

# 分析街道拓撲結構於探討城市交通擁塞問題

第八屆發展研究年會 2016 - C3 空間資料與永續發展

星期日, 10月16日, 2016 / 09:10-10:50(2) / 國立臺灣大學地理環境資源  
學系-202室

陳威全 (國立臺灣大學 - 地理環境資源學系)

## 交通擁塞的三個面向

- 連接性 (connectivity): 這一段路可以更快的通向哪些地方 ?
- 需求 (demand): 有多少車子(需要)經過這路段 ?
- 設計 (design): 這區域的路段網絡結構是否太複雜 ?

這研究的目的是想找出影響  
交通擁塞 的  
網絡特性.

分析街道拓撲結構 – 探討城市交通擁塞問題

有兩個部分：

移動的車子，及相互連接的路網

請想象一下，有很多的道路路段，他們彼此相互連在一起，  
並且有很多車子在這上面移動 ...



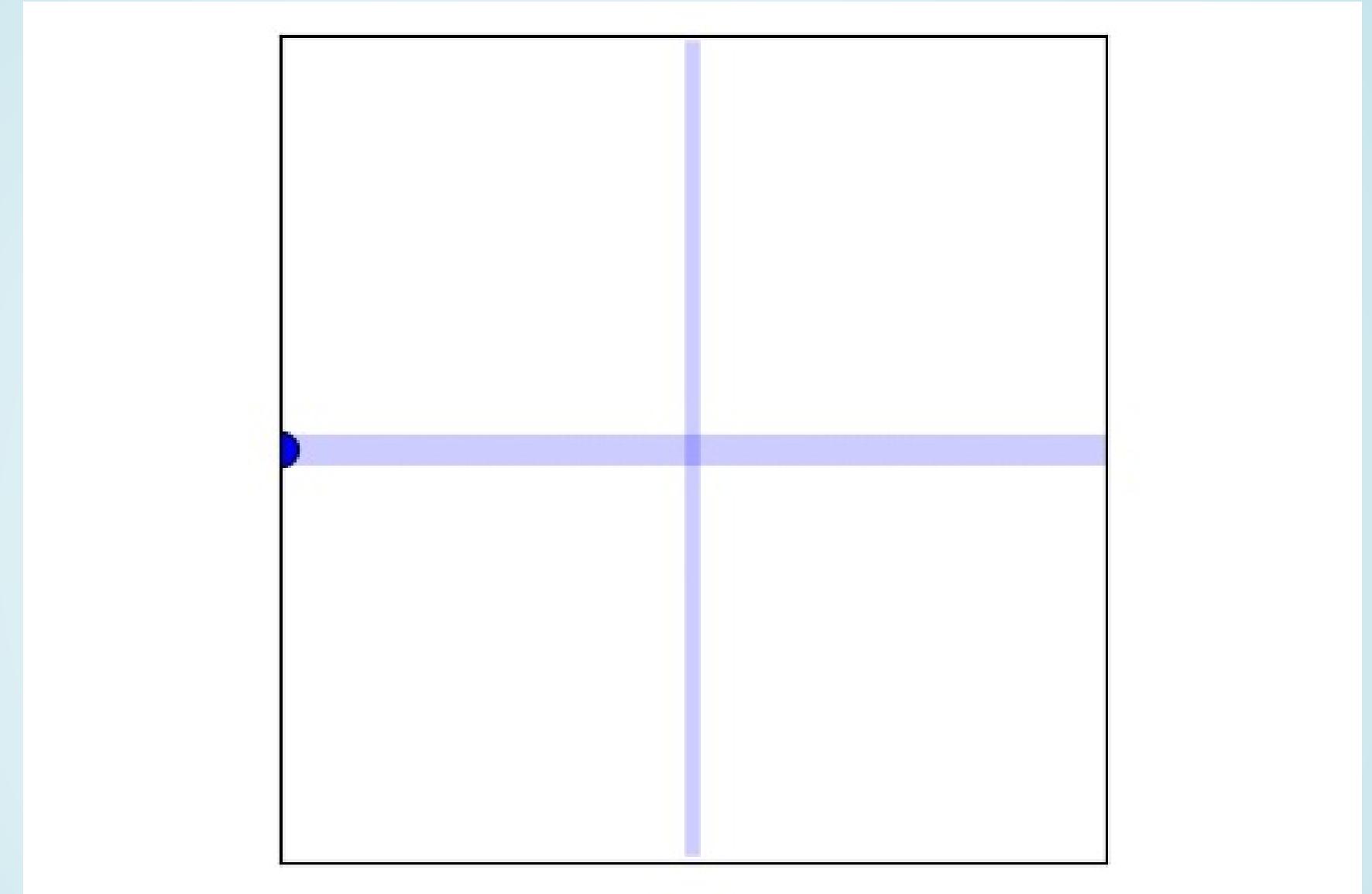
從簡單的模型開始思考

以一個簡單的路網結構為例：

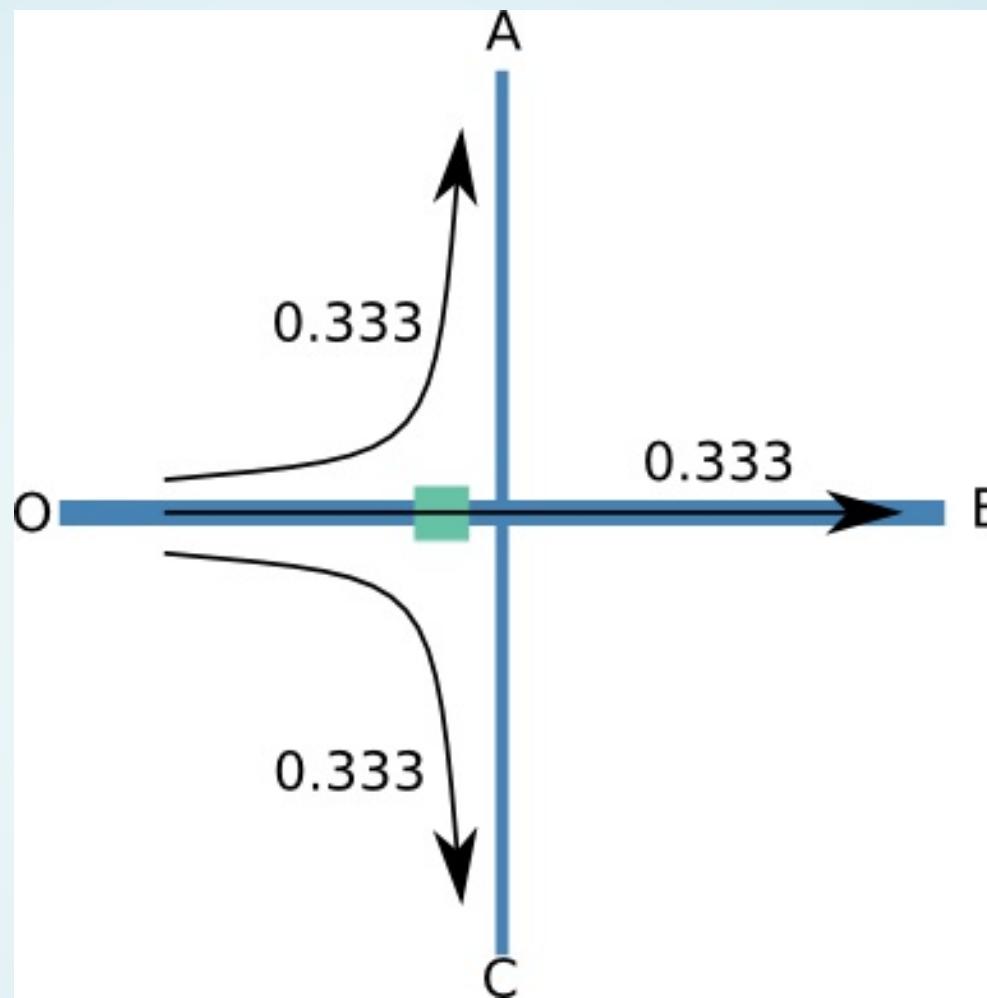
- 當一輛車子走在路上的時候，會沿着道路走...
- 當車子走到交叉路口，可能會往前走、可能會左轉、可能會右轉...

