

交通数据分析与应用



道路交通系统运行状态分析

段征宇 副教授

同济大学交通运输工程学院

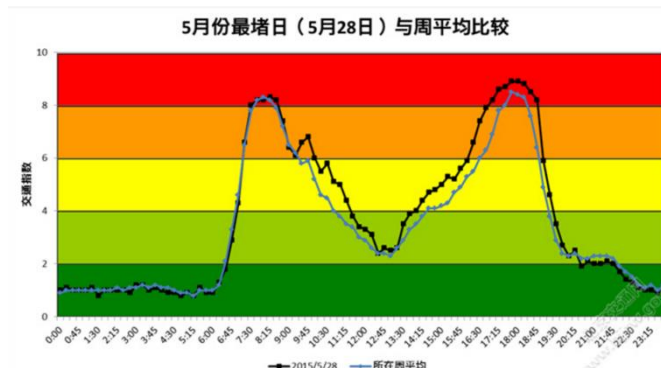
2. 路网交通状态分析



2.1 路网交通指数

• 北京

- 根据路段行程车速，结合道路等级和路段长度加权得到（路网拥堵里程比例），取值在0~10之间，数值越高，表明交通拥堵越严重
- 0~2，畅通
- 2~4，基本畅通
- 4~6，轻度拥堵
- 6~8，中度拥堵
- 8~10，严重拥堵



北京交通运行指数方法（1）-步骤

参见：北京市地方标准，DB11/T 785-2011，城市道路交通运行评价指标体系

- 1) 按照《城市道路交通规划设计规范》（GB 50220-1995）划分的道路等级，以不高于15min为统计间隔，计算道路网中各路段的平均行程速度；
- 2) 分别统计快速路、主干路、次干路和支路中处于严重拥堵运行等级的路段里程比例，其中路段交通运行等级的确定见表1；
- 3) 对各等级道路拥堵里程比例以VKT比例作为权重进行加权，计算确定道路网拥堵里程比例，VKT比例计算方法按照附录B规定执行；
- 4) 按照道路网拥堵里程比例与道路交通运行指数的转换关系（见附录C），计算道路交通运行指数，道路交通运行指数取值区间为[0，10]。

北京交通运行指数方法（2）-表1

表1 路段交通运行等级划分

单位为公里/小时

运行等级	畅通	基本畅通	轻度拥堵	中度拥堵	严重拥堵
快速路	$V > 65$	$50 < V \leq 65$	$35 < V \leq 50$	$20 < V \leq 35$	$V \leq 20$
主干路	$V > 40$	$30 < V \leq 40$	$20 < V \leq 30$	$15 < V \leq 20$	$V \leq 15$
次干路、支路	$V > 35$	$25 < V \leq 35$	$15 < V \leq 25$	$10 < V \leq 15$	$V \leq 10$
注：V 表示路段平均行程速度。					

北京交通运行指数方法（3）-附录B

1) 按照公式（B.1）计算统计时段内各路段的VKT值

$$VKT_{S_i} = V_{S_i} \times L_{S_i} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

VKT_{S_i} ——统计时段内路段 S_i 的VKT值（单位：pcu•km）

V_{S_i} ——统计时段内通过路段 S_i 的当量小汽车交通量（单位：pcu）

L_{S_i} ——路段 S_i 的长度（单位：km）

2) 按照公式（B.2）汇总得到统计时段内快速路的VKT值

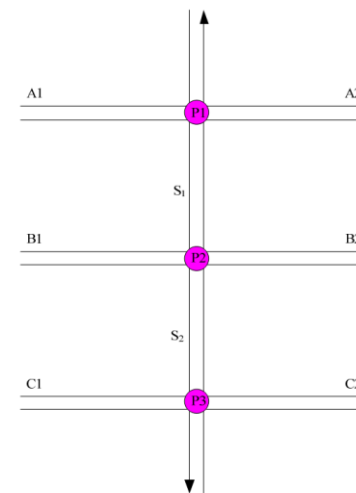
$$VKT_{\text{快速路}} = \sum_{i=1}^{N_1} VKT_{S_i} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$VKT_{\text{快速路}}$ ——快速路的VKT值（单位：pcu•km）

