



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт компьютерных наук и кибербезопасности  
Высшая школа программной инженерии

## Сравнение методов сжатия атрибутов облаков точек

Выполнил студент: **Поздняков Артемий Анатольевич**, гр. 5130904/00104

Научный руководитель: старший преподаватель ВШПИ ИКНК **Фёдоров Станислав Алексеевич**

Направление подготовки: 09.03.04, **Программная инженерия**

Санкт-Петербург

2024

Растущая популярность технологий компьютерного зрения и расширенной реальности влечёт за собой потребность в способах компактного хранения и передачи облаков точек

В настоящее время появляется большое количество кодеков, предназначенных для сжатия облаков точек и их атрибутов (РСС-кодеков), что делает актуальной задачей разработку программы для оценки работы РСС-кодеков

Подобная программа может быть использована исследователями для подсчёта метрик разрабатываемых ими кодеков

**Цель работы** - разработка подхода к сравнению методов сжатия атрибутов облаков точек. В рамках данной работы необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать системы оценки качества сжатия облаков точек
- Изучить релевантные метрики, отображающие эффективность и качество сжатия атрибутов облаков точек
- Разработать программу подсчёта метрик
- Получить метрики для отобранных РСС-кодеков
- Проанализировать результаты работы

Реконструированное облако - облако точек, полученное в результате компрессии и декомпрессии оригинального облака точек.

Показателем качества сжатия являются значения отобранных метрик для пары оригинальное и реконструированное облако.

## Сравнение альтернативных решений

	mpeg_pcc_dmetric	geo_dist
Полнота метрик	±	±
Оценка искажения атрибутов	+	-
Поддерживаемость	+	-
Возможность расширения	-	-
Открытый исх. код	-	-

**Таблица 1:** Характеристики различных рассмотренных систем.

В результате анализа определены следующие требования к разрабатываемому решению:

- Возможность вычисления стандартных метрик искажения геом. структуры (MSE и PSNR, метрика Хаусдорфа) геометрической структуры;
- Возможность вычисления проецированных значений отклонения;
- Возможность вычисления искажения цветов в цветовых схемах RGB и Y'CbCr;
- Использование архитектуры, допускающей дальнейшее расширение приложения;
- Наличие тестов;
- Использование лицензии MIT;

# Архитектура разрабатываемого решения

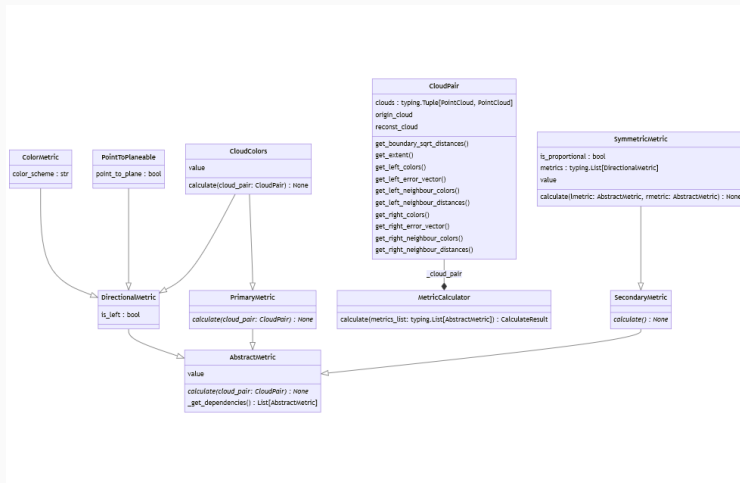


Рис. 1: Диаграмма классов разработанного приложения

# Алгоритм внедрения зависимостей

```
1  if metric._key() in self._calculated_metrics:
2      return self._calculated_metrics[metric._key()]
3
4  if isinstance(metric, PrimaryMetric):
5      metric = typing.cast(PrimaryMetric, metric)
6      metric.calculate(self._cloud_pair)
7      self._calculated_metrics[metric._key()] = metric
8      return metric
9
10 calculated_deps = {}
11 for dep_key, dep_metric in metric._get_dependencies().items():
12     calculated_dep_metric = self._metric_recursive_calculate(
13         metric=dep_metric,
14     )
15     calculated_deps[dep_key] = calculated_dep_metric
16
17 metric.calculate(**calculated_deps)
18 self._calculated_metrics[metric._key()] = metric
```