一開始，

先假設車子左轉、右轉、直走的機率是一樣的。



simulating car movements with random turns



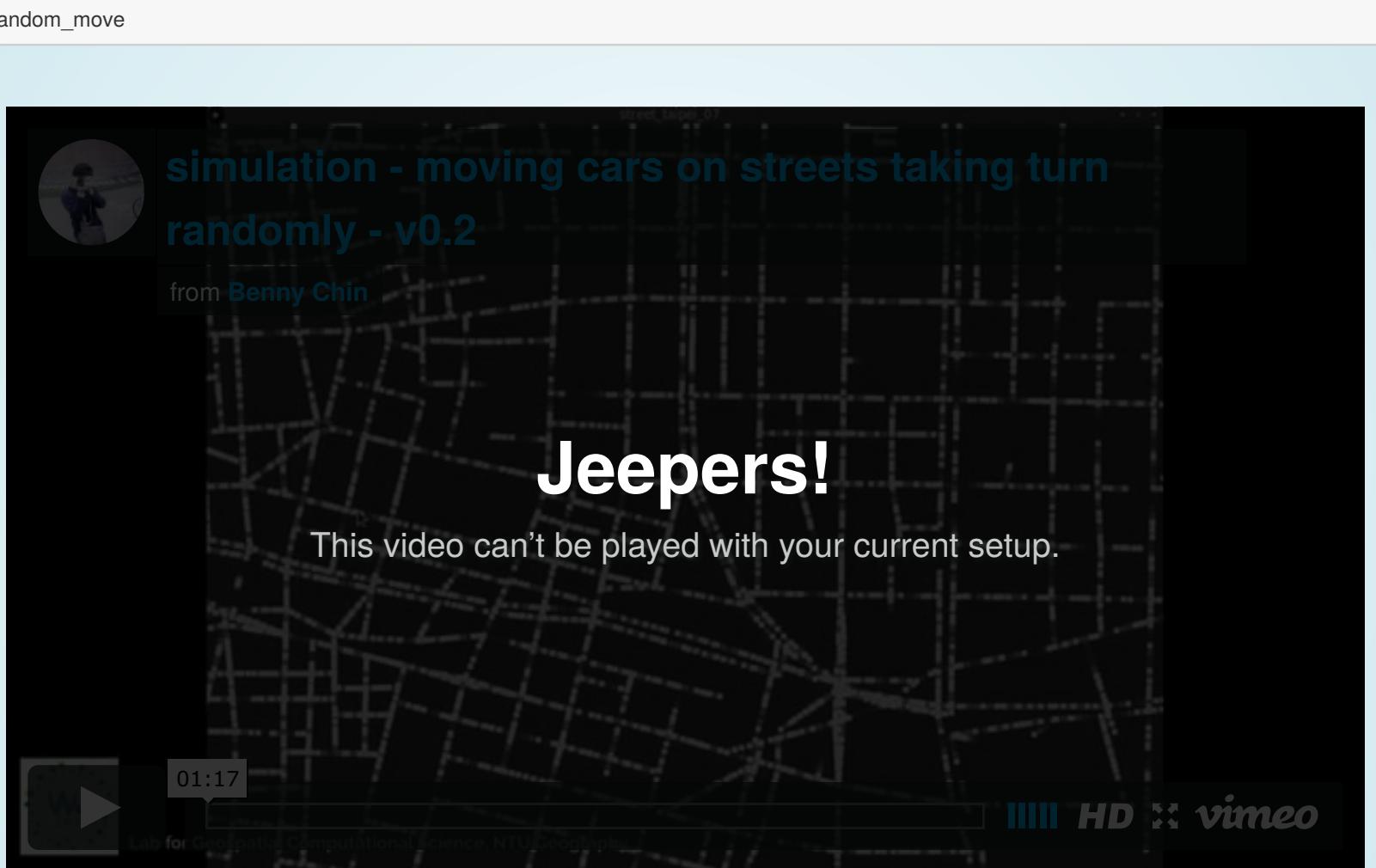
轉向至每一個相連的路段的機率都 =  $1/3$

將這個模型延伸到臺北市路網

In [4]:

random\_move

Out[4]:



[simulation - moving cars on streets taking turn randomly - v0.2](#) from [Benny Chin](#) on [Vimeo](#).

這是一個隨機移動模型(random walk model)：人會在一個空間中依循道路隨意的移動的模型。

隨機移動模型在一定的條件下，最後停留在每一個地點的人數會逐漸進入穩定的狀態。

- 條件1：可能經過的路段是固定的
- 條件2：每一路段當下的車輛數( $t$ )，只會受到其相連路段的前一時刻( $t-1$ )的車輛數所影響
- 條件3：路段間的轉移機率是固定的

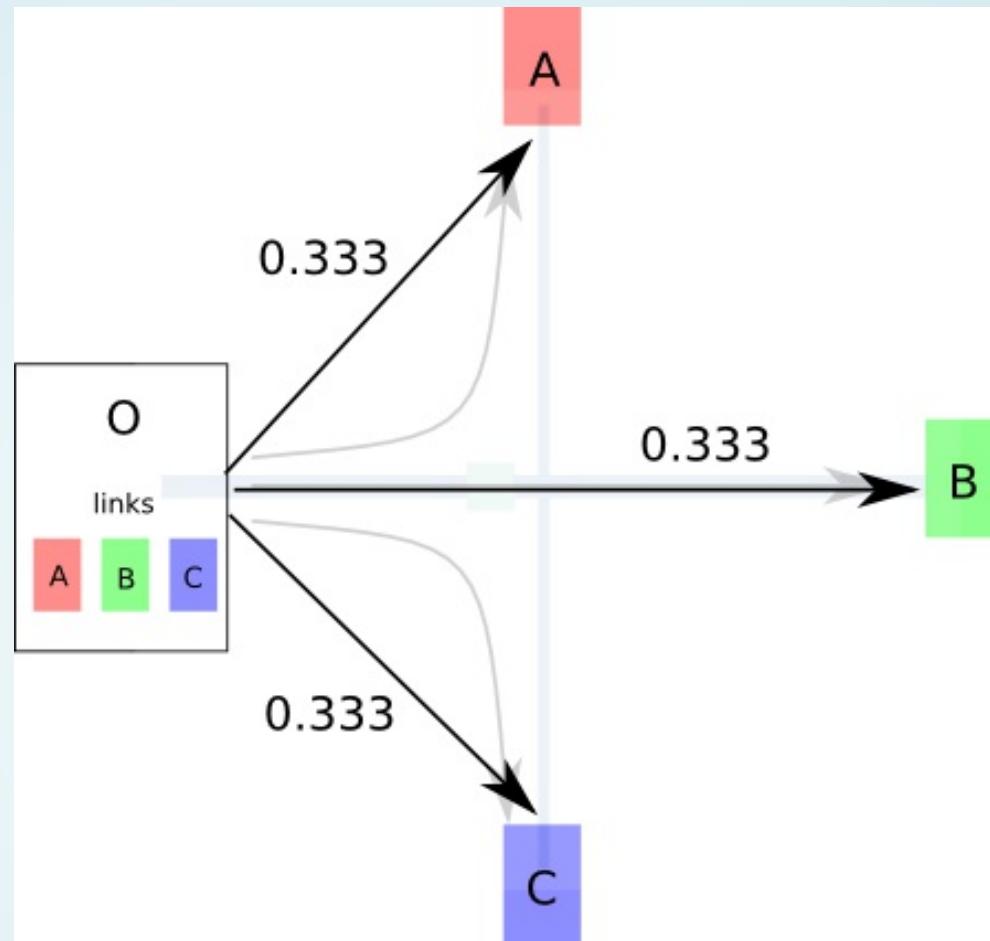
如果隨機移動的過程符合上述條件，透過一些隨機移動模型的計算方法，則可以算出在這樣的移動特性下，每一段路段上的流量(停留)的多寡。

