

# 基于图神经网络的伪布尔问题可满足性学习

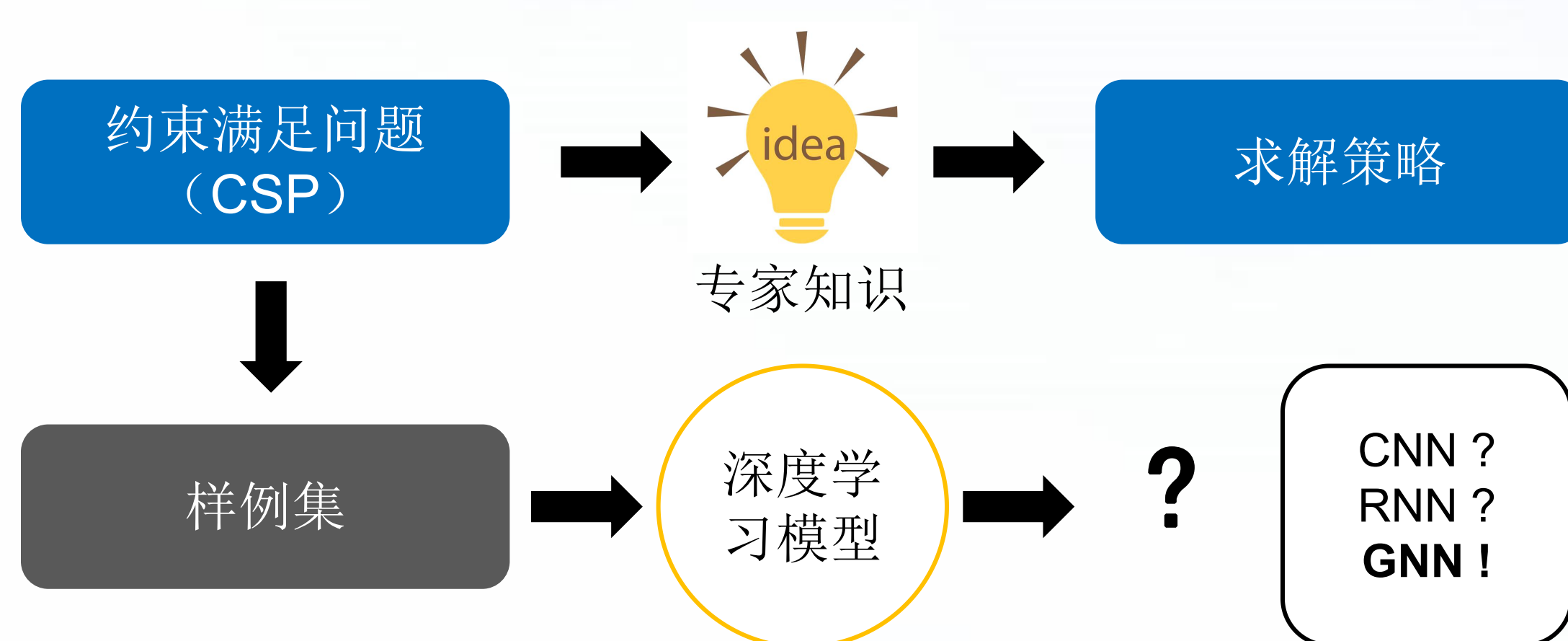
刘明昊, 张帆, 黄沛, 牛树梓, 马菲菲, 张健

Learning the Satisfiability of Pseudo-Boolean Problem with Graph Neural Networks, CP 2020, pp.885-898

联系方式: 刘明昊(liumh@ios.ac.cn), 马菲菲(maff@ios.ac.cn)

## 研究背景

- ✓ 在为各种NP难的约束满足问题设计求解策略时, 一般需要融入大量专家知识。
- ✓ 能否利用深度学习从问题样例中自动发现有效的求解策略, 已得到广泛关注。
- ✓ 与传统的深度学习模型相比, 图神经网络(GNN)能更好地表示非欧结构数据。

