臺中市政府 106 年度市政發展研究論文獎助計畫 論文摘錄重點

基於無線網路位置探討活動空間行為-以逢甲大學校園為例 Explore the Activity Space From WiFi Based Location Data- A Case Study of Feng Chia University

研 究 生:張汎宇 指導教授:雷祖強

學 校:逢甲大學

系 所:都市計畫與空間資訊學系

中華民國 106 年 6 月

摘 要

人類活動空間行為是地理學所關注的研究課題之一,但人們的活動時間、地點等空間移動行為資料在過往取得不易,因此早期在地理學的研究中較少對於群眾的整體移動行為進行討論,然而近年來智慧裝置普及且藉由位置感知技術的發展已經實現了收集大量的個人移動數據,用於研究人的活動空間和時間。這能夠突破過往的研究限制,在移動行為研究上產生新的研究方式,探究人群的空間活動行為。

本研究將以逢甲大學為示範場域地區,校園內有兩萬餘人的師生,屬於高密度之地區,透過學校無線網路位置對校內使用者的移動規律進行深入研究,針對三個主要決定活動空間的因素,分別為頻繁位置、空間範圍和移動方式,用來了解不同空間是否具有不同的使用頻率與移動行為。本研究的成果了解校內使用者熱點分布、活動範圍以及建築物之間的活動空間結構,也就是使用者的活動空間行為。透過網絡分析構建空間交互網絡來表示建築物之間學生流動的空間強度,希冀透過本研究擴展了對校園生活脈絡、活動空間的理解。

關鍵詞:無線網路位置、活動空間、網絡分析

目錄

摘	要		II
目	錄		III
圖目	錄		IV
表目	錄		V
第一	章	前言	1
第一	一節	研究動機	1
第-	二節	研究目的與範圍	2
第二	章	文獻探討	3
第一	一節	活動空間	3
第-	二節	移動軌跡技術	5
第一	三節	無線網路位置	6
第1	四節	網絡分析	7
第三	章	研究設計	8
第-	一節	研究架構	8
第.	三節	資料收集	10
第1	四節	資料前置處理	13
第二	五節	資料分析方法	13
第	六節	資料基本分析	24
第四	章	實證分析	25
第一	一節	資料驗證	25
第.	二節	頻繁位置	26
第.	三節	空間範圍	29
第「	四節	移動方式	32
第五	章	結論與政策建議	41
		研究結論	
		政策建議	

圖目錄

圖	1	逢甲大學校園配置圖	2
圖	2	基於時空行為的智慧城市規劃與管理	
啚	3	研究架構圖	
圖	4	校園無線網路系統示意圖	.10
圖	5	校園 AP 接入點設置情形示意圖	.12
圖	6	WIFI AP 位置 2D 空間對應示意圖	.12
圖	7	WIFI AP 位置 3D 空間對應示意圖	.12
圖	8	個人移動軌跡 T 的時空路徑示意圖	.14
圖	9	空間範圍分析流程示意圖	.16
圖	10	校園活動的空間範圍計算示意圖	.17
圖	11	空間移動方式示意圖	.18
圖	12	移動方式分析流程示意圖	
圖	13	静態設備篩選示意圖	.19
圖	14	資料格式轉換示意圖	.20
圖	15	矩陣數據與網絡關係示意圖	.20
昌	16	WiFi 系統各天資料量以及人數記錄情形示意圖	.24
圖	17	上午時段 實際修課人數與 WiFi 讀取人數散佈圖	.25
圖	18	下午時段 實際修課人數與 WiFi 讀取人數散佈圖	
啚	19	24 小時 WiFi 讀取次數統計	.26
圖	20	讀取數量與讀取人次統計示意圖	.27
圖	21	建築物使用次數分布示意圖	
啚	22	全天讀取人次分布示意圖	.28
啚	23	全天讀取數量分布示意圖	.28
啚	24	篩選使用者所達錨點累積分布圖	.29
啚	25	使用者活動空間範圍累積百分比圖	30
啚	26	全天使用者活動空間重疊示意圖	31
啚	27	白天活動空間重疊示意圖	31
啚	28	晚上活動空間重疊示意圖	.32
啚	29	使用者(設備)一天在建築物間行走總距離累積分布圖	.32
啚	30	活動特徵的使用者所產生的所有路徑圖	.33
啚	31	子網路分群示意圖	34
啚	32	AP 網絡分群示意圖	35
啚	33	AP 分群空間示意圖	35
昌	34	全天流動情形分析示意圖	.37
啚	35	白天(8-18)流動情形分析示意圖	.37
啚	36	晚上(18-24)流動情形分析示意圖	38
啚	37	體育館與其他建物流動情形分析示意圖	39
啚	38	圖書館與其他建物流動情形分析示意圖	39
圖	39	積學堂與其他建物流動情形分析示意圖	40