PageRank 基本形態 (Brin & Page, 1998)

$$PR_t(i) = \sum_{j \in IN(i)} PR_{t-1}(j) \times \frac{1}{outdeg(j)}$$

$IN(i)$  : 指向  $i$  節點的鄰居；  
 $outdeg(j)$  :  $j$  節點的指出數。

## PageRank (基本形態) 的示意圖



選擇每一個(相連)的下一個目標的機率都 =  $1/3$

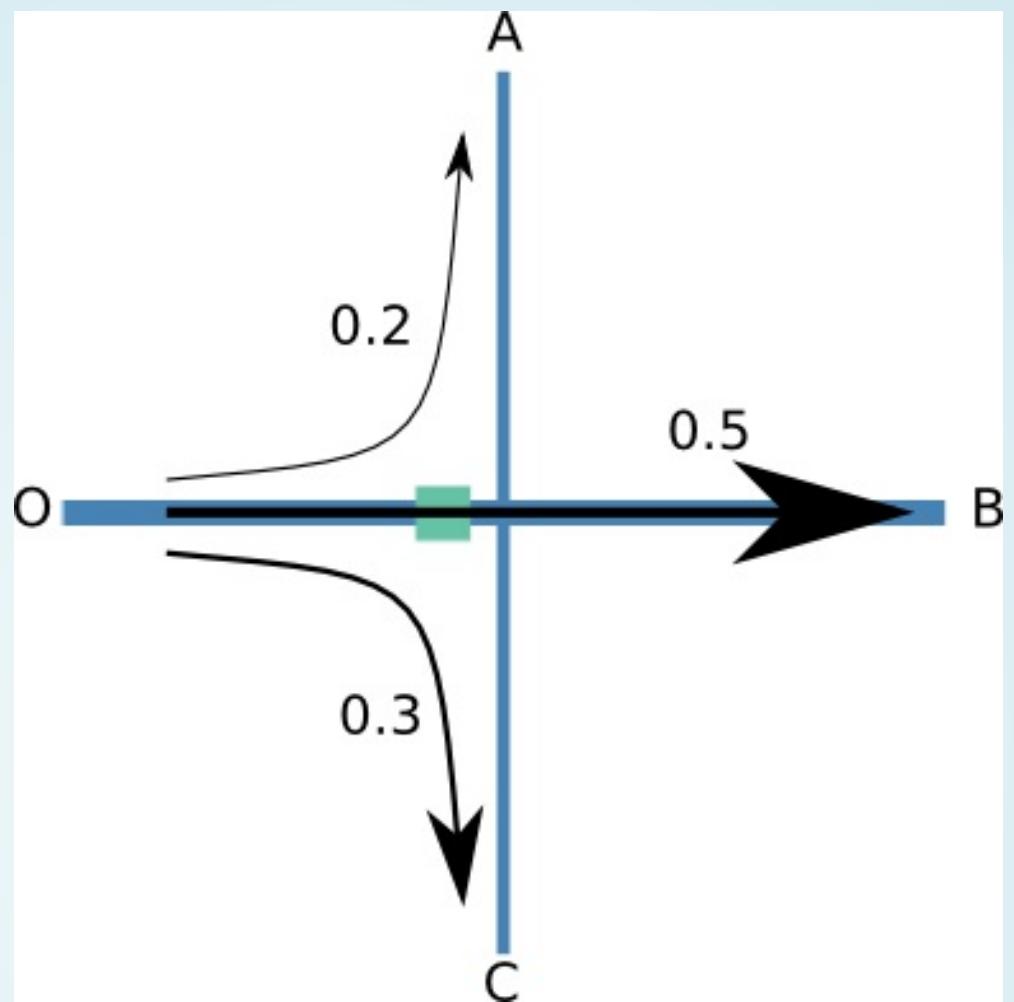
所以，  
我們用 PageRank 分析街道路網，  
以偵測出關鍵的路段 -- 車子都會經過-- 的路段。

PageRank 的結果可以反映街道的「關鍵程度」。  
其實際意義反映的是

潛在的(流過)需求量

但是，

真實世界中，  
車子的流動不是完全的隨機移動。



比方說，主要幹道 vs. 小巷道

基本上大多數的車子會往「高引力」的方向走。

為了可以捕捉這種移動方式，

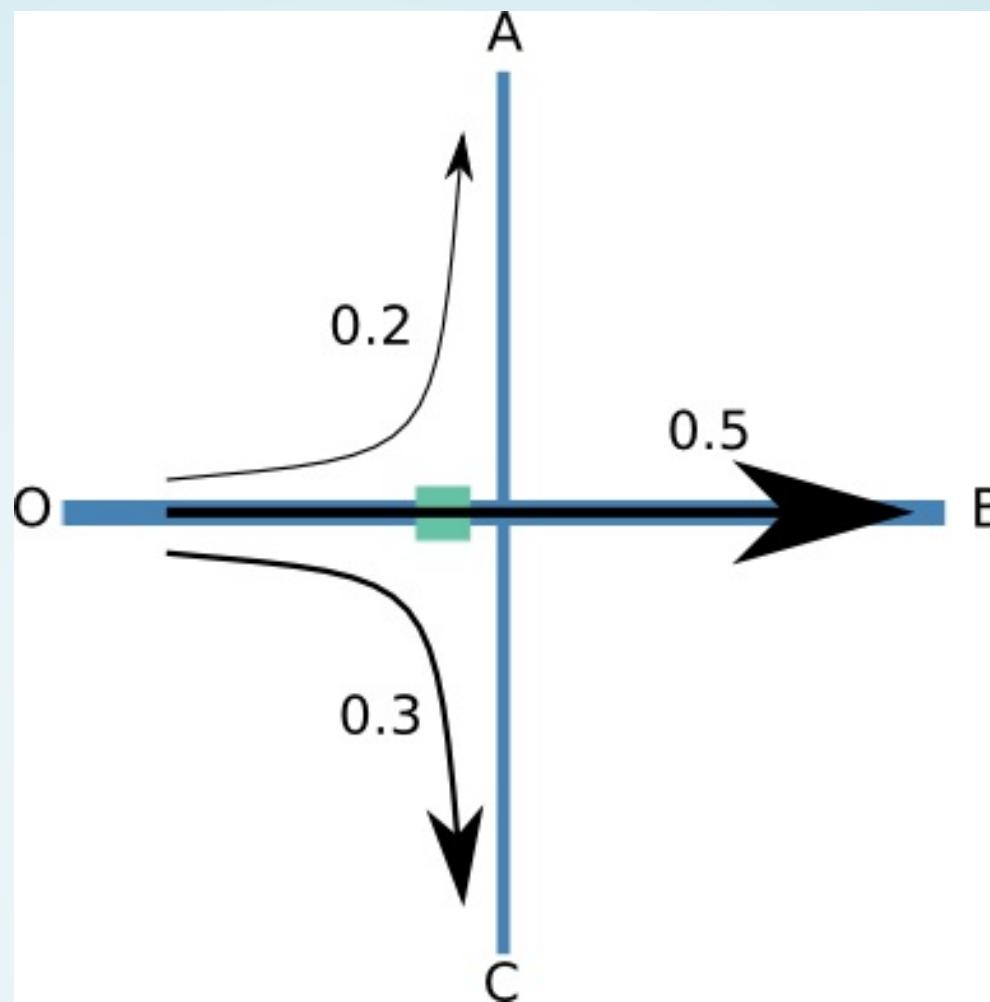
我們加入了一個路段特性的概念 -- 吸引程度 (*attr*) -- 來反映目的地  
路段之間的差異狀況。

