



大连理工大学

信息检索研究室

*Information Retrieval Laboratory of DUT*

# Deep Multi-View Spatial-Temporal Network for Taxi Demand Prediction

2020年12月11日

## ● 开源代码：无

## ● 数据集：

- ✓ 数据来源于大规模的在线出租车请求数据集（滴滴出行）
- ✓ 02/01/2017-03/26/2017广州用车请求（日均30w次）
- ✓ 数据包含20\*20个区域，每个区域大小为0.7km\*0.7km
- ✓ 数据特征：时间特征(后四个时间间隔的平均需求值)、空间特征(区域中心的经度纬度)、气象特征(天气条件)、事件特征(节日)。

- 城市交通拥堵问题严重
- 使用智能出租车服务缓解交通压力、合理分配资源、避免资源浪费
- 使用历史出租车请求数据来预测未来时间戳中某个区域的出租车请求数量
- 利用CNN和LSTM模型，捕获是时间和空间的非线性关系

- 将城市看作图像，使用**局部CNN**根据距离过滤远端弱相关区域
- 使用区域图捕获语义信息（两个地点在空间上遥远但在需求上相似）
- 提出了一个统一的多视图模型，共同考虑**空间、时间和语义**关系

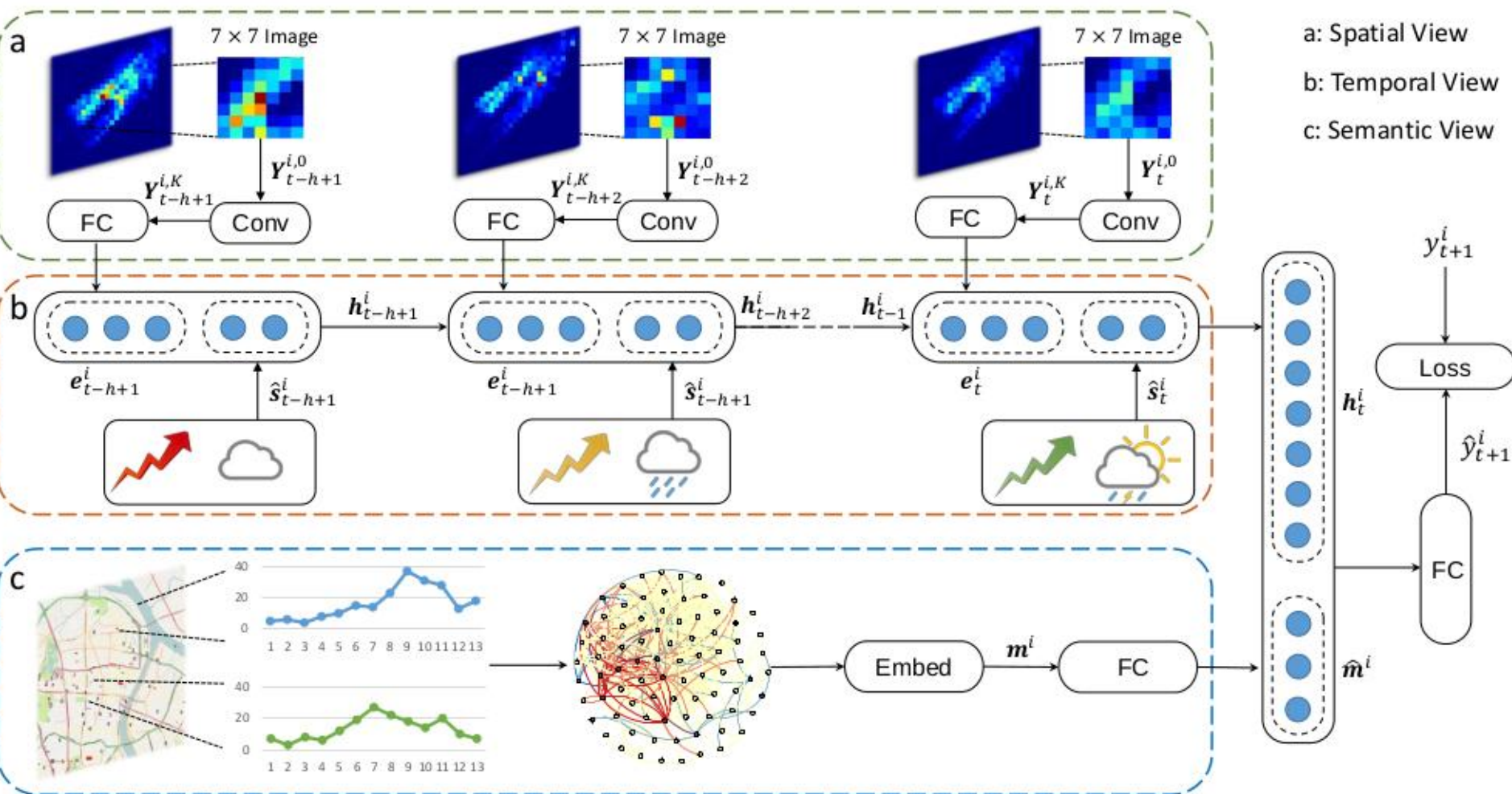
# DMVST-Net模型



大连理工大学  
信息检索研究室



Information Retrieval Laboratory of DUT



## ● 可空间部分：

- ◆ 使用本地CNN来捕获附近区域之间的依赖关系
- ◆ 使用K个卷积层+1个FC层

## ● 时间部分：LSTM模型

## ● 语义部分：

- ◆ 构建区域的权重图(权重表示功能相似度)
- ◆ 节点被编码为向量



## ● 训练流程：

### Algorithm 1: Training Pipeline of DMVST-Net

**Input:** Historical observations:  $\mathcal{Y}_{1,\dots,t}^L$ ; Context features:  $\mathcal{E}_{t-h,\dots,t}^L$ ; Region structure graph  $G = (V, E, D)$ ; Length of the time period  $h$ ;

**Output:** Learned DMVST-Net model

```
1 Initialization;
