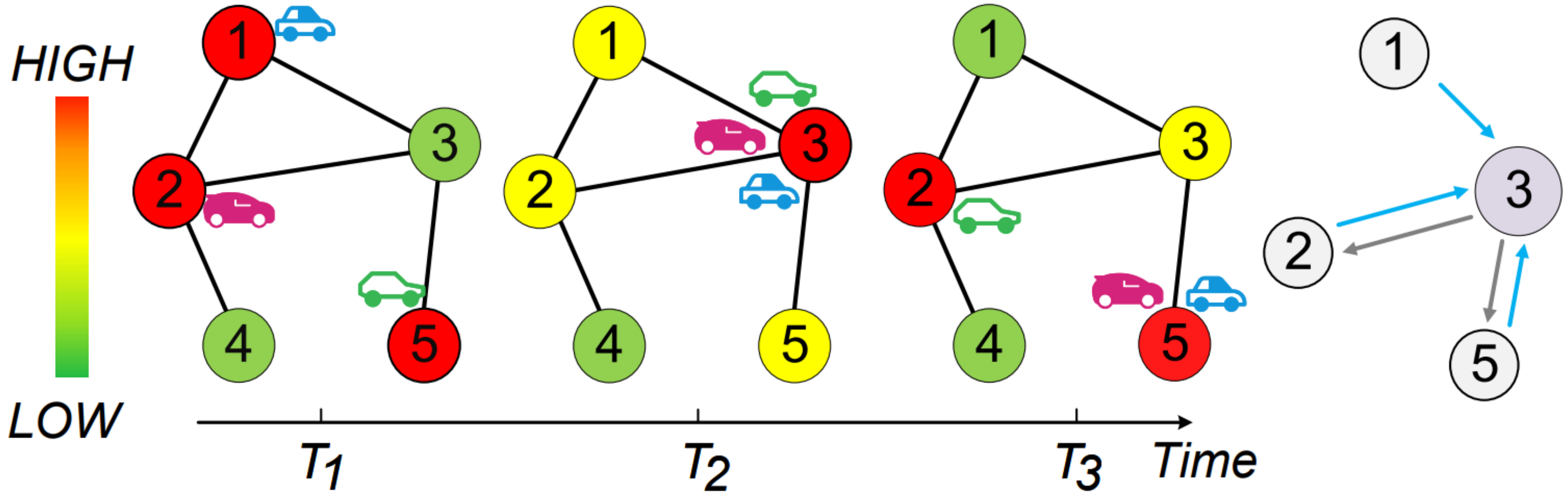
2024 AAAI CCF-A

STPGNN

Spatio-Temporal Pivotal Graph Neural Networks for Traffic Flow Forecasting



2024 AAAI CCF-A

STPGNN

Spatio-**T**emporal **P**ivotal **G**raph **N**eural **N**etworks for Traffic Flow Forecasting