*attr* 的物理意義是，目的地路段吸引車子流動過去的能力

透過這樣的一個特性，進一步調整路段之間轉向機率的計算方式。

轉向機率：

$$turn(j, i) = \frac{attr(i)}{\sum_{k \in OUT(j)} attr(k)}$$



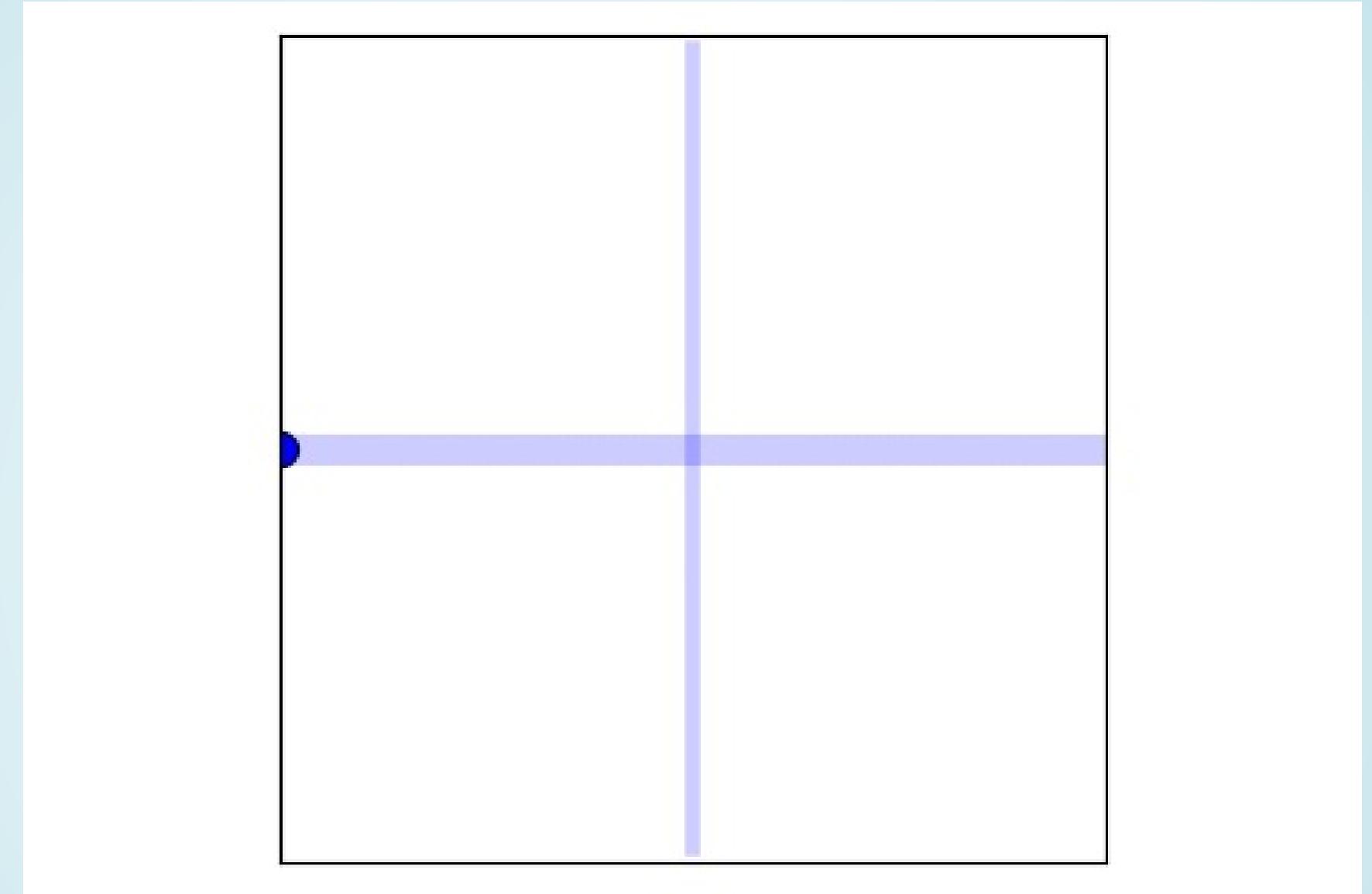
$$attr(A) = 2 \quad attr(B) = 5 \quad attr(C) = 3$$
$$turn(O, B) = \frac{5}{2+3+5} = 0.5$$

但，我們如何知道影響路段吸引程度的空間分佈狀況呢？

- 應用部分已知路段的資料，透過「基因演算法」調校所有路段的吸引程度。
- GA 的配適度：FBPR 運算結果的已知路段部分與已知路段的流速之間的 Spearman's rank correlation

修改的 PR: Flow-based PageRank (FBPR):

$$FBPR_t(i) = \sum_{j \in IN(i)} FBPR_{t-1}(j) \times turn(j, i)$$



吸引程度可以透過 GA 調校，  
然後，轉向機率就可以透過吸引程度計算出來

並且，我們就可以進一步計算

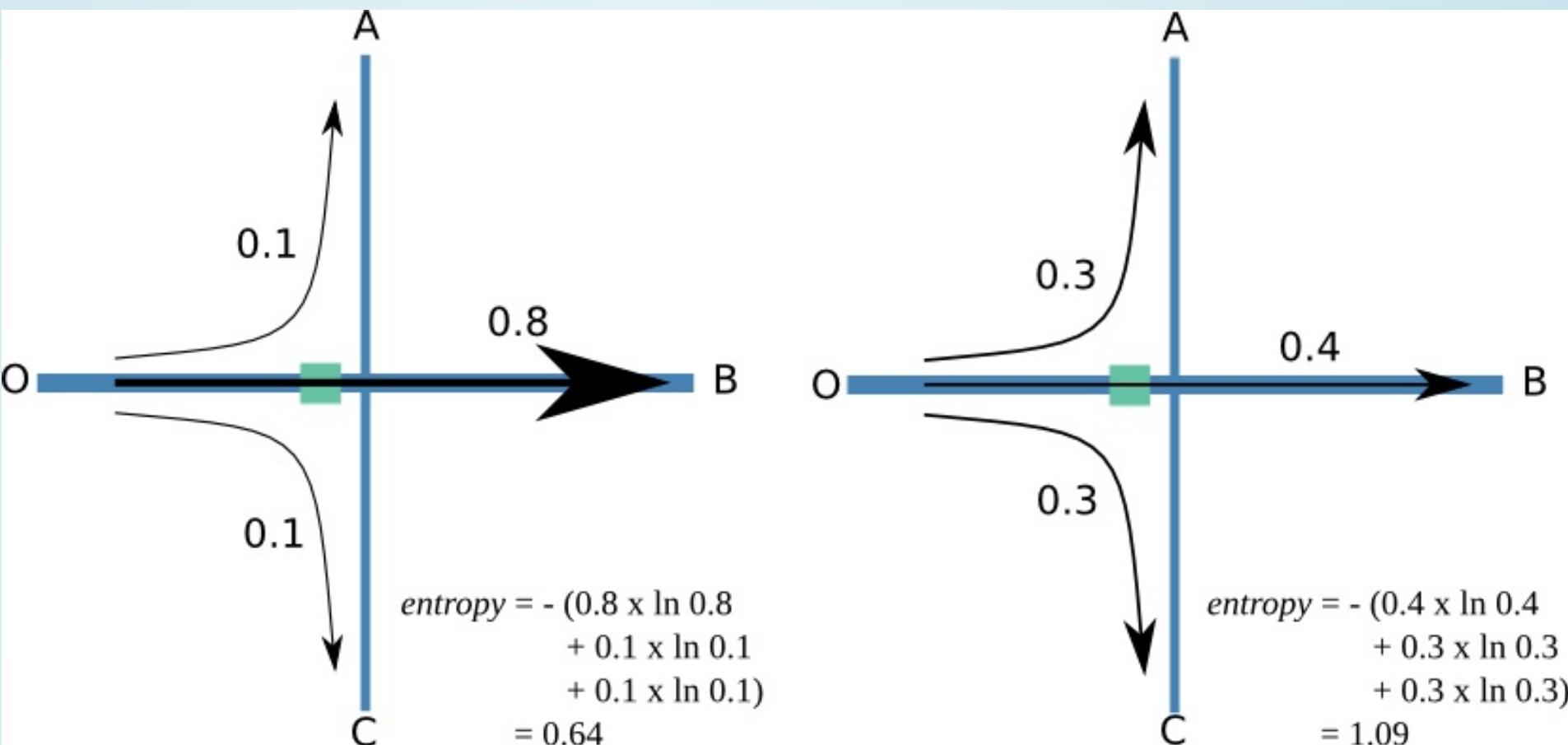
路段的區域複雜度 (LOCAL COMPLEXITY).

$$entropy(j) = - \sum_{k \in OUT(j)} (turn(j, k) \times \ln(turn(j, k)))$$

轉出複雜度 (OUTGOING ENTROPY)

從該路段轉出去的車子是否都走向同一個方向，或是平均的走向所有可轉出的目的地.