N_1 ——快速路的路段数（单位：条）

主干路、次干路和支路VKT值的计算，以此类推。



图B.1 路段示例

3) 计算各等级道路VKT值占道路网总VKT值的百分比

北京交通运行指数方法（4）-附录C

表C.1 道路网拥堵里程比例与 TPI 的推荐转换关系

道路网拥堵里程比例	[0, 4%] 5%	(5%, 8%]	(8%, 11%]	(11%, 14%]	(14%, 24%)	$\geq 24\%$
道路交通运行指数 (TPI)	[0, 2]	(2, 4]	(4, 6]	(6, 8]	(8, 10)	10

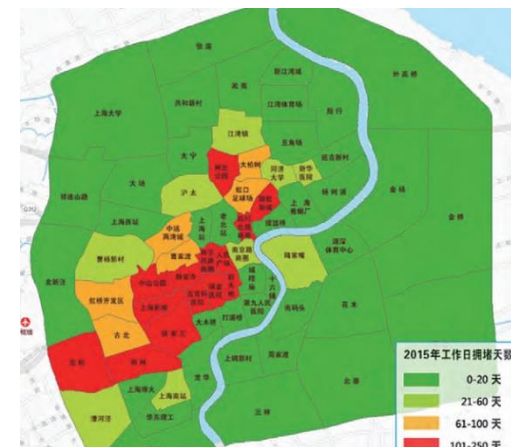
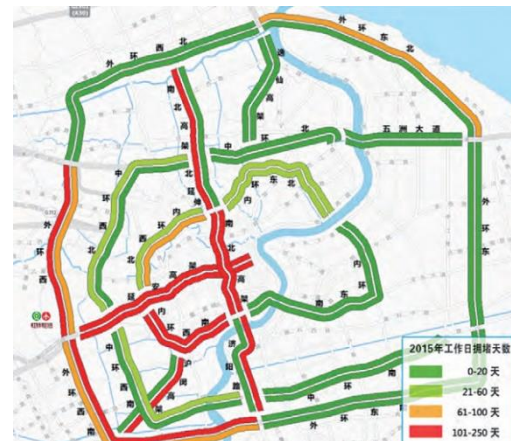
交通指数-上海

• 上海

- 根据路段自由流车速和实际行程车速，结合路段长度和车道数量加权得到，取值在0~100之间，50以上表明路段处于拥挤状态

$$TSI = (\text{自由流车速} - \text{实际车速}) / \text{自由流车速} \times 100$$

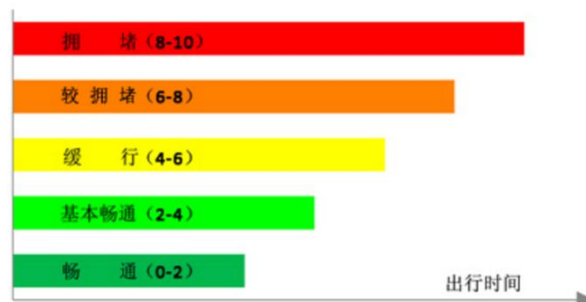
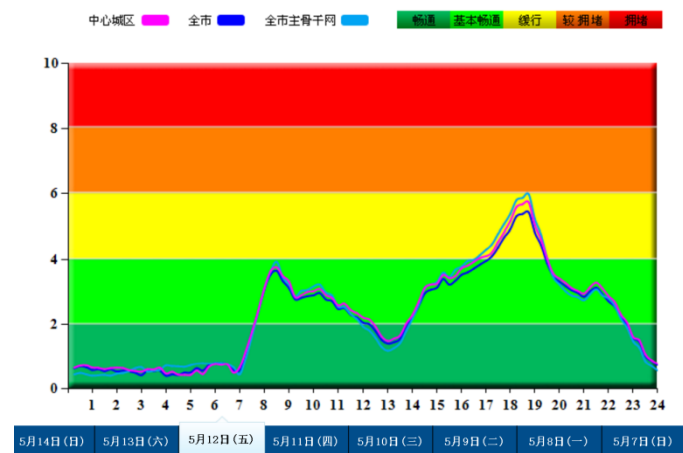
- 0~30，畅通
- 30~50，较畅通
- 50~70，拥挤
- 70~100，堵塞



交通指数-深圳

• 深圳

- 结合路段行程车速、出行时间和专家评分等（行程时间比）建立了交通拥堵指数，取值在0~10之间
- 0~2，畅通
- 2~4，基本畅通
- 4~6，缓行
- 6~8，轻度拥堵
- 8~10，拥堵