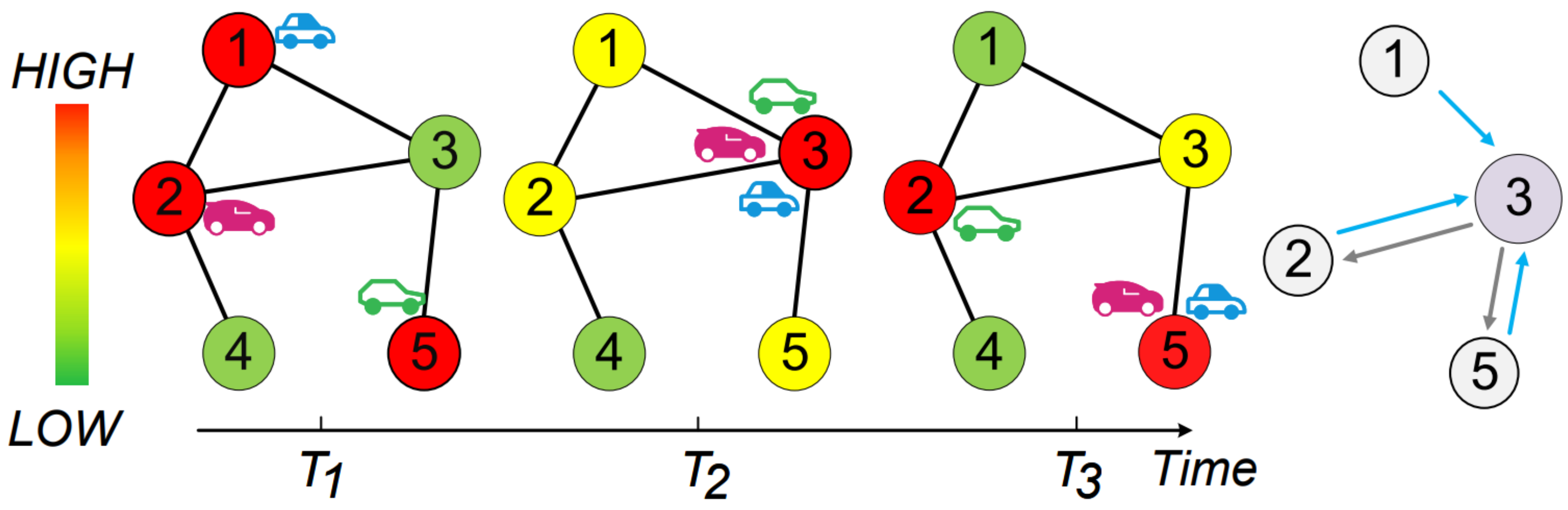
24.4.9

Presented by Yyyq

01 问题描述

Pivotal Nodes 路网中的关键节点

- ➢ 地理位置（在城中心）或特征（靠近大交通枢纽）与多个其他节点表现出广泛的联系
- ➢ 在汇聚和分配交通流方面表现出更强的能力

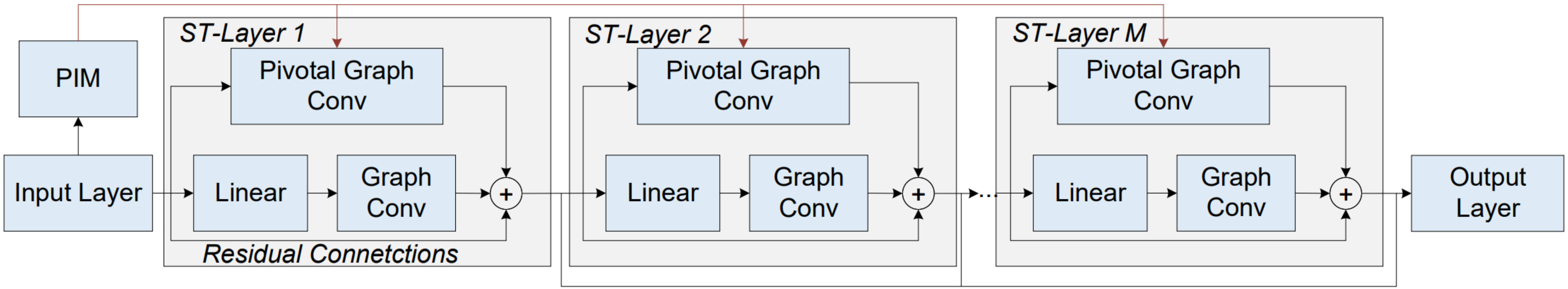


02

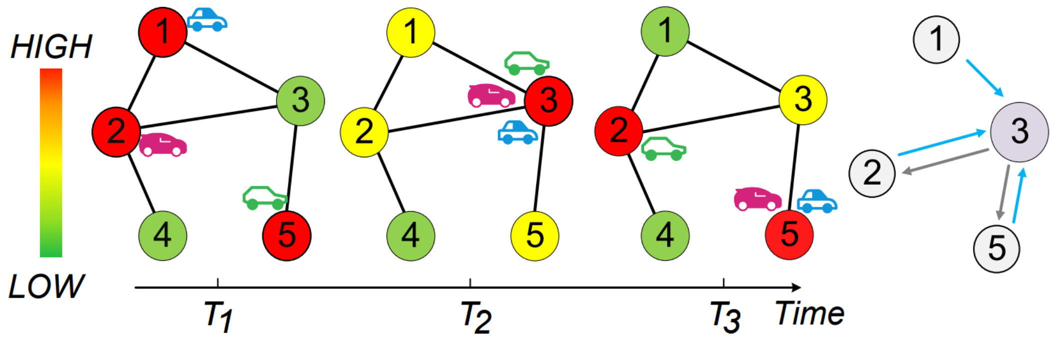
创新点

- 怎么识别关键节点? → 评分函数识别关键节点
- 怎么精确提取关键节点的时空特征? → 关键图卷积模块
- 非关键节点的时空特征补充 → 图卷积+线性单元

03 算法实现：整体结构


PIM
Input Layer
ST-Layer 1
Pivotal Graph Conv
Linear
Graph Conv
+
Residual Connetctions
ST-Layer 2
Pivotal Graph Conv
Linear
Graph Conv
+
ST-Layer M
Pivotal Graph Conv
Linear
Graph Conv
+
Output Layer