## 主導的轉出 vs. 均勻的轉出



轉出複雜度 -- 區域的複雜度

小結,

- 有 2 個部分: 移動的車子 及 路網
- 轉向機率 路段之間移動的機率
- FBPR 分數分佈 可捕捉 潛在的需求 分佈
- 轉出複雜度可反映路段的 區域的複雜度

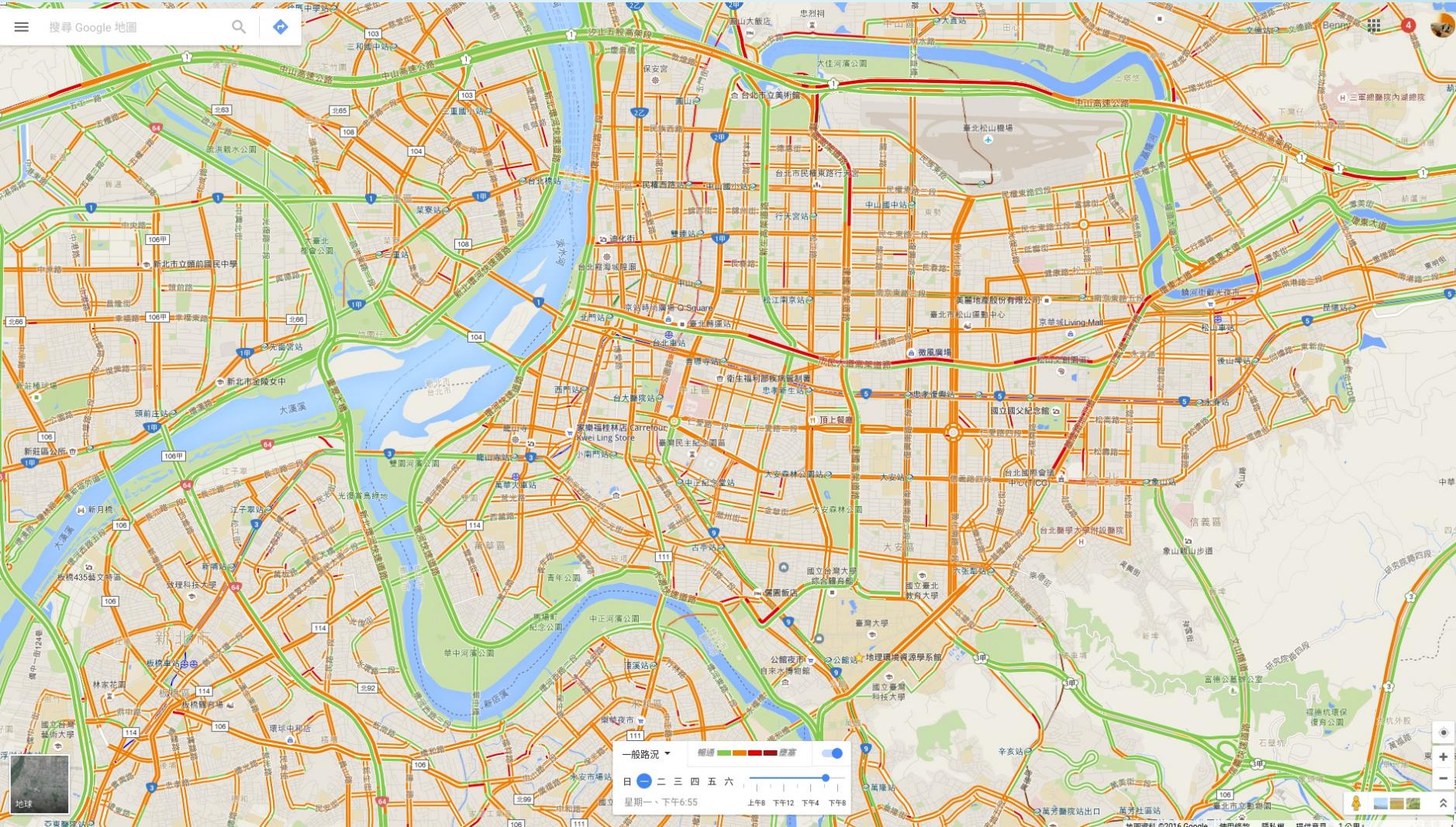
這研究的目的：從街道的結構特性與現有的流量資料，分析容易形成擁塞的區域路段

## 交通擁塞問題

是世界各大城市幾乎每天都會發生的問題。

在很多發展中國家，路網的承載能力的提升速度追不上車子擁有狀況的增加速度，導致逐漸嚴重的擁塞狀況。

## 擁塞: 是一個時空問題



臺北市

(除了不預期的事件,如 交通事故)

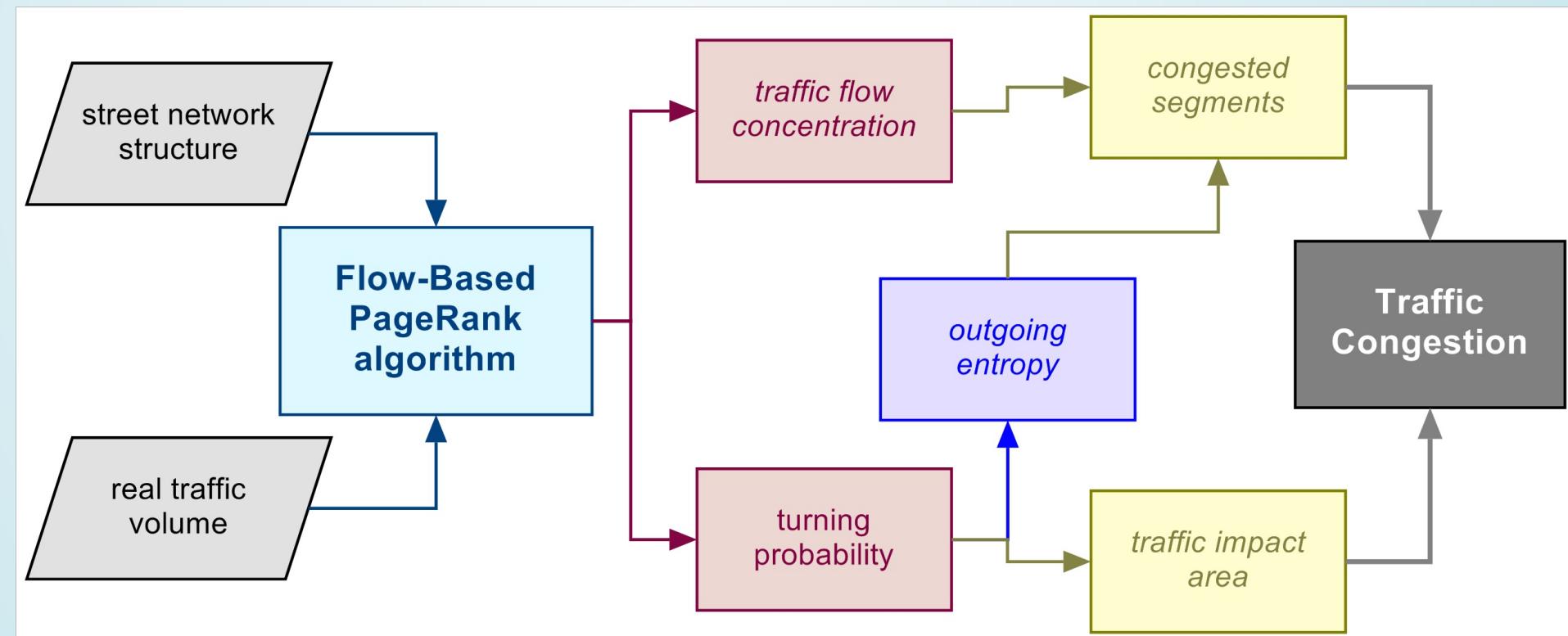
交通擁塞會發生，是因為  
大多數的人試着在同樣的時間，  
前往同樣的目的地（工作地點、學校），  
造就了 對街道路網 上很高的壓力。