一次出行多花费1.2倍以上时间
一次出行多花费0.9-1.2倍时间
一次出行多花费0.6-0.9倍时间
一次出行多花费0.3-0.6倍时间
基本可按照自由车速行驶

交通指数和出行时间关系图

城市交通分析报告（高德）

- 分析内容（**导航数据**）

- 交通拥堵：延时指数，平均速度、自由流速度，每小时拥堵时间；拥堵时间成本，年拥堵成本
- 拥堵与道路规划：道路级配、路网密度、道路面积率、交叉口间距、人均偏航次数、出行路径非直线系数（6项指标）
- 专项分析：城市功能分区变迁，演唱会的影响，地铁与城市交通，信号灯供需协调能力（广州）
- 骑行行为：出行距离，5km内的驾车导航比例（2017季报）

- 分析时段定义

- 早高峰：7:00-9:00；晚高峰：17:00-19:00；全天：6:00-22:00
- 日期：工作日、节假日

- 分析区域定义

- 中心城区或建成区（具体定义未知）

城市交通出行报告（滴滴）

- 分析内容（滴滴网约车平台数据）
 - 交通拥堵：拥堵延时指数、平均车速
 - 交通可靠性：网络缓冲时间率（平均每km需要额外预留的时间，min/km）
 - 打车情况：打车成功率
- 分析时段定义
 - 早高峰：7:00-10:00；晚高峰：17:00-20:00；自由流时段：0:00-6:00
 - 日期：工作日、节假日
- 分析区域定义
 - 未说明
- 分析对象
 - 400个城市

2.2 路径行程时间分析

- 时变路网的定义

- 对于时变路网 $G=(V, A, C)$, $V=\{1, 2, \dots, n\}$ 是节点的集合, $A=\{1, 2, \dots, m\}$ 是路段的集合, $C=\{c_{ij}(t) \mid (i, j) \in A\}$ 表示路段 (i, j) 的行程时间时变函数的集合。
- $c_{ij}(t)$ 可以是离散的阶梯函数, 也可以是连续函数, 或连续分段函数。若采用分段函数或阶梯函数, 定义 M 个时段, $T=\{0, 1, \dots, M-1\}$, 路段 (i, j) 在时段 $t \in T$ 的行程时间为 $c_{ij}(t)$ 。

先入先出（FIFO）网络

- 对于路网 $G=(V, A, C)$, 是 V 节点集合, A 是路段集合, 对于任意路段 $(i, j) \in A$, 若对于出发时刻 $t < t'$, 若下式成立, 则称为FIFO (First In First Out)网络

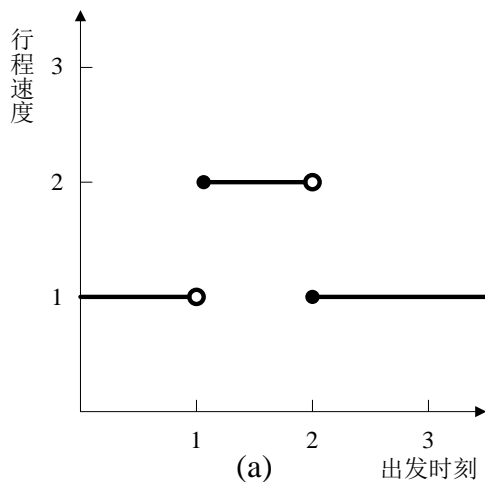
$$c_{ij}(t) + t \leq c_{ij}(t') + t'$$

- 其中, $c_{ij}(t)$ 表示对于路段 (i, j) , 出发时刻为 t 时, 从 i 到 j 的行程时间
- 若时变路网满足FIFO特性, 那么, 静态路网的最短路径算法, 比如: 标号法、A*算法等, 均可用于时变路网的最优路径问题 (行程时间最短路径)