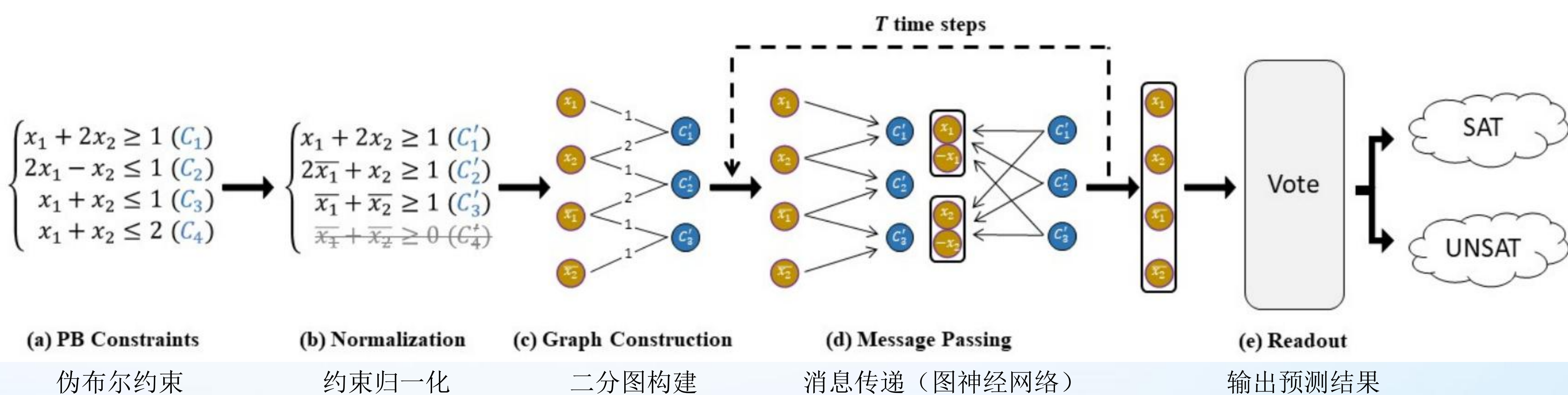


### 伪布尔问题

给定一组布尔变量  $\{x_1, \dots, x_n\}$  和一组线性不等式约束  $\{C_1, \dots, C_m\}$ , 即  $C_j := \sum_{i=1}^n c_{ij}x_i \geq b_j$  (其中  $c_{ij}, b_j$

是整数) 问题是判断是否存在对所有变量的一组赋值, 使得约束全部被满足。完全的, 可用于约

## 模型架构



## 实验结果

在两种不同分布的伪布尔问题上进行实验: 0-1背包问题和加权独立集问题。

- 问题样例为随机生成, 系数取值范围[1,100], 训练集包含10万个样例, 验证和测试集包含1万个样例。

如上表所示, 当  $n \leq 40$  时预测准确率高于问题可满足性学习到了与问题可满足性相关的特征。

- 如下表所示, 与另一个学习SAT GNN

型NeuroSAT可以实现更好的预测效果。

- 研究表明, GNN数值信息的约束满足问题时具有较大潜力。

Problem	#Variables			PB Cons.		Epochs	Accuracy	
	Train	Valid	Test	#Cons.	Length		Valid	Test
0-1KP	[3,10]	10	10	2.0	6.5	400	86.6%	86.1%
	[11,40]	40	40	2.0	25.5	400	87.3%	88.2%
	[41,100]	100	100	2.0	70.5	600	79.3%	79.5%
WIS	[3,10]	10	10	11.3	2.4	400	97.7%	97.9%
	[11,20]	20	20	59.3	2.2	400	92.1%	93.3%
	[21,30]	30	30	159.2	2.1	400	89.5%	88.9%
	[31,40]	40	40	309.3	2.1	600	86.0%	85.8%

Problem	PB-GNN				NeuroSAT			CPLEX
	#Var.	#Cons.	Acc.	Time	#Var.	#Clau.	Acc.	Time
0-1KP	5	2.0	89.7%	0.0462	35.4	137.6	74.0%	9.1191
	10	2.0	87.7%	0.0637	87.8	438.7	69.5%	10.7869
	15	2.0	86.1%	0.0785	142.4	774.7	62.8%	12.1947
	20	2.0	86.5%	0.0843	192.7	1084.5	63.7%	13.7513
	40	2.0	85.2%	0.1252	418.1	2502.8	—	29.9405
WIS	5	6.0	99.0%	0.2747	26.7	108.4	66.3%	15.1882
	10	23.5	96.4%	0.6946	65.5	345.1	51.0%	15.4741
	15	53.5	95.7%	1.3177	101.0	585.4	51.1%	17.2223
	20	95.9	92.5%	1.9140	136.3	836.2	51.4%	19.7416
	40	390.9	82.1%	5.0624	275.9	1958.4	—	49.6992
SR	[3,10]	46.8	95.8%	0.6619	[3,10]	46.8	95.5%	11.3243
	[11,40]	151.3	84.3%	2.4096	[11,40]	151.3	85.0%	15.7829