表目錄

表 1	WIFI AP 所記錄的清單資料	11
表 2	AP 對應的空間位置列表	11
表 3	資料正確性檢查及驗證	13
表 4	資料記錄清單	14
表 5	讀取次數與人次說明示意圖表	16
表 6	網絡性質分析說明表	21
表 7	WiFi 系統各天資料量以及人數記錄情形列表	24
表 8	使用者活動空間重疊統計表	30
表 9	網絡性質分析結果列表	33
表 10	不同時間流動情形統計表	36
表 11	不同空間流動情形統計表	38
表 12	校園基於位置資料應用領域彙整表	42



第一章 前言

第一節 研究動機

隨著生活中收集地理位置相關資訊的移動設備的普及以及越來越多的基於位置的服務收集所得到的豐盛的位置數據。城市動態代表著在時間與空間的因素下,市民所進行與體現出來的特定活動行為,且隨著行動運算的發展,人們在日常生活中不斷地遺留或傳遞豐富的數位資訊,例如移動軌跡、圖片、文字訊息、消費紀錄、健康紀錄等生活軌跡之資料。現在大多數人都攜帶一個或多個移動設備,且越來越多的公共場所提供免費 WIFI。每個人都是一個定位感測器,每個時刻都能產生定位資料,而一系列時空資料將組成時空軌跡,如果同一城市大量移動物件的軌跡則反映了該城市的社會活動特徵。大數據的出現為我們通過資料挖掘等手段來更好的理解使用者動機和行為帶來了全新的方式,有別於過去使用調查問卷或實地調查來認識使用者、瞭解使用者的各種限制。

近年來智慧裝置普及且位置感知技術的發展,現在可以使用手機來定位人類在空間和時間上且不會對他們造成太多的額外負擔。如果這樣的數據可以利用它們的移動性模式和空間的使用來研究人類動態,將受益於各種應用,如城市規劃,公共交通設計,公共衛生,緊急事件處理和基於位置的服務。但是,隨著數據量的增加,數據稀疏的問題,缺乏補充資料帶來了更多的挑戰當這些數據用於人類行為研究時需要有效的分析方法以應對挑戰,增加對個人流動和集體的了解行為模式。而了解人的流動模式和人們對空間的使用一直是地理與交通研究的重要課題,在日常生活中如何進行活動空間行為對建築環境和運輸系統有很大的影響(Xu,2015)。故本研究課題為在一個地區內如何透過無線網路位置探討活動空間行為,以大學校園作為一個微型城市,也就是如何在校園地點進行日常活動?校園內在不同時間的活動空間大小?校園內透過無線網路位置所收集的資料結果的可靠性?頻繁的地點和行動在那些地區?校園師生活動空間在空間上的主要特徵是什麼?

第二節 研究目的與範圍

本研究採取以逢甲校園作為微型城市的方式,針對研究課題所言,利用校園 WIFI AP(接入點或路由器)的技術進行人流軌跡分析,便可使用許多種方式進行空間環境的活動分析,若單看一個研究對象的資料,可以檢視其時空行為;若把多筆資料整併,則可看出一群人們共同產生的行為現象,分析使用者如何使用空間(Shoval,2008)。通過 WIFI AP 轉換為大量的位置資料,這些資料是研究校園師生行為的基礎材料,可以直接反映活動空間行為的模式,故基於前述之研究動機,本研究之目的為下列:

- 一、利用基於無線網路系統檢視校園人流活動空間,分析資料與實際人口 分布之準確性。
- 二、透過無線網路位置來探討使用者頻繁位置、空間範圍的資訊,並以空間視覺化方式解析校園活動空間行為特徵。
- 三、藉由移動路徑產生的空間連結活動進行網絡分析,探討微型城市之校 園環境的行為網絡的凝聚性、中心性與流動情形。