03 算法实现：关键节点识别 PIM



- 量化节点的流量聚合和分发能力
  - 计算余弦相似度

$$e_{i,j} = \frac{\sum_{k=1+d}^{S}(H_{i,k}H_{j,k-d}^{\top})w_{i,j}}{\sqrt{\sum_{k=1+d}^{S}(H_{i,k}^{2})} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{S-d}(H_{j,k}^{2})}},$$

矩阵E中，行的总和：节点的聚合能力

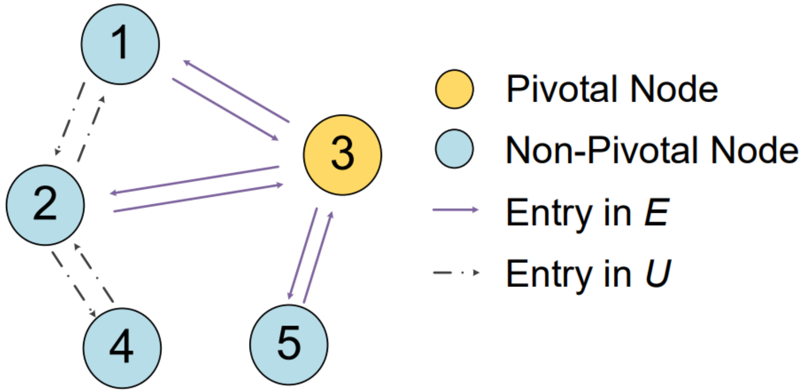
矩阵E中，列的总和：节点的分布能力

  - 评分函数

$$Score(i) = \sum_{j=1}^{N}(e_{i,j} + e_{j,i}). \qquad C = \{i|Score(i) \in TopK(Score)\},$$

  - 关键节点邻接矩阵

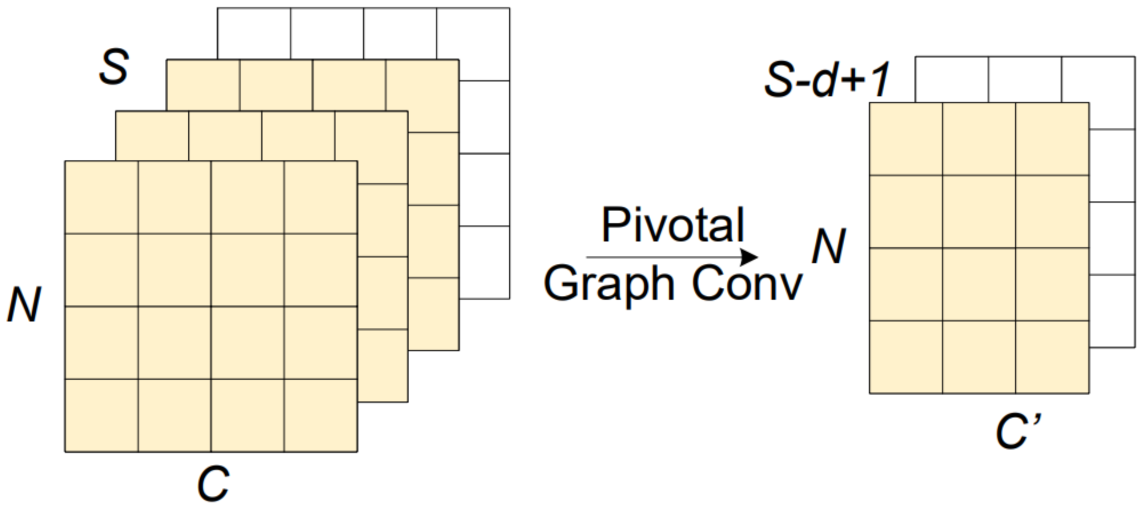
$$a_{i,j} = \begin{cases} sigmoid(e_{i,j}), & \text{if } i \in C \vee j \in C \\ u_{i,j}, & \text{others} \end{cases},$$



