

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka

Tehnička dokumentacija

Verzija 1.0

Studentski tim: Dominik Barukčić

Nastavnik: prof. dr. sc. Tomislav Hrkać

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

Sadržaj

1.	Opis razvijenog proizvoda	4
2.	Tehničke značajke	5
3.	Upute za korištenje	7
4.	Literatura	9

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

Tehnička dokumentacija

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

1. Opis razvijenog proizvoda

Razvijeni proizvod je softverski sustav za klasifikaciju i segmentaciju 3D oblaka točaka temeljen na neuronskoj mreži PointNet. Sustav omogućuje obradu trodimenzionalnih podataka koji su sve češće prisutni u područjima računalnog vida, robotike, autonomnih sustava i 3D modeliranja. Glavni cilj proizvoda je demonstrirati primjenu suvremenih metoda dubokog učenja na obradi nestrukturiranih 3D podataka, pri čemu se izbjegava potreba za dodatnim transformacijama poput projekcije u dvodimenzionalni prostor. Time se postiže učinkovitija obrada podataka uz očuvanje geometrijskih svojstava objekata. Sustav je primarno usmjeren na klasifikaciju 3D objekata, gdje se svakom oblaku točaka pridružuje jedna pripadajuća klasa. Model je treniran i evaluiran na standardnom skupu podataka ModelNet10, a ostvareni rezultati potvrđuju dobru generalizaciju i visoku točnost klasifikacije. Uz klasifikaciju, implementirana je i arhitektura za segmentaciju dijelova objekata, kojom se svakoj pojedinoj točki u oblaku dodjeljuje oznaka pripadnog segmenta. Razvijeni proizvod implementiran je na modularan način, što omogućuje jednostavno proširenje i prilagodbu za druge skupove podataka ili zadatke. Sustav uključuje funkcionalnosti za preuzimanje podataka, treniranje modela, izvođenje predikcija te evaluaciju rezultata. Posebna pažnja posvećena je čitljivosti koda i jasnoći strukture projekta, čime se olakšava daljnji razvoj i eksperimentiranje. Proizvod je razvijen kao studentski projekt s naglaskom na edukativnu vrijednost, razumijevanje arhitekture PointNet i praktičnu primjenu metoda dubokog učenja na 3D podacima.

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

2. Tehničke značajke

Razvijeni sustav implementira neuronsku mrežu PointNet za klasifikaciju i segmentaciju 3D oblaka točaka. Sustav je osmišljen modularno te omogućuje treniranje, evaluaciju i izvođenje predikcija nad standardnim skupovima podataka.

2.1. Arhitektura modela

Model se temelji na izvornoj PointNet arhitekturi koja izravno obrađuje skupove točaka bez potrebe za projekcijama u 2D prostor. Glavne komponente arhitekture su:

- Ulazni sloj koji prima skup od N točaka s koordinatama (x, y, z)
- T-Net modul za učenje affine transformacije ulaznih podataka
- Shared MLP slojevi implementirani pomoću 1D konvolucija
- Global max-pooling sloj za postizanje invarijantnosti na permutaciju točaka
- Potpuno povezani slojevi za klasifikaciju ili segmentaciju
- Za segmentaciju se globalne značajke dodatno konkatenuiraju s lokalnim značajkama svake točke.

2.2. Invarijantnost na permutaciju

Budući da redoslijed točaka u oblaku nema značenje, arhitektura koristi simetričku funkciju agregacije (max-pooling) kako bi osigurala invarijantnost na permutaciju ulaznih točaka. Time se postiže robusnost modela na različite permutacije istog oblaka točaka.

2.3. Tehnologije i alati

Sustav je implementiran korištenjem sljedećih tehnologija:

- Python 3
- PyTorch kao biblioteka za duboko učenje
- NumPy za numeričke operacije
- Matplotlib za vizualizaciju rezultata
- Podrška za izvođenje na CPU, CUDA GPU i Apple MPS

2.4. Skupovi podataka

Za treniranje i evaluaciju korišteni su standardni skupovi podataka:

- ModelNet10 za klasifikaciju 3D objekata
- ShapeNetPart za segmentaciju dijelova objekata

Podaci se prije ulaska u mrežu uniformno uzorkuju na fiksni broj točaka.

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

2.5. Treniranje i optimizacija

Model se trenira pomoću:

- Adam optimizatora
- Cross-entropy funkcije gubitka
- Batch normalizacije radi stabilnijeg treniranja

Tijekom treniranja prati se točnost i vrijednost funkcije gubitka na trenirajućem i testnom skupu.