圖1 逢甲大學校園配置圖

第二章 文獻探討

第一節 活動空間

活動空間(Activity Space)是個人進行大部分日常活動的空間,代 表了個人與環境的直接接觸,活動空間也就代表了人們獲取資訊並 將這些資訊與其所生活的環境相聯繫的重要過程(Jakle et al.,1967)。 活動空間是理解個人行為最為主要的方面,其研究問題集中體現了 行為空間研究中的關鍵議題。位置數據為研究提供了機遇和挑戰地 理學中的人類流動模式。因此,了解研究問題可以由這個新出現的數 據源以及什麼樣的方式來回答揭示人類的流動模式。在地理上,有一 個重要的概念人類流動模式也就是人類的活動空間,一般來說,人的 活動空間通常被概念化為被訪問的位置以及這些地點之間的旅行 (Schönfelder and Axhausen, 2003)。人類活動表現出高度的空間和時間 規律性(Song et al.,2010; de Montjoye et al.,2013)。人們主要在一個人 執行他們的日常生活幾個活動場所,如家庭、學校、工作場所、超級 市場、喜歡的餐館等。這些位置通常被認為是活動空間下的錨點 (Cullen and Godson, 1975; Golledge and Stimson, 1997)。而空間範圍, 頻繁的位置和移動動作是三個主要決定個人活動空間的因素 (Golledge and Stimson, 1997)。這些決定因素提供了非常需要的了解 人類流動模式的資訊,以及相似性和差異性在不同的人口群體或地 理區域之間。

以往的城市空間研究偏重於宏觀層面上城市現象的空間分析, 也就是偏重於城市功能的分析,相對忽視城市功能地域之間的聯繫 以及城市活動與移動之間的相關關係。從居民個人生活的角度看,城 市活動體系就是由城市居民的各種日常活動,如通勤、家務、休閒、 購物等活動系統構成,而進行這些活動的空間範圍構成了城市移動 活動空間體系。這個體系與傳統的城市物質實體空間體系(如土地利 用結構、商業空間、工業空間等)不同,強調城市居民個人的主動行 為,屬於居民使用城市設施、參與社會組織過程中形成的一種無形的 空間系統(柴彦威,2005)。城市活動系統和活動模式的研究,有助於 全面、動態地理解城市社會與居民生活的整體情況,有助於從個人活 動系統的層次上確認城市空間結構的演化階段,並且有效地指導城市資源的合理分配和城市規劃的建設。

數據獲取

個體時空資料

手機定位、公車數據、旅行日記、 社交網絡數據….

空間基礎資料 土地利用、POI、交通網路…

理論基礎

行為主義地理學 時間地理學 活動分析法 城市規劃學

分析手段與方法

統計分析、模擬預測、三維可視化、空間分析、地理計算…

智慧城市的規劃與管理

生活空間規劃、居民行為規劃、城市管理智慧化…

圖2 基於時空行為的智慧城市規劃與管理 資料來源: 柴彦威等人(2014)

廣義的人類活動分析法是指通過居民日常活動規律的探討來研究人類空間行為及其所處城市環境的一種研究視角。也就是說,通過日常活動的研究,將城市居民的行為放置於一個大尺度的環境中以及時間-空間相結合的背景;同時,通過城市空間行為的觀點將城市看作是一個個人活動、行為、反應和交互的集合,用這樣的特徵來描述和研究城市。因此,活動分析法的目標即是通過研究人們:(1)如何利用城市不同區域;(2)如何對其選擇環境進行反應;(3)如何安排其活動順序並且分配相應的時間;(4)如何將這些與環境變化相聯繫等相關的規律和機制,從而更好地評價那些改變城市環境的若干政策措施(Golledge and Stimson,1997)。

第二節 移動軌跡技術

隨著移動互聯網及帶有各種感測器的智慧手機的迅速發展,針對手機資料的研究也越來越多。使用者位置作為一種簡單卻又蘊含資訊豐富的資料,提供發現使用者的日常活動和行為習慣提供了前所未有的機會,一方面使人類更瞭解自身的移動規律,另一方面便於一些企業提供更智慧便捷的位置相關服務。例如,通過運用大量資料挖掘技術,可從位置資料中發現使用者生活中的重要地點,從移動軌跡資料中可挖掘出使用者的頻繁軌跡模式,還可以找到包含用戶興趣和習慣的生活模式等。