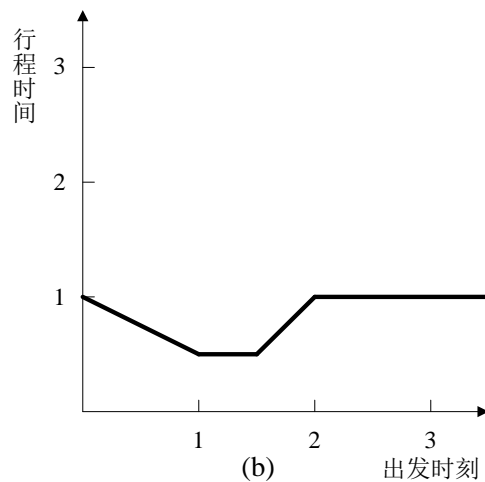
时变路网的表示

- 路段的行程车速时变函数

- $v_{ij}(t)$ 表示路段(i, j)在 t 时刻的行程车速
- 严格满足FIFO特性
- 例如：设路段(i, j)的长度为1，行程速度时变函数如图(a)，那么，行程时间时变函数如图(b). 由于同一时刻路段的车速相同，所以，先出发车辆与后出发车辆的保持距离不变，先出发车辆总是先到达，FIFO特性满足



路段行程车速



路段行程时间

路径行程时间计算（1）

- 假定 $v_{ij}(t)$ 采用阶梯函数的形式，定义 k 个时间间隔 $\{(0, s_1), \{s_1, s_2\}, \dots, \{s_{k-1}, s_k\}\}$ ，每个时间间隔对应一个行程车速值。
- 设 P 为连接起点 v_o 和终点 v_d 的一条路径， $T(P, t)$ 表示在时刻 t 从起点 v_o 出发，路径 P 的行程时间； $(i, j) \in P$ 表示路径 P 的一个组成路段，设 t_i 为到达节点 i 的时间， $c_{ij}(t_i)$ 表示时刻 t_i 从节点 i 出发到达节点 j 的行程时间那么：

$$T(P, t) = \sum_{(i, j) \in P} c_{ij}(t_i)$$

- 其中， $c_{ij}(t_i)$ 由 $v_{ij}(t)$ 确定

路径行程时间计算（2）

- 设路段 (i,j) 的长度为 l_{ij} , $c_{ij}(t_i)$ 的计算方法如下:
设 $t_i > s_u$, 那么

Begin

$$l = l_{ij}$$

$$t = t_i$$

$$c_{ij}(t_i) = 0$$

While $(t + l / v_{ij}(s_u)) > s_{u+1}$

$$c_{ij}(t_i) = c_{ij}(t_i) + (s_{u+1} - t)$$

$$l = l - v_{ij}(s_u) \times (s_{u+1} - t)$$

$$t = s_{u+1}$$

$$u = u + 1$$

End While

$$c_{ij}(t_i) = c_{ij}(t_i) + l / v_{ij}(s_u)$$

End

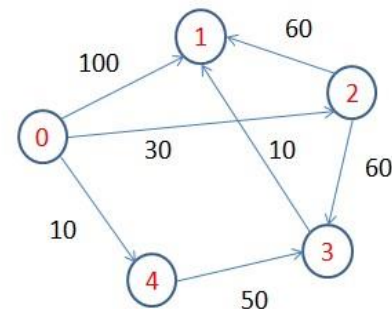
最优路径算法-Dijkstra算法

- 算法的符合定义：
 - t_0 : 给定的出发时刻
 - v_o : 起点, v_d : 终点
 - V : 所有的节点集合
 - A : 所有的路段集合
 - S : 已找到最优路径的节点集合
 - W : 节点集合, 存放未找到最优路径的节点
 - li : 节点 i 的标号
 - pi : 节点 i 的前驱节点
 - $c_{ij}(t)$: 路段 (i,j) 在 t 出发时刻的行程时间

最优路径算法-Dijkstra算法

- 1) 初始化
 - 设 $i=v_o$, $l_i=t_o$, $p_i=-1$; 对于任意 $j \neq i$, $l_j=+\infty$, $p_j=-1$; $S=\{i\}$, $W=\emptyset$
- 2) 更新节点标号
 - 对于 i 的所有后继节点 j , 若 $l_j > l_i + c_{ij}(l_i)$, 则: $l_j = l_i + c_{ij}(l_i)$, $p_j = i$, 若 $j \notin W$, $W = W \cup \{j\}$
- 3) 节点选择
 - 设 v^* 为 W 中标号最小的节点, 即 $l_{v^*} = \min(l_j), j \in W$, 令 $i = v^*$. $S = S \cup \{i\}$, $W = W - \{i\}$
- 4) 判断终止条件
 - 若 $i = v_d$, 则停止计算, 否则, 转到步骤2
 - $(l_i - t_o)$ 即为 v_o 到 v_d 的最短路径行程时间, 通过节点 i 的前驱节点 p_i , 可以方向追踪得到最优路径的路段组成