2.6. Izlazni rezultati

Sustav omogućuje:

- klasifikaciju 3D objekata u unaprijed definirane klase,
- segmentaciju pojedinih dijelova objekata na razini točaka,
- izradu konfuzijske matrice za evaluaciju klasifikacijskog modela,
- spremanje istreniranih modela i grafičkih prikaza rezultata.

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

3. Upute za korištenje

Projekt se koristi putem Python skripti i komandne linije. Prije pokretanja potrebno je imati instaliran Python 3.8+, kao i potrebne biblioteke (npr. PyTorch, NumPy). Preporučuje se korištenje virtualnog okruženja.

3.1. Preuzimanje skupova podataka

Za rad s modelima potrebno je preuzeti odgovarajuće skupove podataka. Preuzimanje ModelNet10 (za klasifikaciju):

```
python scripts/download_modelnet10.py
```

Preuzimanje ShapeNetPart (za segmentaciju):

```
python scripts/download_shapenetpart.py
```

Podaci će se automatski preuzeti i raspakirati u direktorij `data/raw/`.

3.2. Treniranje modela za klasifikaciju

Za treniranje PointNet modela za klasifikaciju nad skupom **ModelNet10** koristi se sljedeća naredba:

```
python -m train_pointnet_cls \
    --data_root data/raw/ModelNet10 \
    --num_classes 10 \
    --bn \
    --cache_dir ./cache_modelnet10
```

Tijekom treniranja spremaju se:

- težine modela (.pt datoteke),
- vrijednosti gubitka i točnosti,
- pomoćni cache podaci za brže učitavanje.

3.3. Predikcija (klasifikacija pojedinog objekta)

Za izvođenje predikcije nad jednim 3D objektom u „off“ formatu koristi se skripta „predict.py“:

```
python predict.py \
    --ckpt results/pointnet_modelnet10.pt \
    --input data/raw/ModelNet10/bathtub/test/bathtub_0107.off
```

Skripta učitava istrenirani model i ispisuje predviđenu klasu za zadani objekt.

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

3.4. Izrada konfuzijske matrice

Za evaluaciju klasifikacijskog modela i izradu konfuzijske matrice nad testnim skupom koristi se:

```
python -m src.utils.confusion_matrix \
    --ckpt results/pointnet_modelnet10.pt \
    --data_root data/raw/ModelNet10 \
    --split test \
    --batch_size 16 \
    --cache_dir ./cache_modelnet10
```

Rezultat je konfuzijska matrica koja omogućuje detaljnu analizu performansi modela po klasama.

3.5. Treniranje modela za segmentaciju

Za treniranje PointNet modela za **segmentaciju dijelova objekata** koristi se skup **ShapeNetPart**:

```
python train_pointnet_seg.py \
    --data_root data/raw/shapenetcore_partanno_segmentation_benchmark_v0 \
    --out_dir results \
    --cache_dir cache_shapenetpart \
    --batch_size 16 \
    --npoints 1024 \
    --workers 6
```

Model se trenira nad točkama oblaka te uči predviđati oznaku segmenta za svaku pojedinu točku.

3.6. Predikcija segmentacije

Za izvođenje segmentacije nad validacijskim primjerom koristi se:

```
python predict_seg.py \
    --ckpt results/pointnet_shapenetpart_best.pt \
    --data_root data/raw/shapenetcore_partanno_segmentation_benchmark_v0 \
    --split val \
    --index 0
```

Skripta prikazuje rezultat segmentacije za odabrani objekt iz validacijskog skupa.

3.7. Evaluacija segmentacijskog modela

Za kvantitativnu evaluaciju segmentacijskog modela koristi se sljedeća naredba:

```
python eval_shapenetpart.py \
    --ckpt results/pointnet_shapenetpart_best.pt \
    --data_root data/raw/shapenetcore_partanno_segmentation_benchmark_v0 \
    --cache_dir cache_shapenetpart \
    --split val
```

Evaluacija uključuje standardne metrike za procjenu kvalitete segmentacije.

Klasifikacija i segmentacija oblaka točaka	Verzija: 1.0
Tehnička dokumentacija	Datum: 30/01/2026

4. Literatura

Qi, C. R., Su, H., Mo, K., Guibas, L. J.

PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation.

arXiv preprint arXiv:1612.00593, 2017.

Wu, Z., Song, S., Khosla, A., Tang, X., Xiao, J.

3D ShapeNets: A Deep Representation for Volumetric Shapes.

arXiv preprint arXiv:1406.5670 [cs.CV], 2014.

Yi, L., Kim, V. G., Ceylan, D., Shen, I., Yan, M., Su, H., Lu, A., Huang, Q., Sheffer, A., Guibas, L.

A Scalable Active Framework for Region Annotation in 3D Shape Collections.

ACM Transactions on Graphics, 35(6), članak 210, 2016.