探討使用者經常訪問的地點並推斷其真實語義對於研究使用者 的移動性和社交模式非常有意義,近年來許多研究主要是通過手機 資料來發現使用者頻繁訪問的重要地點,Wang 使用手機資料集中的 訪問地點資料發現了用戶的重要地點,並對地點語義進行提取,識別 家和工作地點,並定義了一些基於訪問地點的時空特徵對使用者進 行了更深入的分析(Wang et al., 2012)。Calabrese 針對波士頓使用者的 手機位置資料構建地點轉移模型,發現使用者行程的起點和終點,進 而評估都市人群在工作日和週末的行程次數上的規律和區別 (Calabrese et al.,2011)。Tri Do 通過使用無線網路接入點連接資料和 GPS 資料解決了地點分類問題,提取地點語義並將其劃分為 10 種地 點類別,使得用戶頻繁訪問地點的識別率高達 80%(Tri Do et al.,2014)。 其次部分研究通過手機資料致力於挖掘使用者的移動模式,Gonzalez 通過對 10 萬匿名手機用戶 6 個月的軌跡進行研究發現,人類的軌跡 在時間和空間上具有一定的規律性,雖然人們會去各種地方,但都會 有非常髙機率回到一些經常訪問的地點,所以人的行為模式其實服 從一個簡單的空間概率分佈,即服從簡單的複製模式(Gonzalez et al.,2008) •

透過上述研究基於位置發現使用者活動特徵,移動軌跡技術可以分為兩類(Kalogianni et al.,2015),一為系統主動參與使用者(active tracking systems)-主動發送位置資訊到電子設備系統,例如 GPS。二為系統使用被動估計的位置(passive tracking systems)-位置是根據

所使用的信號源進行估計,例如無線網路位置。

第三節 無線網路位置

然而近年來有很多類似的挖掘案例,然而這些也存在著一些不足,一個便是上述的隱私風險問題,軌跡資料挖掘通常使用 GPS 來確定使用者位置,挖掘出的是使用者的實際物理位址,極大的威脅到用戶的隱私甚至人身安全,在這背後是無處不在的感測器從各個方面對使用者加以監視並不斷收集資料,通過資料挖掘等技術手段可以非常方便的從中找出各種敏感資訊,這便引起了人們對於隱私洩露的擔憂。有別於透過 GPS 收集使用者位置方式,也有研究透過基於無線網路(Wireless Fidelity,WIFI)收集位置資料,Sapiezynski et al.(2015)利用感測使用者附近的 WIFI AP(接入點或路由器)的時間序列,實際上也可呈現位置數據的概念來解決問題,就可獲得位置數據等移動細節。

除了透過 GPS 的方式收集位置資料,許多學者為了收集大規模 移動軌跡資料,開始在無線網路中利用無線網路接入技術來收集人 流的位置資訊,最明顯的例子是無線區域網路(WLAN)。Tang 和 Baker 首先開始研究在 WLANs 中收集軌跡資料,他們既在學術環境,比如 大學裡的研究中心(Tang&Baker,2000),又在日常生活環境,例如城市 範圍內的接入點(Tang&Baker,2004),收集無線區域網路軌跡資料。在 他們之後越來越多研究者也開始對不同規模、不同使用者數量的無 線網路收集軌跡資料(Balazinska&Castro,2003、Kotz&Henderson,2005、 Papadopouli et al.,2005、Hsu&Helmy,2007)。上述這些位置資料大部分 的資料是被動收集的,使用者無需自己主動提供任何資料,而是從無 線網路中的接入點(APs)去自動記錄檢測使用者的接入、連接和使用 情況。此種被動的軌跡收集方法是具有擴展性,因為它既不需要安裝 任何軟體,也不需要使用者的主動參與。很多研究項目使用這種方法 收集了成千上萬的使用者的資料,產生了大量豐富的資料集,這對理 解無線區域網路中的使用者移動性具有很大意義,除了通過使用者 與 APs 之間連接情況的分析得到位置資訊之外,我們還可以記錄使 用者對無線網路的使用情況,充分挖掘軌跡資訊裡隱藏的特徵和規

律。

第四節 網絡分析

網絡分析方法(social network analysis) 自二十世紀以來,以透過量他的方式常被當作研究社會議題的分析工具。社會網絡理論、方法、技術等知識也逐漸受到社會學家的關心。學界大量使用網絡密度(density)、小團體(也被稱為派系)、中心性(centrality)、強連結與弱連結(strong and weak ties)、角色分析(role set)、網絡結構(network structure)的等概念,探討研究對象之間的關係(蔡毓智,2008)。