03 算法实现：关键图卷积 PGCM

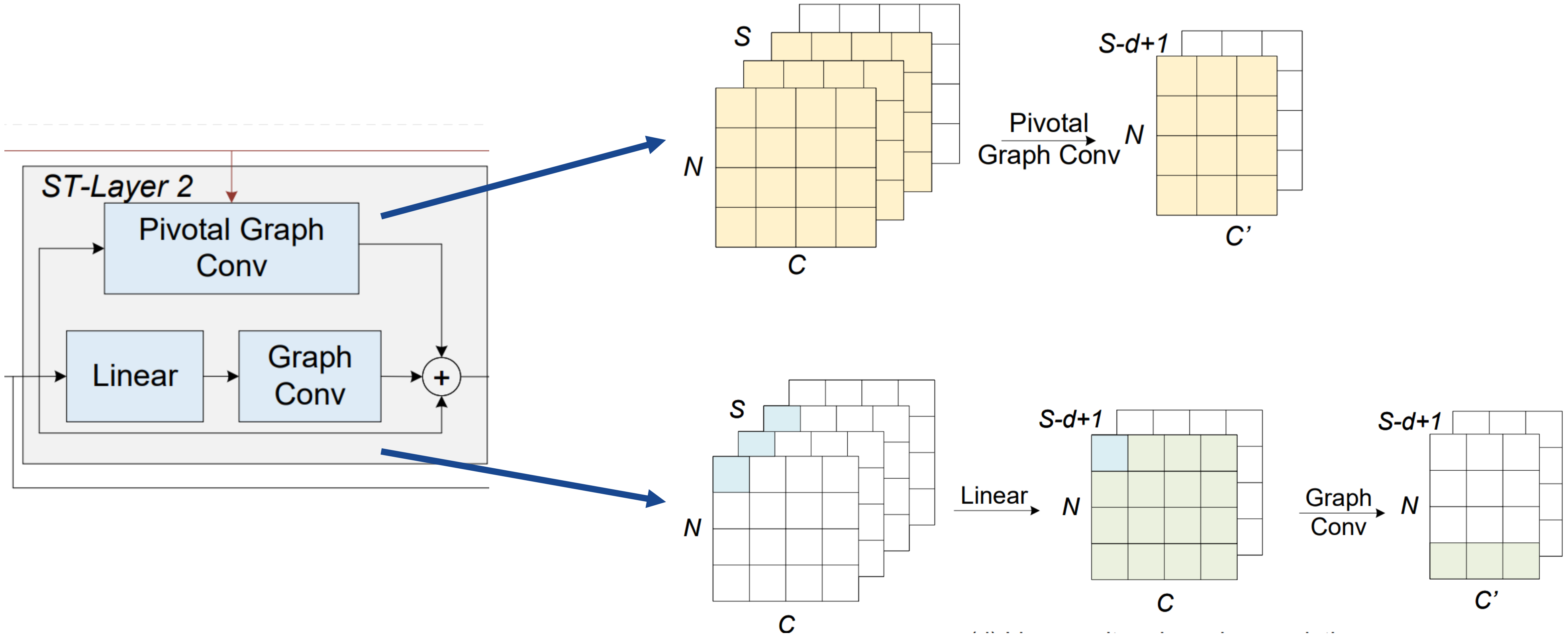
- 关注关键节点的时空依赖性
  - 在时域上对每个节点做卷积
  - 复杂度：$T_{\mathrm{d}}^2 N^2 \rightarrow T_{\mathrm{d}}\ KN$

输入：N个节点，S个时间步，C个通道
输出：N个节点，S-d+1个时间步，C’个通道（d是时间维度上的kernel size）



03 算法实现：时空层

- 针对关键节点：关键图卷积
- 针对非关键节点：图卷积（空间信息）+线性单元（长程的时间信息）



04 实验：数据集

Dataset	Node	Samples	Sample Rate	Data Type
PEMS-03	358	26208	5min	Traffic Flow
PEMS-04	307	16992	5min	Traffic Flow
PEMS-07	883	28224	5min	Traffic Flow
PEMS-08	170	17856	5min	Traffic Flow
England	314	17353	15min	Traffic Flow
TaxiBJ	1024	5596	30min	Taxi GPS
PEMS-BAY	325	52116	5min	Traffic Speed

