

# Can Graph Neural Networks Learn to Solve the MaxSAT Problem?

## 图神经网络可以学习求解MaxSAT问题吗？

刘明昊, 黄沛, 贾富琦, 张帆, 孙宇辰, 蔡少伟, 马菲菲, 张健

Thirty-Seventh AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-23)

(Best Student Abstract Honorable Mention Award)

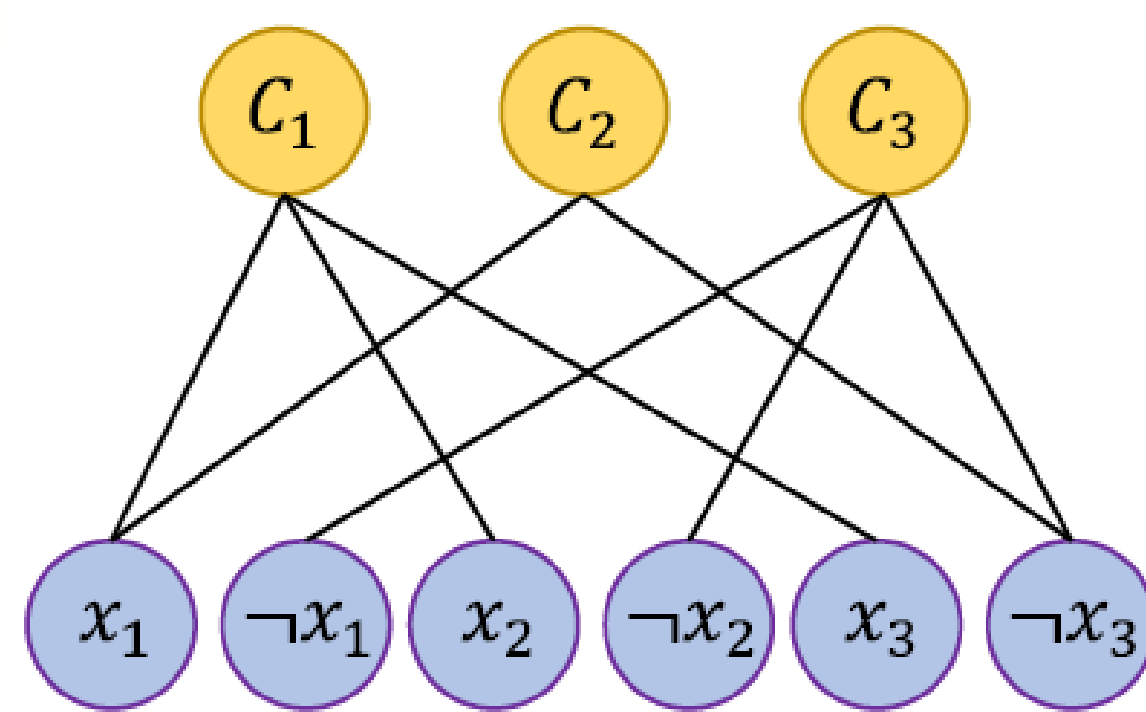
联系方式: 马菲菲, maff@ios.ac.cn

### 研究背景

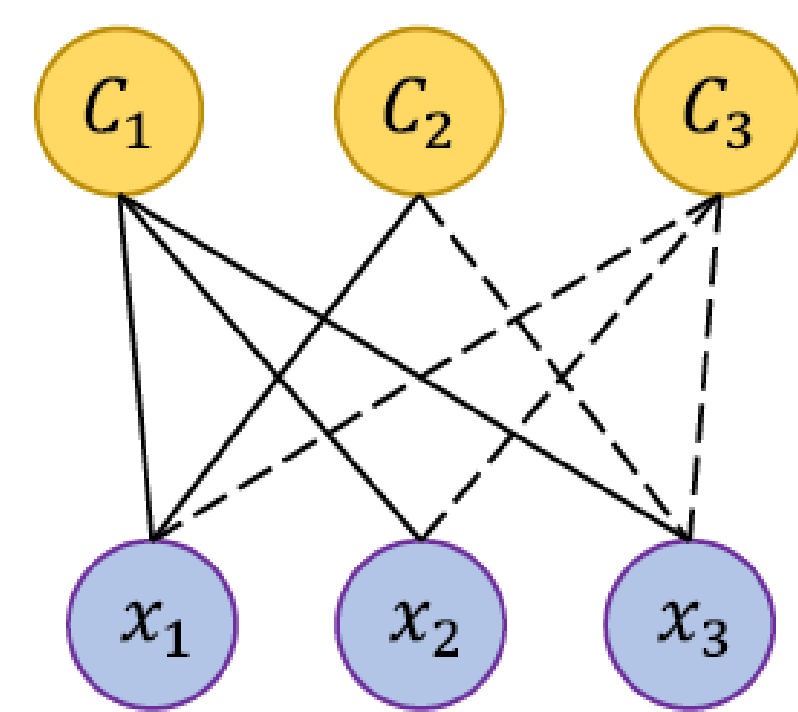
- 布尔可满足性问题(SAT)是计算机科学的基础性问题, 在形式化验证、软件测试分析和电子设计自动化(EDA)等领域具有重要应用;
- MaxSAT问题是SAT的一种优化变体, 目标是最大化被满足的子句数量;
- 以NeuroSAT等工作为代表, 近几年利用图神经网络(GNN)构建深度学习模型求解SAT等NP难组合问题已经取得了一系列积极进展;
- 本工作首次研究了GNN模型直接学习预测MaxSAT问题的解的能力。

### GNN模型

- 使用子句-变量关系图(CVIG)可以表示MaxSAT问题, 有两种常见的图构建方法(如右图所示)。



(a) NS-CVIG



(b) ES-CVIG

- GMS-N模型的消息传递过程(基于NS-CVIG):

$$C_j^{(k)} = \text{UPD}_C \left( C_j^{(k-1)}, \text{AGG}_L \left( \left\{ L_i^{(k-1)} \mid (l_i, c_j) \in E \right\} \right) \right),$$

$$\left( L_i^{(k)}, \neg L_i^{(k)} \right) = \text{UPD}_L \left( L_i^{(k-1)}, \neg L_i^{(k-1)}, \text{AGG}_C \left( \left\{ C_j^{(k-1)} \mid (l_i, c_j) \in E \right\} \right) \right).$$

- GMS-E模型的消息传递过程(基于ES-CVIG):

$$C_j^{(k)} = \text{UPD}_C \left( C_j^{(k-1)}, \text{AGG}_L^+ \left( \left\{ L_i^{(k-1)} \mid (l_i, c_j) \in E^+ \right\} \right), \text{AGG}_L^- \left( \left\{ L_i^{(k-1)} \mid (l_i, c_j) \in E^- \right\} \right) \right),$$

$$L_i^{(k)} = \text{UPD}_L \left( L_i^{(k-1)}, \text{AGG}_C^+ \left( \left\{ C_j^{(k-1)} \mid (l_i, c_j) \in E^+ \right\} \right), \text{AGG}_C^- \left( \left\{ C_j^{(k-1)} \mid (l_i, c_j) \in E^- \right\} \right) \right).$$

### 实验结果

- 在均匀分布(UF)和幂律分布(PL)两类随机MaxSAT实例数据集上进行实验;
- 训练集实例最多含60个变量, 但能够泛化到1600个变量的困难测试实例上;
- 相比最先进的求解器MaxHS, SATLike和Loandra, GNN模型求解质量更高。