藉由網絡資料測量個人網絡位置或理解群體結構型態,是社會網絡主要的分析方式。網絡就是事物與事物間的關係,而社會網絡就是多個點(社會行為者)和各點之間的連線(行為者的關係)組成的集合。用這樣點與線的方式表達網絡是大多是社會網絡研究的方式。至於社會網絡研究的類別因為近年來在社會學或自然領域的應用,細分之下種類相當繁多。大致可以分為兩種取向,一個是關係取向,以節點及其相互之間的關係形式、內容進行討論,尤其是針對那些具凝聚力與影響力的小群體,另一個面向則是位置取向進行佔有相同結構位置的節點及相互之間的關係進行研究。如此透過對結構地位相同的行為者探討,能夠發現群體中潛在的關係結構模式,將結構地位相同的行為者聚集起來以便進行對整體結構的探討(蔡毓智,2008)。

而由回顧以上網絡因子分析可以更加了解此網絡更深層的背景,雖然社會網絡分析一開始是以研究社會行為者為主,但也有許多學者拿來探討空間上的移動,像是旅遊行程(Shih,2006)、遷移情形(Luo,2011)、使用手機通訊紀錄(Wang,2015)等。事實上,若以旅遊行程為例,一個旅遊行程組成的元素,包含景點、住宿、交通據點、餐廳均具有網絡的結構,近年來開始有學者將網絡分析應用於觀光領域上,特別是旅遊目的地(景點)和遊客來源地、目的地和目的地之間的聯繫,以及目的地間的旅遊流的數量和順序,透過這樣的連結即架構了網絡結構。因此,網絡分析法即是透過一系列系統結構的數據和量化指標,檢驗網絡的結構特徵,一旦瞭解各節點(如旅遊目的地)在

網絡系統的定位後,即可提供妥善的旅遊發展策略,如提供相應的旅遊設施、規劃遊客導向的遊程設計等。

第三章 研究設計

第一節 研究架構

本研究在探討活動空間人流特徵的議題為背景,以學校校園作為研究範圍,並藉由校園無線網路的位置資料為基礎進行分析,透過學校無線網路 WIFI AP 系統之紀錄清單資料對校內使用者的移動規律進行深入研究。本研究將會得到的是使用者的邏輯地點(並無任何使用者個人資料),將地點轉移成序列即為使用者軌跡,間接瞭解使用者的行為模式,目標是在保護使用者隱私安全的基礎上分析大數據使用者的空間、行為等模式,換而言之利用人流在空間位置觀點來瞭解使用者的環境偏好特性、空間分布以及活動特徵等。本研究架構先透過無線網路位置的資料蒐集與處理,在進行資料驗證,最後為校園活動空間的探討,共分為三個部分,分述如下(詳圖 3)

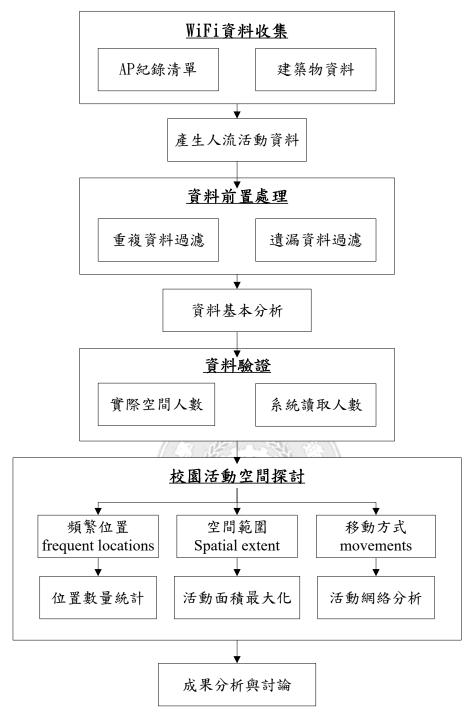


圖3 研究架構圖

第三節 資料收集

壹、WIFI AP 紀錄清單

本研究將以逢甲大學為示範場域地區,校園內有兩萬餘人的師生,屬於高密度之地區,考量因目前很難得到用戶的長時間持續 GPS 記錄,且有個人隱私問題,故本研究將透過學校無線網路系統之紀錄清單資料對校內用戶的空間使用與移動規律進行深入研究,目標是在保護使用者隱私安全的基礎上分析大數據使用者的空間、行為等模式。本校全校區無線上網,透過個人帳號登錄,每個人在任何時間、任何地點皆可在校園內透過智慧型手機、筆記型電腦或 IPAD 等個人智慧裝置登錄校園無線網路系統,在登錄的同時會記錄使用者在哪個時間點以及哪個 AP 裝置被讀取,藉由系統背後的資料庫作為本研究資料的收集方式(圖 4)。