2 for  $\forall i \in L$  do
3   Use LINE on  $G$  and get the embedding result  $\mathbf{m}^i$ ;
4   for  $\forall t \in [h, T]$  do
5      $\mathcal{S}_{spa} = [\mathbf{Y}_{t-h+1}^i, \mathbf{Y}_{t-h+2}^i, \dots, \mathbf{Y}_t^i]$ ;
6      $\mathcal{S}_{cox} = [\mathbf{e}_{t-h+1}^i, \mathbf{e}_{t-h+2}^i, \dots, \mathbf{e}_t^i]$ ;
7     Append  $\langle \{\mathcal{S}_{spa}, \mathcal{S}_{cox}, \mathbf{m}^i\}, y_{t+1}^i \rangle$  to  $\Omega_{bt}$ ;
8   end
9 end
10 Initialize all learnable parameters  $\theta$  in DMVST-Net;
11 repeat
12   Randomly select a batch of instance  $\Omega_{bt}$  from  $\Omega$ ;
13   Optimize  $\theta$  by minimizing the loss function Eq. (9)
      with  $\Omega_{bt}$ 
14 until stopping criteria is met;
```

- 使用K个卷积层+1个FC
- 卷积核大小为7\*7
- FC获取空间视角向量表示：

$$\hat{\mathbf{s}}_t^i = f(W_t^{fc} \mathbf{s}_t^i + b_t^{fc}),$$



- 当前时刻输入：空间视角向量、天气向量拼接
- LSTM计算方式

$$\mathbf{i}_t^i = \sigma(\mathbf{W}_i \mathbf{g}_t^i + \mathbf{U}_i \mathbf{h}_{t-1}^i + \mathbf{b}_i),$$

$$\mathbf{f}_t^i = \sigma(\mathbf{W}_f \mathbf{g}_t^i + \mathbf{U}_f \mathbf{h}_{t-1}^i + \mathbf{b}_f),$$

