

Neural-Pull

论文：《Neural-Pull: Learning Signed Distance Functions from Point Clouds by Learning to Pull Space onto Surfaces》

地址： <https://arxiv.org/abs/2011.13495>

年份：ICML 2021

Introduction

任务：表面重建

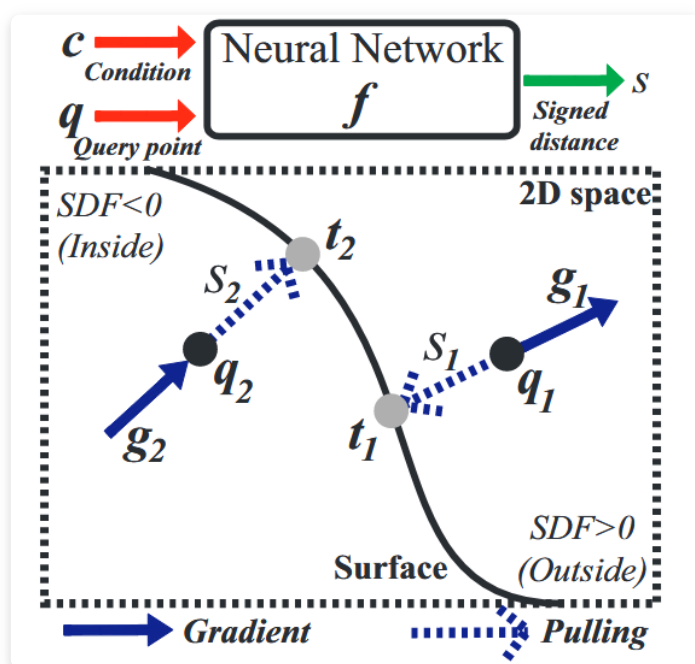
技术贡献：

(1) 使用将位于表面附近的点拉到表面上的方式来学习 SDF。

Method

首先明确输入输出。有相应物体的 ground truth 点云 P ，共计 2×10^4 个点 p_j ，通过采样的方式得到 query points q_i ，具体做法是在每个 p_j 处构建一个各项同性的高斯分布 $\mathcal{N}(p_j, \sigma^2)$ ，设定 σ^2 为 p_j 到 50-th nearest neighbor 的距离平方，然后在高斯分布中采样 25 个点作为 query locations q_i ，这样就构建了一个包含 5×10^5 个点的集合 Q 。

网络的输入是 Q 中的点，而**不需要**任何 P 中的点（这是与其他文章不同的地方），网络输出是到表面的距离。



文章的做法比较简单，对于输入的不在表面上的点，可以根据网络的输出和网络的梯度将点“拉”到表面上，然后计算一个 loss 用于训练网络。

通过以下公式计算 q_i 在表面上的对应点 t'_i ：

$$t'_i = q_i - f(q_i) \times \nabla f(q_i) / \|\nabla f(q_i)\|_2$$

而 loss 就是计算 \mathbf{t}'_i 和 \mathbf{q}_i 在 P 中的最近邻 \mathbf{t}_i 之间的距离：

$$d(\{\mathbf{t}'_i\}, \{\mathbf{t}_i\}) = \frac{1}{I} \sum_{i \in [1, I]} \|\mathbf{t}'_i - \mathbf{t}_i\|_2^2$$

文章中证明了只需要这个 loss 就能让网络学习到物体的 SDF。

Experiments

实验是在 ABC 数据集的子集、FAMOUS 数据集 和 ShapeNet 数据集子集 上与 DSDF、ATLAS、PSR、Points2Surf 和 IGR 进行比较，评估指标是 L2-Chamfer distance，Normal Consistency 和 F-score。详见原文。

Ablation Study

Table 8. Ablation studies in terms of L2-CD ($\times 100$).

No GNI	Space sampling	Gradient constraint	Ours
0.35	0.80	1.15	0.22

消融实验的结果表明：

- 对网络进行几何初始化能够提升重建效果；
- 在表面附近采样点而非在整个空间内采样能够提升效果；
- 加入 IGR 中提出的梯度模长为 1 的限制不能提升效果，甚至差很多；

还有修改采样范围即 $\mathcal{N}(\mathbf{p}_j, \sigma^2)$ 中的 σ^2 ，过大或者过小的值都会降低效果。