



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)

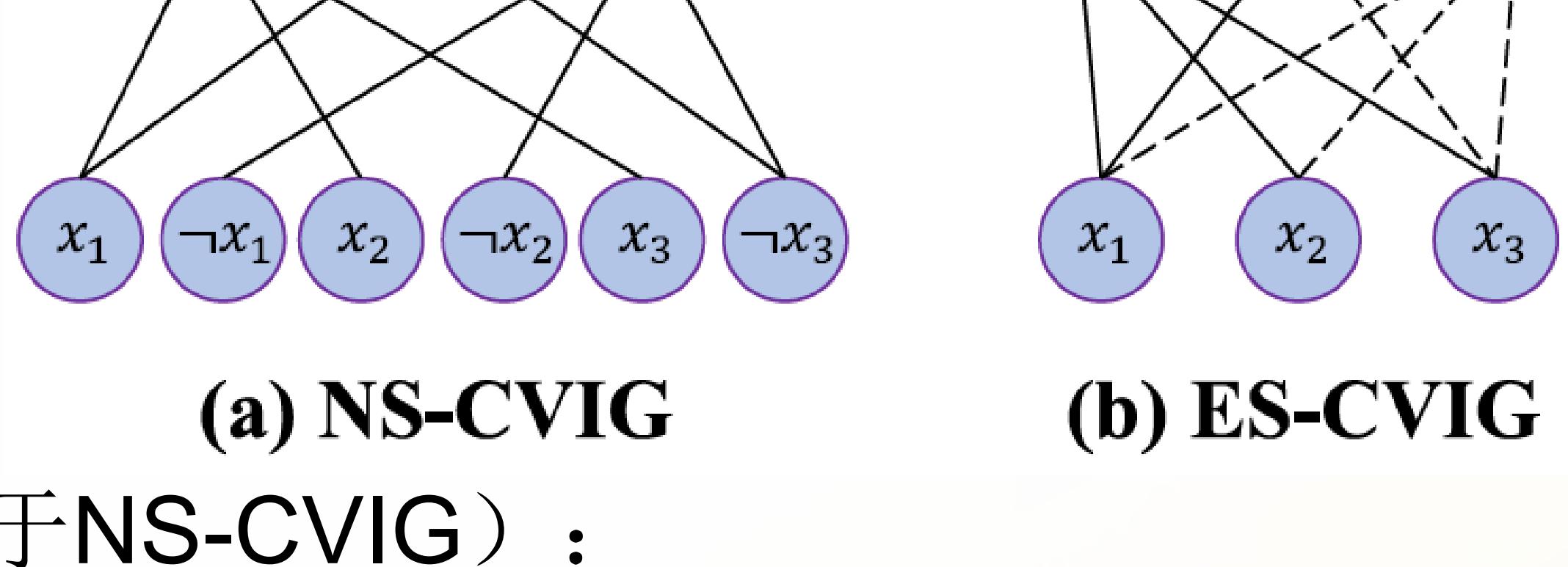
联系方式: 马菲菲, maff@ios.ac.cn

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）：

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

- GMS-E模型的消息传递过程（基于ES-CVIG）：

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

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。