$$\mathbf{o}_t^i = \sigma(\mathbf{W}_o \mathbf{g}_t^i + \mathbf{U}_o \mathbf{h}_{t-1}^i + \mathbf{b}_o),$$

$$\theta_t^i = \tanh(\mathbf{W}_g \mathbf{g}_t^i + \mathbf{U}_g \mathbf{h}_{t-1}^i + \mathbf{b}_g),$$

$$\mathbf{c}_t^i = \mathbf{f}_t^i \circ \mathbf{c}_{t-1}^i + \mathbf{i}_t^i \circ \theta_t^i,$$

$$\mathbf{h}_t^i = \mathbf{o}_t^i \circ \tanh(\mathbf{c}_t^i).$$

- 使用位置图表示区域间的功能(语义)相似性
- 使用平均每周需求时间序列作为需求模式
- 每两个区域均可达，为全连接图
- 获取Embedding向量+FC

$$\hat{\mathbf{m}}^i = f(W_{fe}\mathbf{m}^i + b_{fe})$$

- 拼接语义视角Embedding向量+LSTM输出
- 过FC，使用损失函数进行训练

$$\mathcal{L}(\theta) = \sum_{i=1}^N ((y_{t+1}^i - \hat{y}_{t+1}^i)^2 + \gamma (\frac{y_{t+1}^i - \hat{y}_{t+1}^i}{y_{t+1}^i})^2)$$

## ● MPAAE、RMSE

$$MAPE = \frac{1}{\xi} \sum_{i=1}^{\xi} \frac{|\hat{y}_{t+1}^i - y_{t+1}^i|}{y_{t+1}^i},$$

## ● 数据集划分：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{\xi} \sum_{i=1}^{\xi} (\hat{y}_{t+1}^i - y_{t+1}^i)^2},$$

- ◆ 训练集：2017年2月1日-2017年3月19日
- ◆ 测试集：2017年3月20日-2017年3月26日
- ◆ 使用前8个时间间隔(即4小时)来预测下一个时间间隔的出租车需求

# 实验结果—总体结果对比



Method	MAPE	RMSE
Historical average	0.2513	12.167
ARIMA	0.2215	11.932
Ordinary least square regression	0.2063	10.234
Ridge regression	0.2061	10.224
Lasso	0.2091	10.327
Multiple layer perceptron	0.1840	10.609
XGBoost	0.1953	10.012
ST-ResNet	0.1971	10.298
DMVST-Net	<b>0.1616</b>	<b>9.642</b>

# 实验结果—消融实验结果



Method	MAPE	RMSE
Temporal view	0.1721	9.812
Temporal + Semantic view	0.1708	9.789
Temporal + Spatial (Neighbor) view	0.1710	9.796
Temporal + Spatial (LCNN) view	0.1640	9.695
DMVST-Net	<b>0.1616</b>	<b>9.642</b>

