать результаты классификации и оценивать качество модели.
-

Исходные данные

- **Датасет:** [ModelNet40](#) или его сокращённая версия **ModelNet10**
 - Формат: `.off` (объекты в виде 3D-мешей)
 - Каждый объект принадлежит одной из 40 (или 10) категорий.
 - **Количество точек:** для упрощения используем 1024 точки на объект (равномерное сэмплирование с поверхности).
-

Требуемые библиотеки

```
pip install torch torchvision torchaudio
pip install open3d numpy h5py tqdm matplotlib
```

Ход работы

Шаг 1. Загрузка и подготовка данных

1. Загрузите ModelNet10/40.
 2. Конвертируйте 3D-модели в облака точек (используя `open3d`).
 3. Для каждой модели:
 - Выберите **N = 1024** случайных точек с поверхности.
 - Нормализуйте координаты в диапазон `[-1, 1]`.
 - Сохраните как `.npy` или `.h5` .
-

Шаг 2. Реализация архитектуры PointNet

Реализуйте архитектуру по статье:

Qi et al., “PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation”, CVPR 2017. (<https://arxiv.org/pdf/1612.00593>)

Ключевые модули:

- Input Transform (T-Net для выравнивания входных точек)
 - Feature Transform (T-Net для инвариантности признаков)
 - MLP-слои для обработки точек
 - Max pooling (агрегация по всем точкам)
 - Классификатор (Fully Connected слои + Softmax)
-

Шаг 3. Обучение модели

1. Разделите данные на **train / test** (например, 80% / 20%).
 2. Используйте **CrossEntropyLoss** и оптимизатор **Adam**.
 3. Обучайте модель 50–100 эпох.
 4. Отслеживайте метрики:
 - Accuracy (точность классификации)
 - Loss (функция потерь)
 - Confusion Matrix (по классам)
-

Шаг 4. Визуализация

- Отобразите несколько облаков точек с их предсказанными и реальными классами.
- Постройте графики изменения accuracy и loss.

- (Дополнительно) Визуализируйте облака точек в 3D с помощью `open3d` .
-

Шаг 5. Анализ результатов

Ответьте на вопросы:

1. Какие категории объектов классифицируются хуже всего и почему?
 2. Влияет ли количество точек (512, 1024, 2048) на качество модели?
 3. Какие преимущества PointNet по сравнению с CNN для 3D данных?
-

Рекомендуемые источники

- Qi et al., *PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation*, CVPR 2017. (<https://arxiv.org/pdf/1612.00593>)
 - ModelNet Dataset: <https://modelnet.cs.princeton.edu/>
 - Официальный PyTorch-тutorial: <https://github.com/charlesq34/pointnet>
-