04

实验1：预测效果对比

12个时间步预测未来12个时间步：

Datasets	Metric	ARIMA	DCRNN	GWNet	STSGCN	MTGNN	DMSTGCN	DSTAGNN	TPGNN	SGP	STPGNN	Improve(%)
PEMS03	MAE	26.33	18.18	19.85	17.48	17.23	16.82	15.67	16.88	15.82	**14.37**	9.05
	MAPE(%)	22.90	18.18	19.85	16.78	17.35	16.71	14.74	16.53	15.74	**14.23**	3.58
	RMSE	33.05	30.31	32.94	29.21	25.89	25.81	27.21	25.78	25.92	**24.62**	4.71
PEMS04	MAE	28.55	24.70	25.45	21.19	19.98	19.75	19.53	19.63	19.57	**18.34**	6.49
	MAPE(%)	19.55	17.12	17.29	13.90	14.13	13.91	12.97	13.04	13.13	**12.49**	3.84
	RMSE	40.36	38.12	39.70	33.65	31.92	31.43	31.46	31.44	31.52	**29.64**	6.03
PEMS07	MAE	33.89	25.30	26.85	24.26	23.92	23.73	21.42	23.52	23.66	**20.52**	4.39
	MAPE(%)	17.60	11.66	12.12	10.21	12.43	12.21	9.08	11.20	9.92	**8.75**	3.77
	RMSE	46.38	38.58	42.78	29.03	35.86	36.01	34.51	35.20	34.97	**33.38**	3.39
PEMS08	MAE	31.23	17.86	19.13	17.13	15.03	14.87	15.67	14.92	14.96	**13.90**	6.98
	MAPE(%)	19.25	11.45	12.68	10.96	10.23	10.11	9.94	10.11	10.27	**9.01**	10.32
	RMSE	33.47	27.83	31.05	26.80	23.89	23.86	24.77	23.76	24.03	**23.05**	3.08
England	MAE	4.23	3.59	3.12	3.02	3.03	2.98	2.97	3.07	3.05	**2.87**	3.48
	MAPE(%)	5.72	4.90	4.53	4.48	4.42	4.37	4.39	4.41	4.52	**4.19**	4.30
	RMSE	7.68	7.42	7.17	7.03	7.05	6.99	7.02	7.11	7.25	**6.81**	2.64
TaxiBJ	MAE	25.32	19.81	18.77	17.69	18.07	17.59	16.85	17.23	17.03	**15.66**	7.60
	MAPE(%)	59.35	34.19	33.52	31.04	31.98	31.79	29.76	30.89	30.12	**26.07**	14.15
	RMSE	51.54	31.68	30.66	28.30	29.97	27.71	27.53	28.19	27.86	**25.84**	6.54
PEMS-BAY	MAE	2.33	1.74	1.64	1.67	1.68	1.78	1.71	1.65	1.54	**1.45**	6.21
	MAPE(%)	5.40	3.90	3.85	3.75	3.69	4.10	3.60	3.47	**3.44**	3.57	*
	RMSE	4.76	3.97	3.75	3.82	3.74	3.97	3.71	3.65	3.52	**3.46**	1.73

04 实验2：关键参数K

TOPK：最优K值出现在大约五分之一处

Dataset	PEMS07(with 883 sensors)					
K	100	125	150	175	200	225
MAE	21.32	21.13	20.85	**20.52**	<u>20.56</u>	20.63
MAPE(%)	9.32	9.13	8.86	**8.75**	<u>8.79</u>	8.91
RMSE	34.25	33.96	33.51	**33.38**	<u>33.42</u>	33.63
Dataset	PEMS08(with 170 sensors)					
K	5	15	25	35	45	55
MAE	15.21	14.63	14.02	**13.77**	<u>13.96</u>	14.38
MAPE(%)	10.17	9.53	<u>9.22</u>	**8.96**	9.31	9.74
RMSE	23.97	23.25	<u>23.03</u>	**22.90**	23.11	23.68