Листинг 1: Алгоритм внедрения зависимостей.



```
● open-pcc-metric-py3.10vscode → /workspaces/open-pcc-metric (main) $ python3 \
> -m open_pcc_metric --help
Usage: python -m open_pcc_metric [OPTIONS]

Options:
  --ocloud TEXT      Original point cloud. [required]
  --pcloud TEXT      Processed point cloud. [required]
  --color [rgb|ycc]  Report color distortions as well.
  --hausdorff        Report hausdorff metric as well. If --point-to-plane is
                    provided, then hausdorff point-to-plane would be reported
                    too
  --point-to-plane    Report point-to-plane distance as well.
  --csv              Print output in csv format.
  --help             Show this message and exit.
```

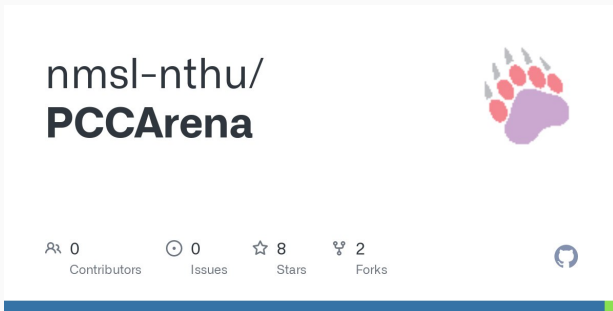
**Рис. 2:** Help-сообщение программы

```
• open-pcc-metric-py3.10vscode → /workspaces/open-pcc-metric (unittests) $ python3 -m open_pcc_metric \
> --ocloud="./files/oskull_reduced.ply" \
> --pclcloud="./files/pskull_reduced.ply" \
> --color="ycc"
      label is_left point-to-plane                                     value
0      MinSqrtDistance                                           0.0005394594300728226
1      MaxSqrtDistance                                           3.3819776943374595
2              GeoMSE      True      False                        0.008200834632373888
3              GeoMSE      False     False                        0.008181548987474831
4      GeoMSE(symmetric)                                           0.008200834632373888
5              GeoPSNR      True      False                        72.4728937253675
6              GeoPSNR      False     False                        72.48311891997054
7      GeoPSNR(symmetric)                                           72.4728937253675
8              ColorMSE      True      [1.26237366e-05 2.97011418e-07 2.35043354e-07]
9              ColorMSE      False     [1.86551090e-05 4.75979959e-07 3.83567251e-07]
10     ColorMSE(symmetric)                                           [1.86551090e-05 4.75979959e-07 3.83567251e-07]
11              ColorPSNR      True      [48.98812076 65.27226855 66.28852024]
12              ColorPSNR      False     [47.29202209 63.22411332 64.1615848 ]
13     ColorPSNR(symmetric)                                           [47.29202209 63.22411332 64.1615848 ]
```

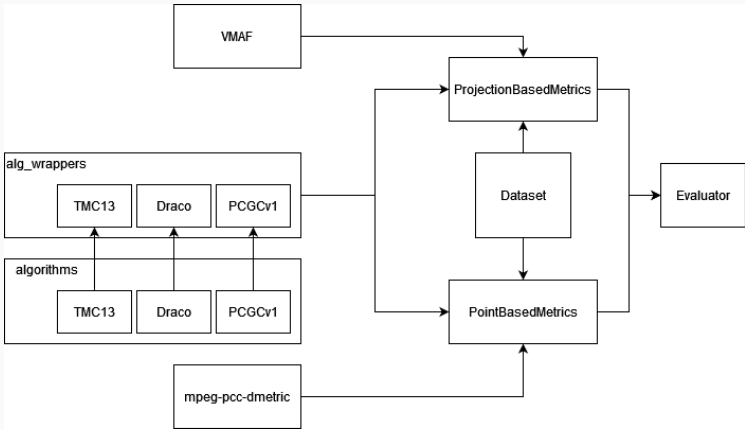
Рис. 3: Пример вывода программы

Тут про объем реализации (1к строк кода), тесты, CI/CD, много картинок, пару красивых слов.

PCCArena - система  
бенчмаркинга PCC-кодеков.  
Данная система использует  
mpeg\_pcc\_dmetric для  
вычисления  
математически-обоснованных  
метрик (MSE, PSNR, и т.д.).



