

**标题：**Convolutional neural networks for mesh-based parcellation of the cerebral cortex

---

**作者：**Guillem Cucurull<sup>1;2</sup>, Konrad Wagstyl<sup>3;4</sup>, Arantxa Casanova<sup>1;2</sup>, Petar Velickovic<sup>1;5</sup>, Estrid Jakobsen<sup>4</sup>, Michal Drozdal<sup>1;6</sup>, Adriana Romero<sup>1;6</sup>, Alan Evans<sup>4</sup>, Yoshua Bengio<sup>1</sup>

---

**发表时间：**2018

---

**文章链接：**<https://openreview.net/forum?id=rkKvBAiiz>

---

**发表期刊：**1st Conference on Medical Imaging with Deep Learning (MIDL 2018)

---

**课题背景：**了解大脑皮层的组织结构和绘制大脑皮层分割图，重构结构磁共振扫描所产生的皮质表面，将大脑皮层分割作为网格分割任务，可利用网格研究脑组织健康和精神疾病的异常，更好地描述脑疾病。

---

**创新点：**提出了图卷积神经网络和图注意力网络，挖掘潜在数据结构实现预测。

---

**论文方法：**

---

**模型大致流程：**

①介绍基准模型NodeMLP、NodeAVG、MeshMLP

②构建图卷积网络Graph Convolutional Networks:

2.1 图光谱卷积 (spectral convolutions): 傅里叶域的滤波器与信号的乘积

2.2 用拉普拉斯算子的切雪比夫k阶多项式截断扩展生成空间局部过滤器，可以不需要计算拉普拉斯图的特征分解

2.3 图卷积层输入图且输出图，输出结果取决于局部领域信息（距离中心最多k步）

2.4 其中可以通过对上层节点叠堆层来提升节点的邻域范围

③构建图注意力机制网络Graph Attention Network (GAT):

3.1 具有与图卷积网络相同的输入输出结构（不同点：隐式的卷积权重）

3.2 基于内容的自我关注机制实现这种网络结构（但仅限图中具有边缘的部分）

3.3 共享注意力机制计算卷积层权重

3.4 注意力系数表示结点j的特征对于结点i的重要性

④NodeMLP、MeshMLP、GCN、GAT训练细节

4.1 GCN

4.1.1 输入为一个网格，输出为一个标签（对于每个网格中的所有结点）

4.1.2 拥有8层卷积和切雪比夫估计选用K=8

4.1.3 每层卷积含64结点和ReLU激活函数和每层后添加batch Normalization

4.1.4 使用average dice损失函数

4.2 GAT

4.2.1 输入为一个网格，输出为一个标签（对于每个网格中的所有结点）

4.2.2 K=8的注意力计算32个特征数量（共256个特征）

4.2.3 选用中心点在5-hop内的邻域计算注意力系数增大

---

**实验数据：**the Human Connectome Project dataset

---

**数据规模：**100个受试者，1个网格/per受试者，网格结点均已被注释，节点被划分为44区/45区/其他，所有网格来源于不同受试者，每一个网格有1195个结点（表示左半球大脑皮层的Broca区域），每一节点仅能被划分为一个区（6:1:1分别为训练;验证;测试集）

---

**实验结果：**

NodeAVG的平均Jacc: 49:9 ± 2:7

NodeMLP的平均Jacc: 38:7 ± 2:8

MeshMLP的平均Jacc: 51:8 ± 2:6

GCN的平均Jacc: 58:1 ± 3:1

---

**未来工作：**

①将度信息注入节点特征

②增加额外功能特征改善模型区分效果

③一个完整大脑皮层网格大概含有160万个节点，使用当前图卷积方法受限于GPU内存，可以考虑子采样降低网格分辨率或选择较小补丁进行处理

---

**附网络框架图：**未提供

---

**网址：**<http://www.humanconnectomeproject.org>

**网址：**<https://github.com/tkipf/gcn>（处理不同数量的网格）

**网址：**<https://github.com/PetarV-/GAT>（损失函数）

---

**备注：**cerebral cortex 大脑皮层