04

实验3：消融实验

- RemPG: 随机选择节点作为关键节点
- RemPGCN： 去除关键图卷积，不使用关键图邻接矩阵
- RemGCN：仅使用关键图卷积，删除全局图卷积

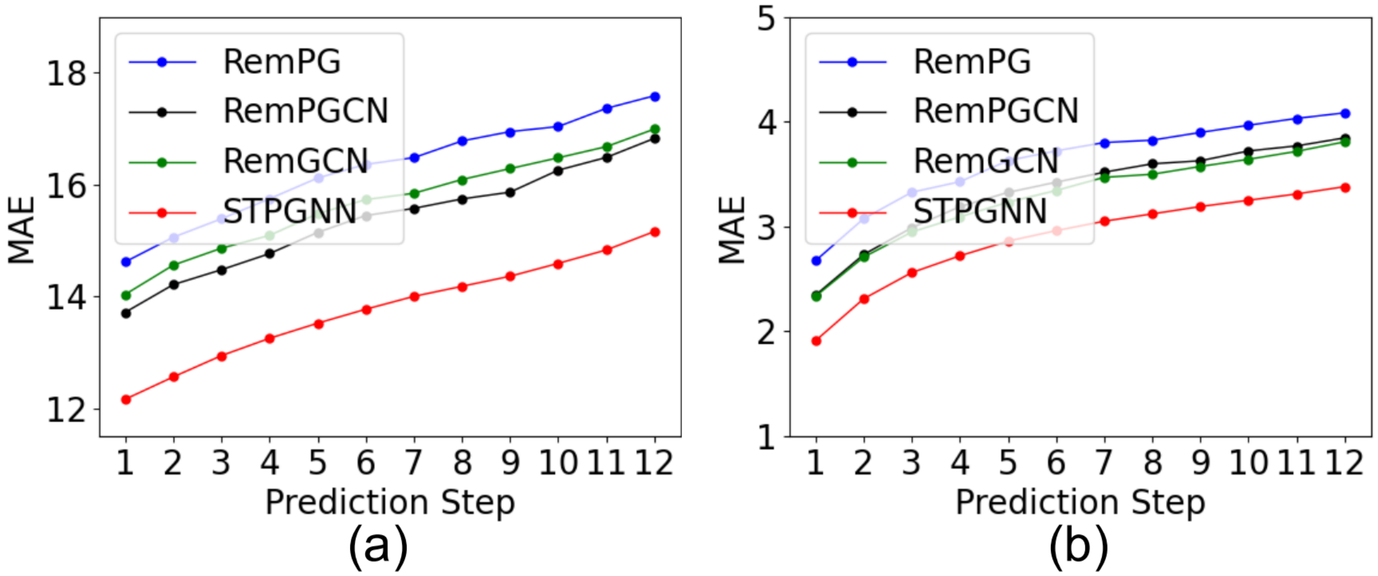
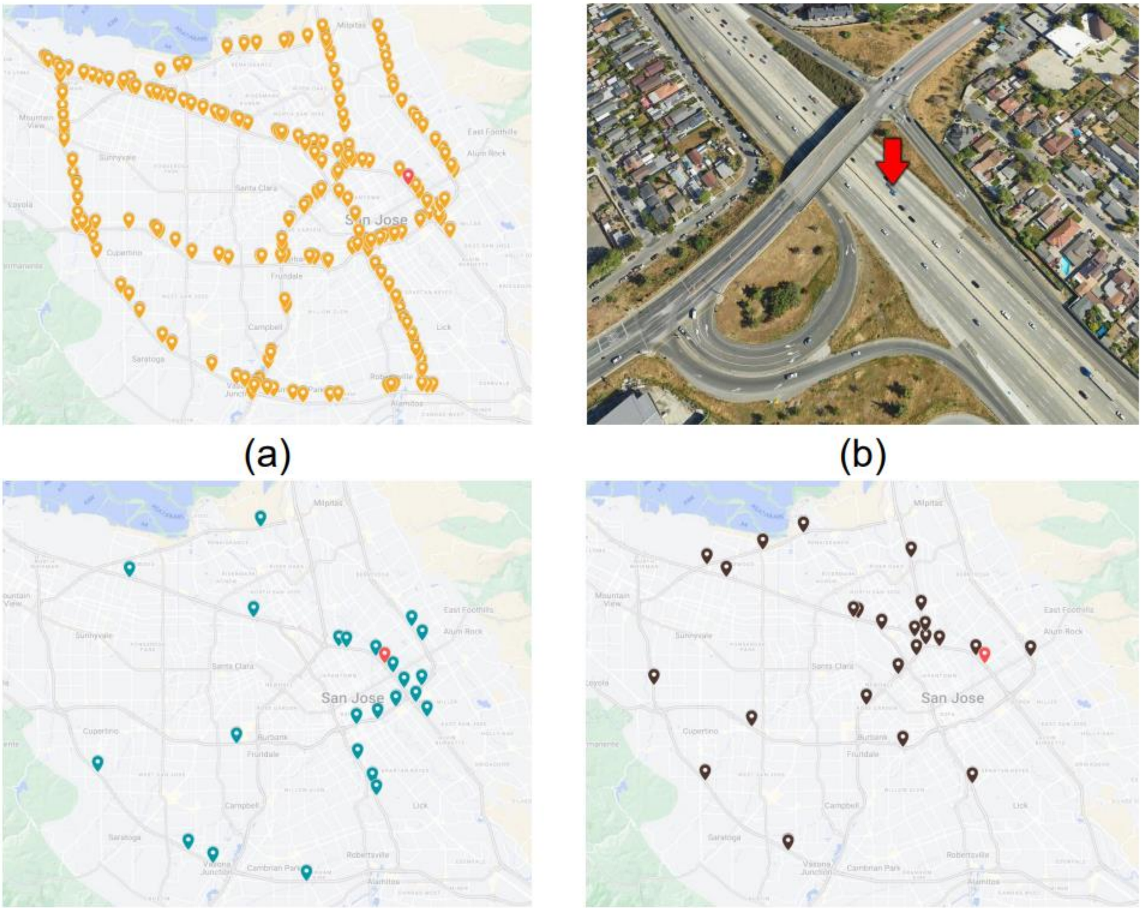