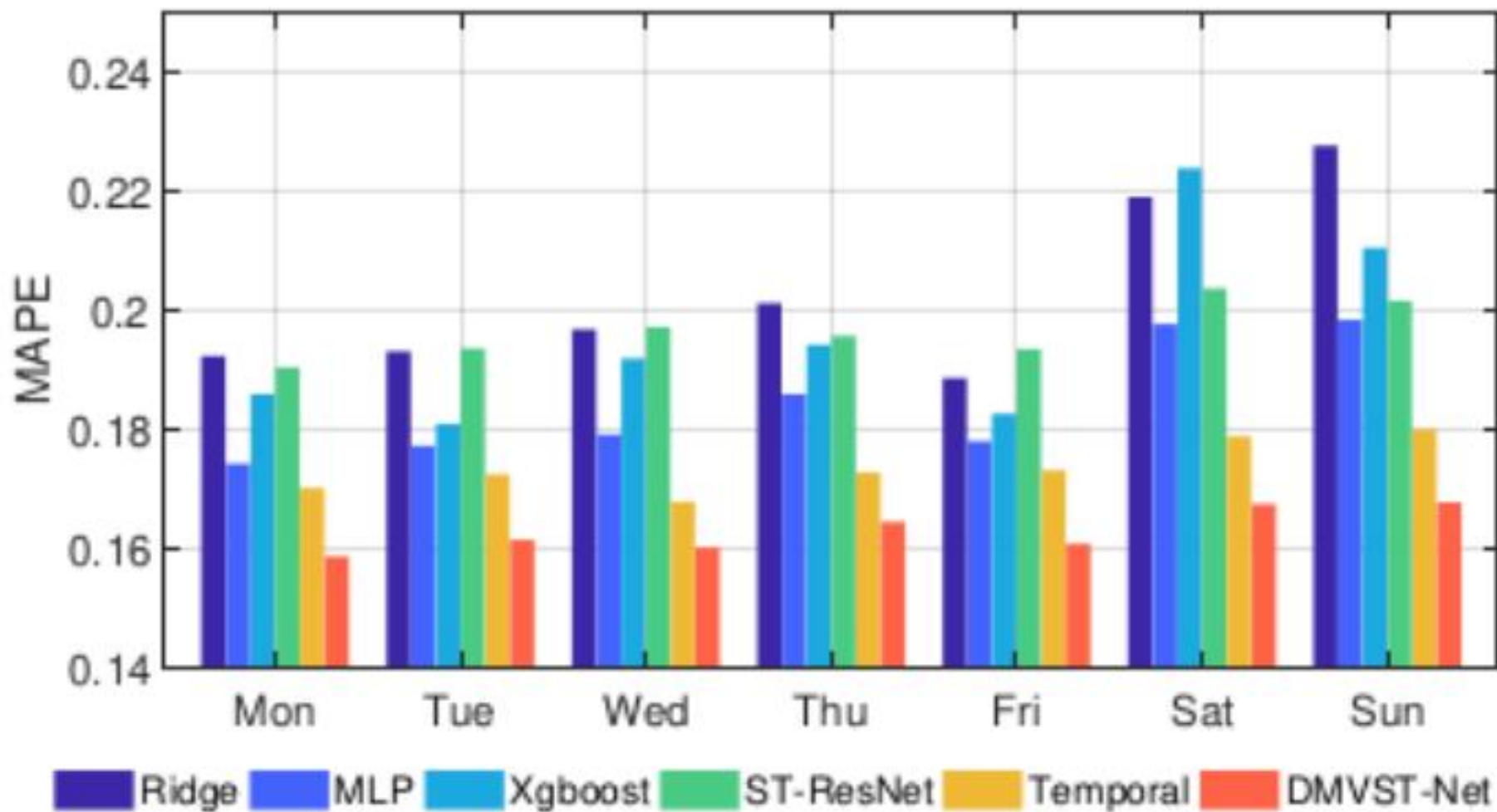
# 实验结果—按日期结果对比



大连理工大学  
信息检索研究室



Information Retrieval Laboratory of DUT





# 实验结果

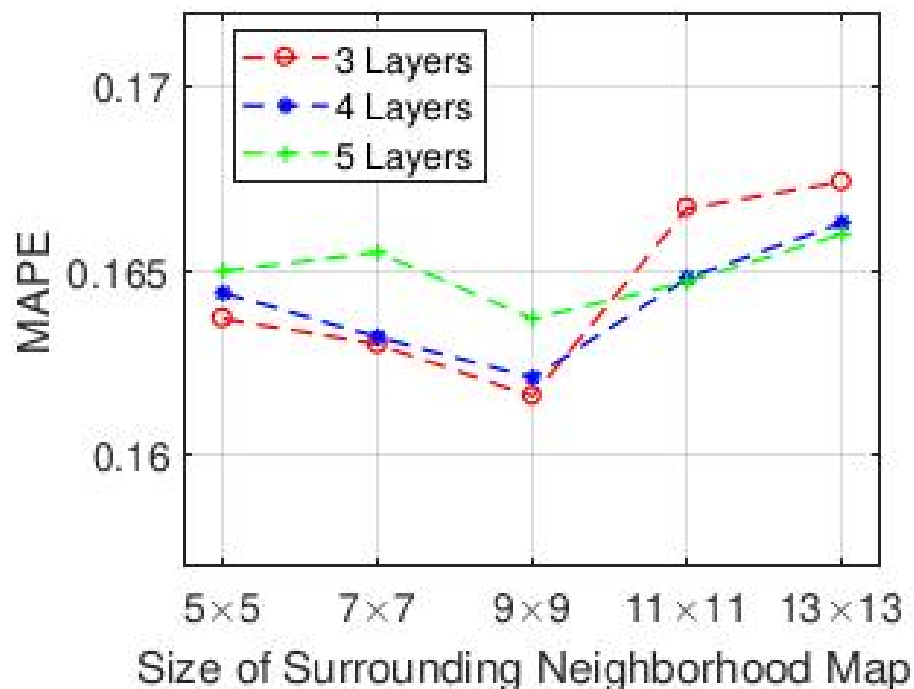
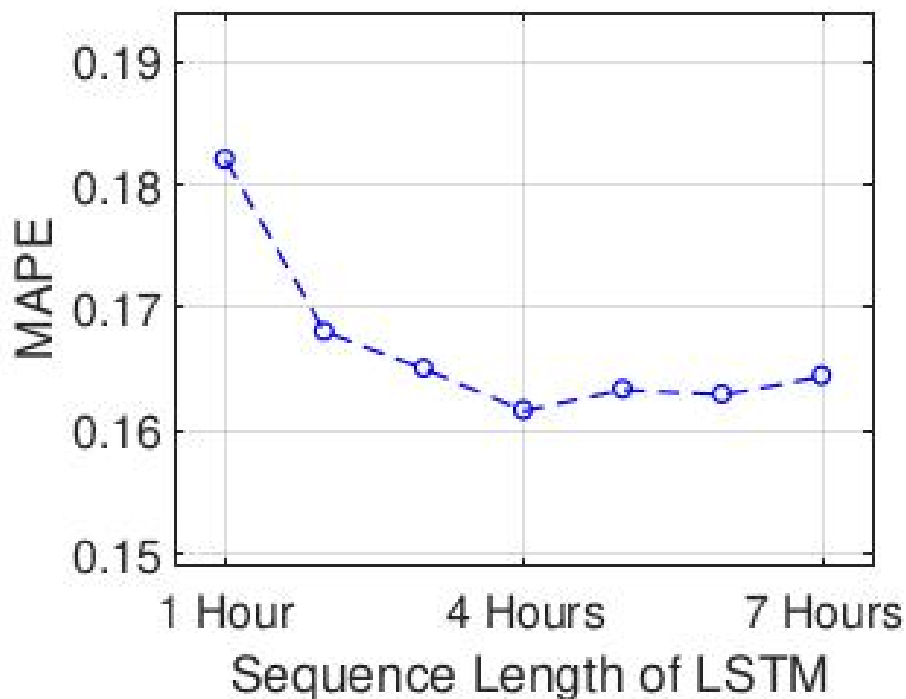


大连理工大学  
信息检索研究室



Information Retrieval Laboratory of DUT

- 卷积核大小选择：9\*9
- 卷积层层数：三层
- LSTM时间长度选择：4h



- 提出统一的多视图模型（时间、空间语义）
- 下一步研究方向：
  - ◆ 计划合并更明确的信息（POI信息）
  - ◆ 获取可解释性更高的算法

# 谢谢！ 请多提意见！



大连理工大学  
信息检索研究室



Information Retrieval Laboratory of DLUT



大连理工大学

## 信息检索研究室

搜人搜物搜信息 重情重義重認知

<http://ir.dlut.edu.cn>