尖峯時間：

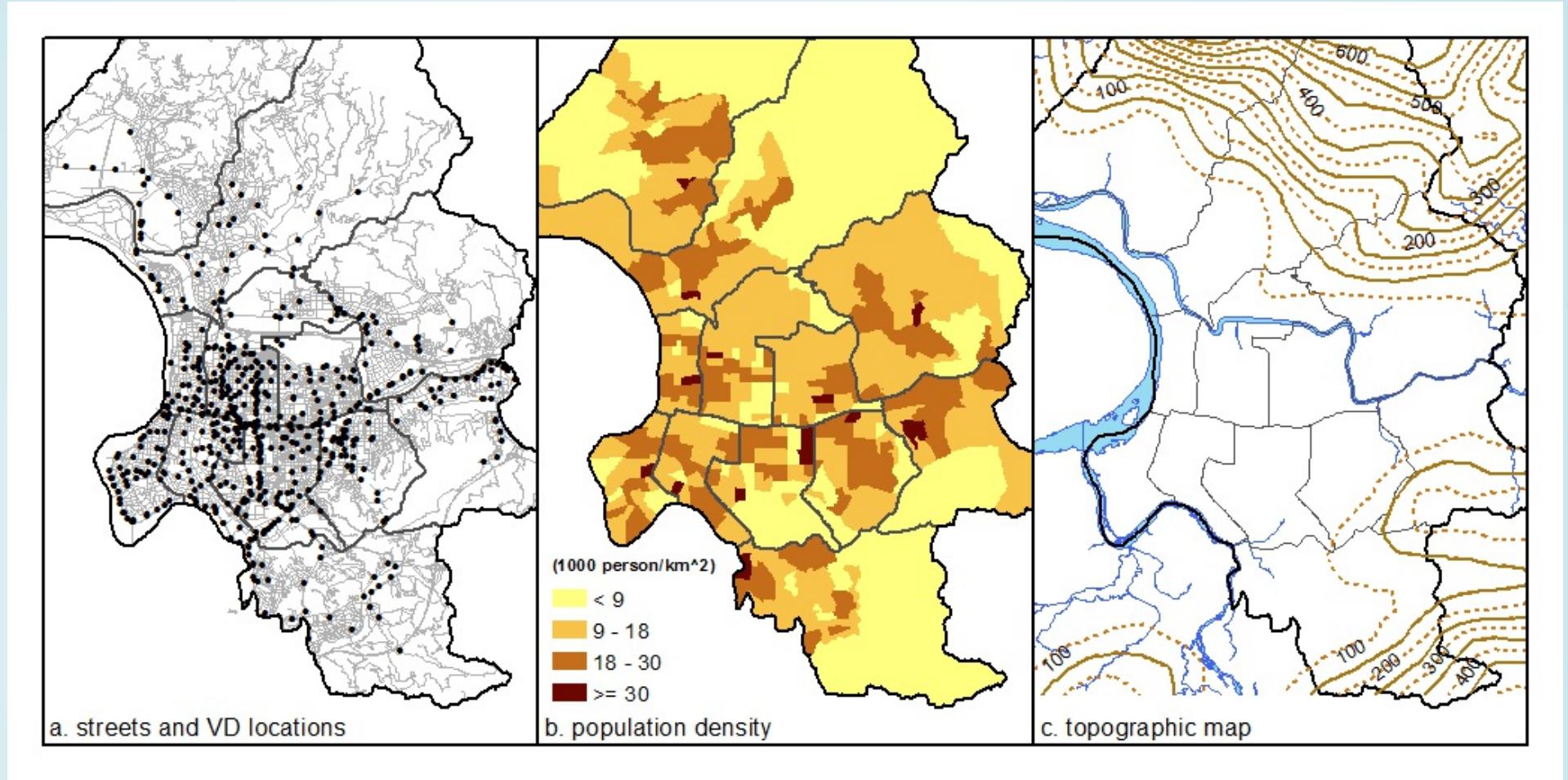
- 需求上升
- 複雜的街道容易形成擁塞

# 架構

1. 應用路網結構與部分的流量資料 結合 FBPR ,
2. 計算整體路網的潛在流量分佈 ,
3. 過程中調校出轉向機率的分佈 ,  
進一步計算成轉出複雜度 ,
4. 整合潛在流量分佈與轉出複雜度分佈 ,  
偵測出容易擁塞的區段。