最优路径算法-Dijkstra算法



- 计算节点0到节点1的最短路径
- 标号计算过程

步骤	节点0	节点1	节点2	节点3	节点4
0	0*, -1	$+\infty$, -1	$+\infty$, -1	$+\infty$, -1	$+\infty$, -1
1		100, 0	30, 0	$+\infty$, 0	10*, 0
2		100, 0	30*, 0	60, 4	
3		90, 2		60*, 4	
4		70*, 3			

- 最短路径: 0 -> 4 -> 3 -> 1

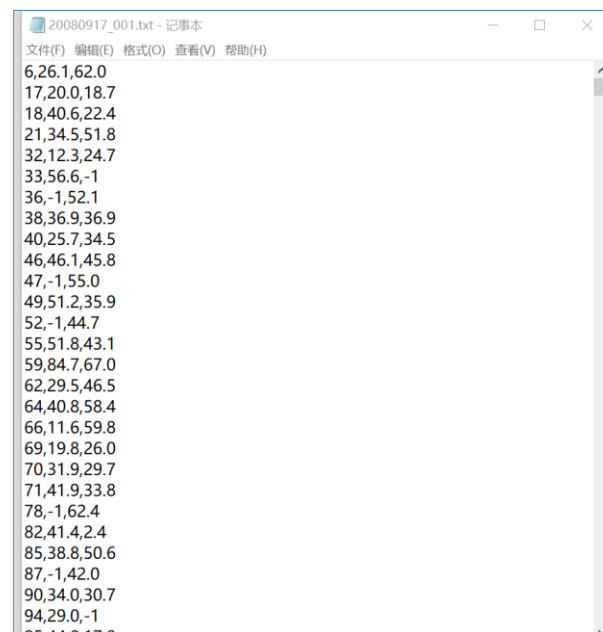
3. 作业-交通运行指数

- 数据：
 - 上海1天的FCD车速数据（5min时段）
 - 上海路网GIS文件
- 要求：
 - 采用北京市地方标准（DB11/T 785-2011）方法，计算上海路网的“交通运行指数”
 - 选取5min为1个时段，计算高峰、平峰各1小时的交通运行指数（也就是有24个时段的计算结果）
 - 权重，流量 V_s 取1；路段分方向；缺失数据的路段不参与拥堵比例计算
- 提交：
 - Canvas系统（<http://canvas.tongji.edu.cn>）
 - 2周（12月19日之前）

FCD数据

- 上海，1天的FCD数据，2008.9.17（周三）
- 文件名：20080917_001.txt，2008-09-17的第1个时段（1天包括288个等分时段，每个时段5min）
- 日期、时段信息包含在文件名中

字段	说明	例子
LinkID	路段的编号	6
Speed1	方向1的速度（km/h），“-1”或“缺失”表示该时段没有“车速数据”	15.4
Speed2	方向2的速度（km/h）	44.7



```
20080917_001.txt - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
6,26.1,62.0
17,20.0,18.7
18,40.6,22.4
21,34.5,51.8
32,12.3,24.7
33,56.6,-1
36,-1,52.1
38,36.9,36.9
40,25.7,34.5
46,46.1,45.8
47,-1,55.0
49,51.2,35.9
52,-1,44.7
55,51.8,43.1
59,84.7,67.0
62,29.5,46.5
64,40.8,58.4
66,11.6,59.8
69,19.8,26.0
70,31.9,29.7
71,41.9,33.8
78,-1,62.4
82,41.4,2.4
85,38.8,50.6
87,-1,42.0
90,34.0,30.7
94,29.0,-1
95,44.8,17.8
```

GIS数据

- 图层
 - 路网
 - 高架/快速路（作为背景图层）



GIS数据-路网图层（shroad）

字段	说明
FID	GIS对象的编号
FNODE_	路段的起点
TNODE_	路段的终点
ID	路段编号（与FCD数据相对应）
CFCC	道路等级：高架，快速路，干线主干道，主干道，次干道，支路，其它1（过江隧道），形心连接线（无用）
Length	路段长度（ $1/10^5$ m）
RLength	路段长度（m）
RoadName	道路名称

GIS数据-高架/快速路图层 (SH_AB)

- 作为背景图层

字段	说明
FID	GIS对象的编号
FNODE_	路段的起点
TNODE_	路段的终点
ID	路段编号（与shroad图层相对应）
CFCC	方向：A, B