Figure 3: Performance comparison of different variant on PEMS08 and England datasets.

04

实验4：关键节点的影响

节点90：评分最高

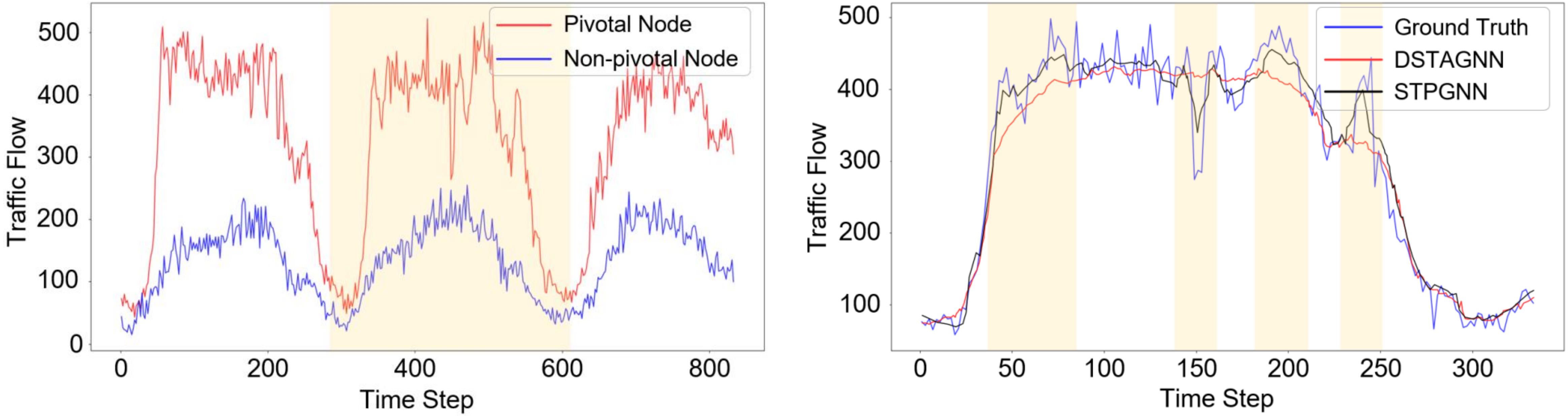


(a) (b) (c) (d)

04

实验4：关键节点的影响

关键节点：节点0
非关键节点：节点113



(a) (b)

谢谢观看

MANY THANKS !

24.4.9