**Рис. 4:** Репозиторий PCCArena на GitHub



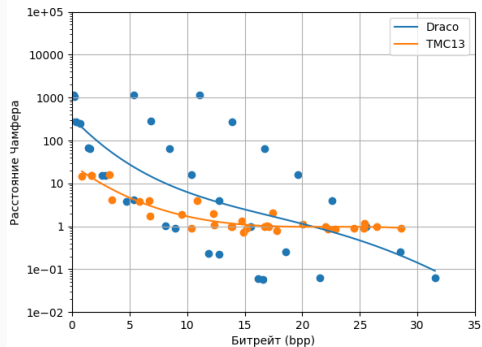
**Рис. 5: Архитектура РССАrena**

С помощью модифицированной системы PCCArena была произведена оценка кодеков TMC13 и Draco.

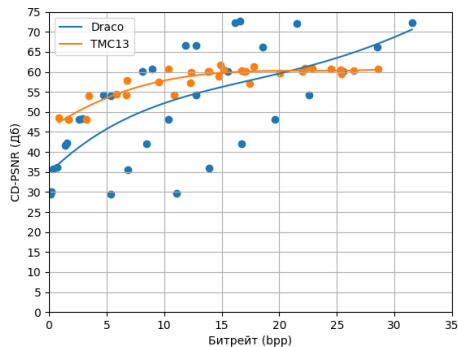
Использовался датасет ShapeNet.

Для каждой метрики строится зависимость от битрейта - количества бит, затраченных на кодирование одной точки.

# Результаты для расстояния Чамфера



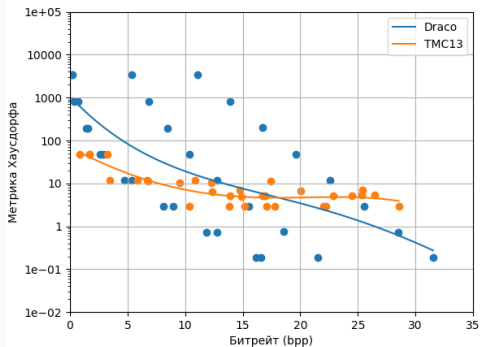
(a)



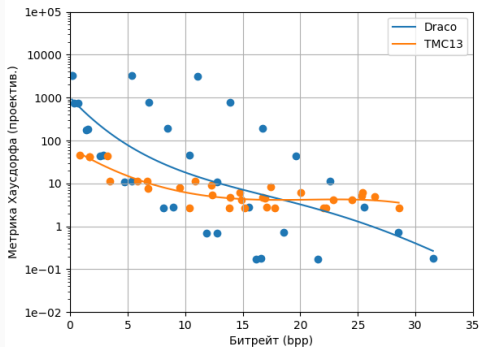
(b)

**Рис. 6:** (a) Зависимость расстояния Чамфера от битрейта. (b) Зависимость CD-PSNR от битрейта.

# Результаты для метрики Хаусдорфа и нормалей



(a)



(b)

**Рис. 7:** (a) Зависимость метрики Хаусдорфа от битрейта. (b) Зависимость проецированной метрики Хаусдорфа от битрейта.



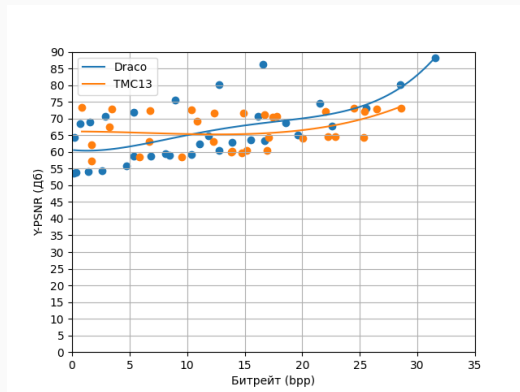


Рис. 8: Зависимость Y'-PSNR от битрейта.

В данной работе был проведён анализ существующих систем оценки методов сжатия облаков точек и их атрибутов. Разработана программа для оценки качества облака точек при наличии оригинального облака точек. Произведён сравнительный анализ кодеков Draco и TMC13. Полученные данные позволяют судить о качестве сжатия облаков точек данными кодеками при различной степени сжатия. Разработанное решение упростит оценку методов сжатия атрибутов облаков точек и может быть полезным исследователям, ведущим разработки в данной области.

В рамках дальнейшей работы в программу могут быть добавлены метрики, учитывающие более высокоуровневые признаки облаков точек и дающие более подробную оценку качества их сжатия.