研究流程



臺北市

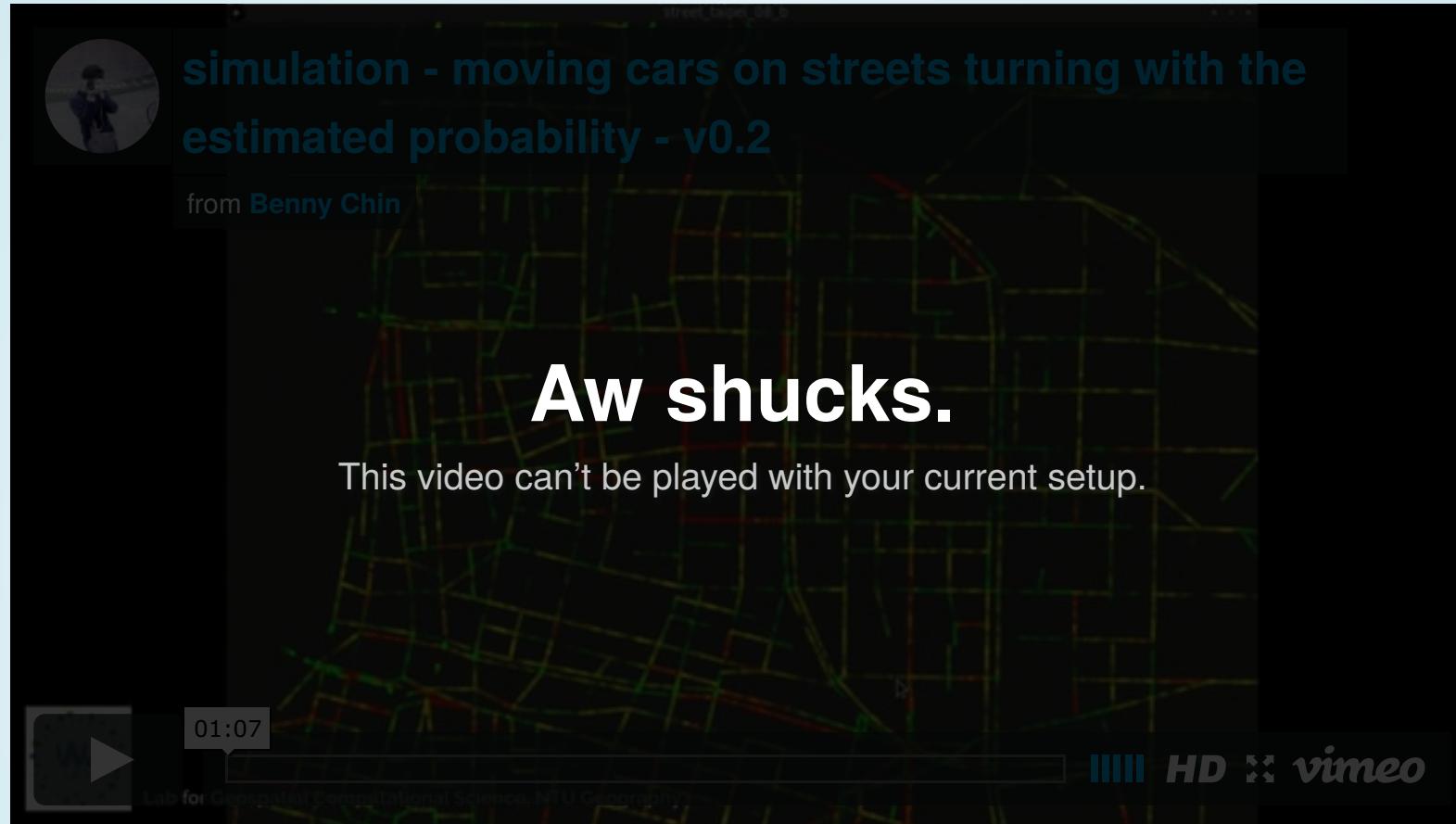
結果

# 臺北市的 FBPR 移動模式 – 模擬狀況

In [3]:

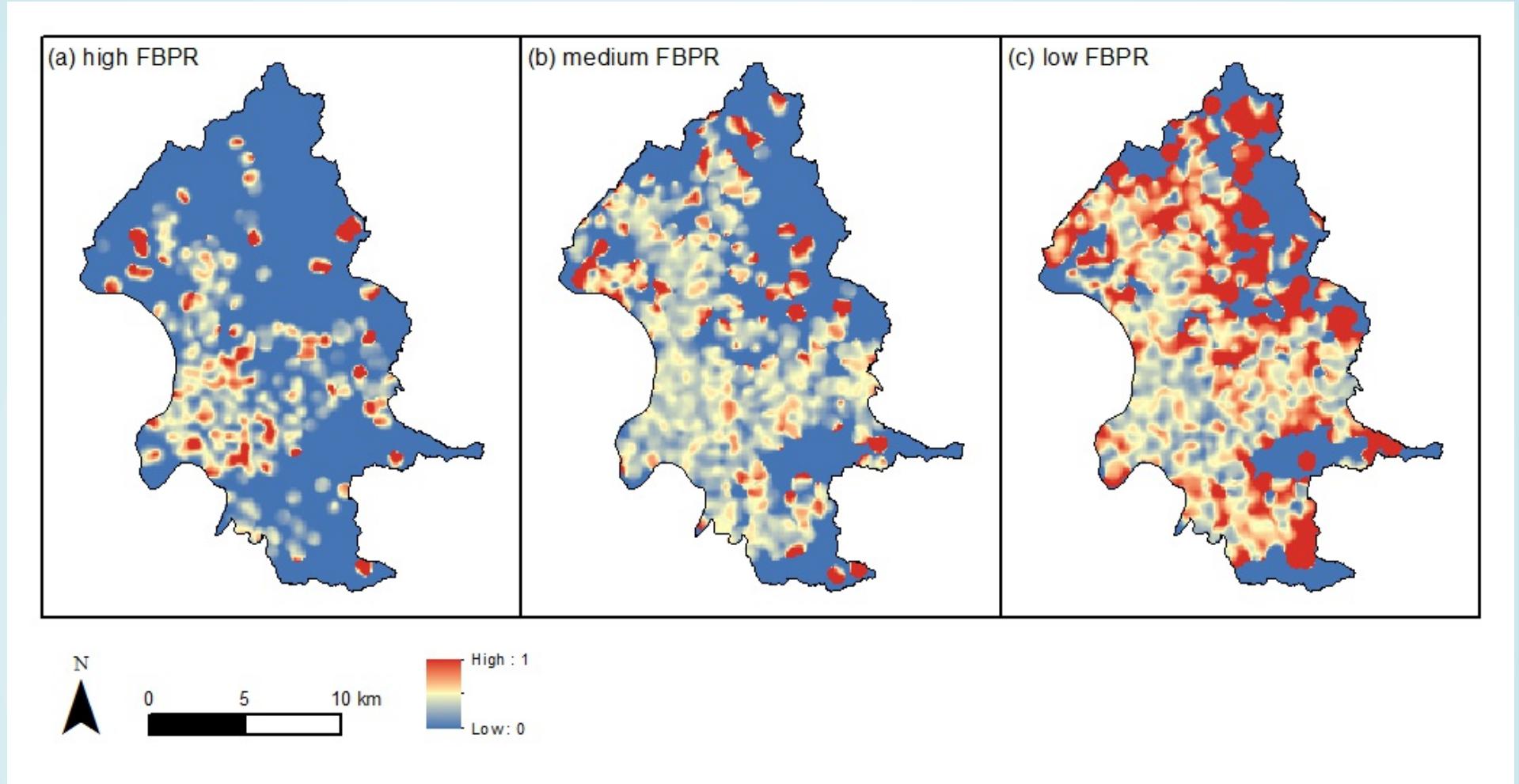
FBPR\_movement

Out[3]:

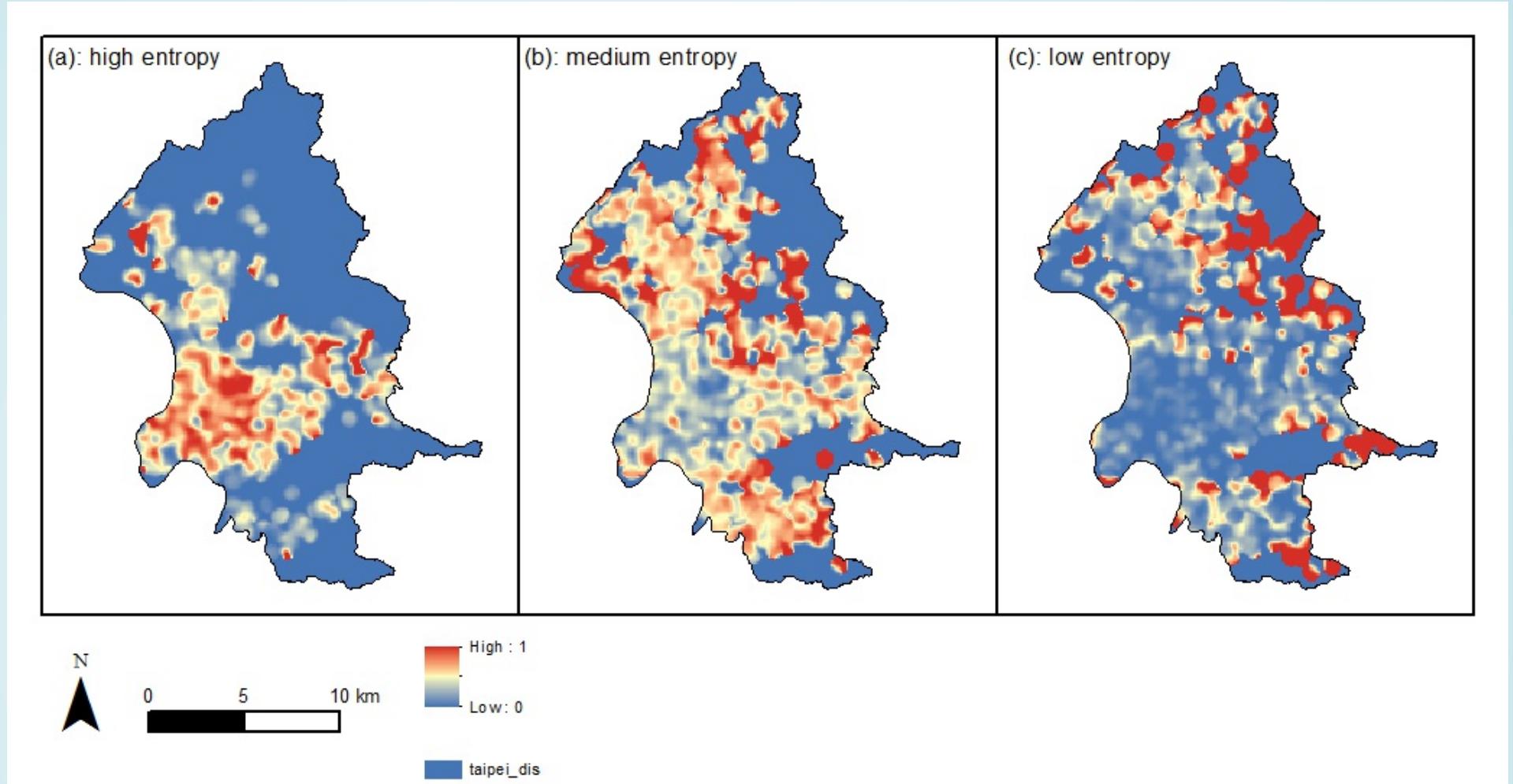


[simulation - moving cars on streets turning with the estimated probability- v0.2](#) from [Benny Chin](#)on [Vimeo](#).

潛在流量需求(FBPR) 與  
轉出複雜度(OUTGOING ENTROPY)  
的空間分佈

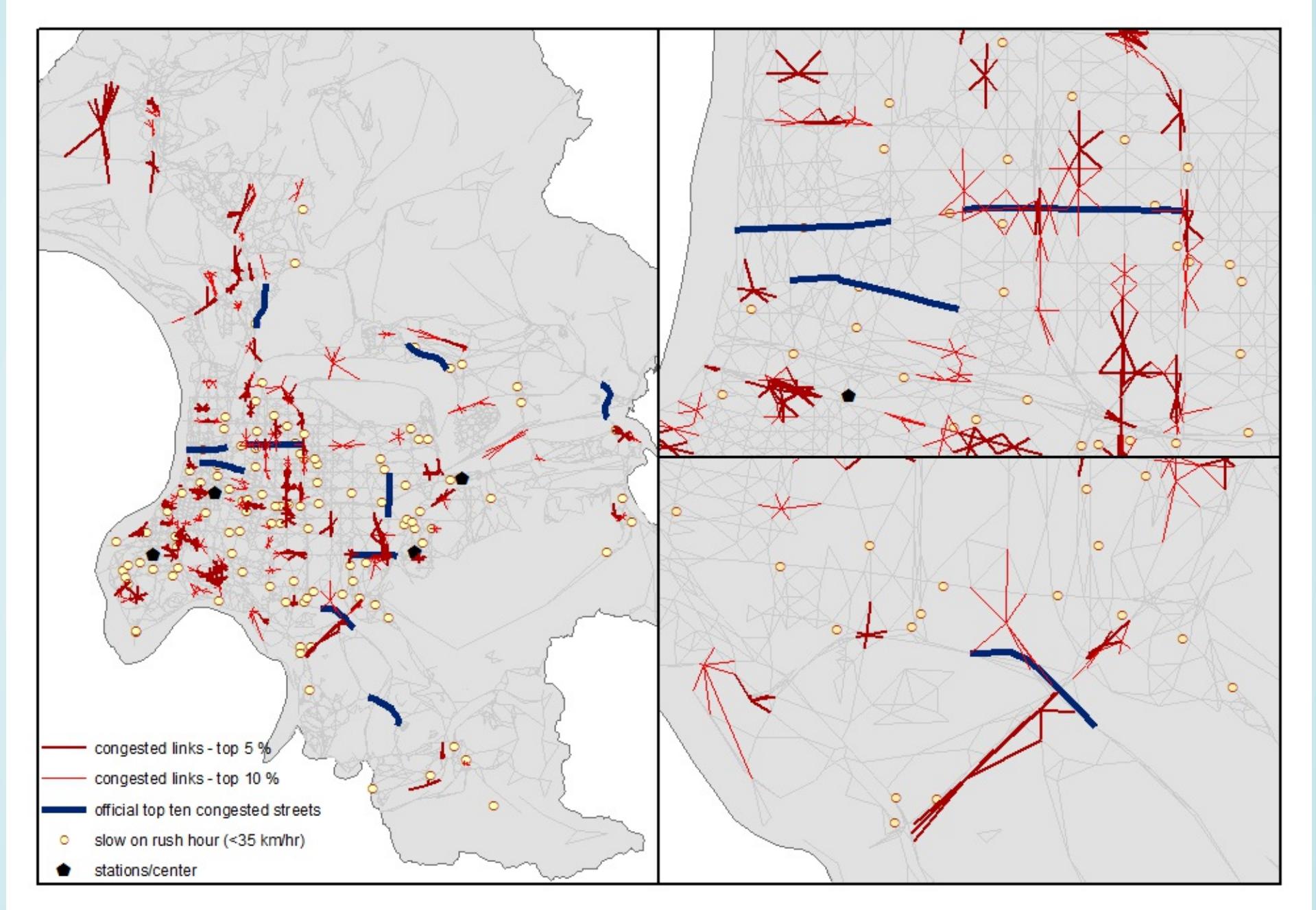


潛在流量需求(FBPR) 空間分佈



轉出複雜度 (outgoing entropy) 空間分佈

容易擁塞的路段與區域 VS. 官方擁塞路段



容易擁塞路段：高潛在需求與高轉出複雜度的重疊路段

討論

## 從一個簡單的模型，到一個擁塞模型

- 2 個部分：移動的車子 & 相互連接的路段
- 對隨機移動模型加入了「吸引程度」的概念
- 計算了轉向機率
- 估計了所有路段的潛在需求
- 量測了轉出複雜度
- 建立了 FBPR 演算法

這研究提出來的架構，  
是基於目前可蒐集到的路段流率資料。所以，是

試着填補其他路段的流量狀況，回推整個系統的流動分佈的過程。

以瞭解一個 城市的日常問題

## 連接性與設計 ( DESIGN )

- 街道的結構是否讓某些路段 訂定 會容易擁塞
- 路網結構的問題

如何應用網路分析的方法，捕捉街道路網的連接性與設計的特性，作爲分析街道的基礎？

## 潛在需求與密度 ( DENSITY )

- 城市的佈局(layout)
- 各個區域的功能
- 人口密度

在現有的路網結構下，以及在目前的流動需求下，車子會聚集在哪些區域？— 潛在需求

## 複雜度與多樣性 ( DIVERSITY )

- 車子轉向的狀況與移動的關係？
- 附件建成環境的特性，可及功能 (Access function) vs. 流動功能 (movement function)？
- 附近其他交通工具的影響？

車子的轉向狀況對移動速度的影響與原因為何？

## 下一步

- 進一步改善分析方法以加入其他特性如
  - 如高架道路、隧道...
  - damping factor (捕捉車子進入或離開街道系統的因素)
  - 移動方向及容量 (雙向道路及車道數)
- 分析複雜度、流率 與周邊建成環境之間的關係
  - 可及功能及流動功能
  - 複雜度與速度
  - 公共交通與大衆運輸

以上，感謝聆聽。

關於我：

陳威全，

臺大地理系的一個博士班學生。 [wcchin.88@gmail.com](mailto:wcchin.88@gmail.com)

<http://wcchin.github.io/>

links:

- simulation video 1 - random turn:  
<https://vimeo.com/168713881>
- simulation video 2 - FBPR turn:  
<https://vimeo.com/168714357>
- 於發展年會研討會用的簡報: <http://bit.ly/acds2016chin>