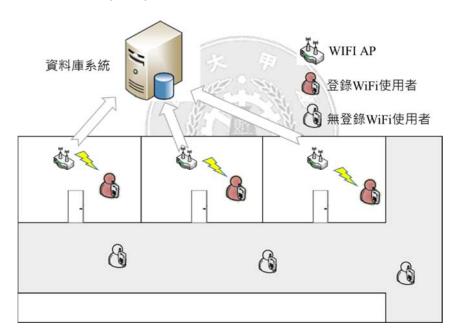


圖4 校園無線網路系統示意圖

由於 WIFI 接入點(AP 或路由器)取得之資料必須同時考量保護使用者資料的隱私和保證軌跡資料有較高的可用性。目前本研究之研究資料以 WIFI AP 所記錄的清單資料,包括時間、使用者編號及WIFI AP 名稱等(表 1),並將 WIFI AP 對應的空間位置列表(表 2)進行整理,故能得知該筆資料所位於的空間位置,透過時間的排序可以間接瞭解使用者的移動行為模式,不僅可解決過往透過度依賴受訪者

訪談或紀錄所產生的信度和效度的偏差問題,也可用低成本高精度 的技術來觀察使用者的時空行為。

表1 WIFI AP 所記錄的清單資料

紀錄時間	使用者設備 MAC 地址	WIFI AP 名稱
2017/2/22 10:10	b4:8b:19:2d:**:**	ad_w_6f_****
2017/2/22 10:12	cc:25:ef:68:**:**	ah_w_2f_****
2017/2/22 10:13	fc:db:b3:c6:**:**	ac_w_1f_****
2017/2/22 21:10	fc:db:b3:c6:**:**	ac_w_1f_****

資料來源:本研究整理。

表2 AP 對應的空間位置列表

WIFI AP 名稱	大樓名稱	大樓代碼	樓層	位置	X 坐標	Y坐標
aa_w_3f_****	行政 一館	AA	3F	行政一館 3F 第一會 議室內	214***.5146	2674***.846
ab_w_1f_****	忠勤樓	AB	B1F	忠 B05 教 室內	214***.1295	2674***.443
•••	•••					•••
ac_w_1f_****	語文大樓	AC	1F	語 105 教室 內	214***.7324	2674***.74

資料來源:本研究整理。

校園內有設置 AP 接入點的數量共計 660 個,分布於校內 20 棟建築物裡,其中以人言大樓、商學大樓、資電館與忠勤樓為最多(圖5),分別為 88、87、75 與 66 個,其次在公共空間的圖書館、育樂館以及體育館分別為 25、16 及 14 個,可以得知在教室數量為多的建築物其 AP 設置的數量較為多。

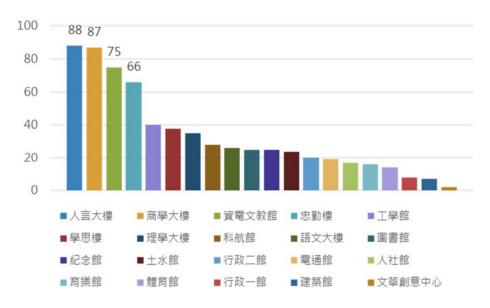


圖5 校園 AP 接入點設置情形示意圖

貳、校園建築物資料

本研究利用 GIS 軟體進行空間視覺化表達,探討使用者在不同時間和不同樓層活動的空間分佈情況,故需將校園 CAD 平面圖轉為 Shapefile 圖檔,建置完畢後在依照平面圖所標示教室名稱與 AP 位置列表進行結合(圖 6 與圖 7),透過這樣的方式可以獲得某時間所記錄的資料進行 2D 與 3D 空間化表示,更能直接呈現數據的分布情況。



8F 7F 6F 5F 4F 3F 2F 1F B1F

圖6 WIFI AP 位置 2D 空間對應示意圖

圖7 WIFI AP 位置 3D 空間對應示意圖

第四節 資料前置處理

為了讓收集到的資料、記錄更適合進行研究,本研究利用 R 語言對資料做前置處理,過濾掉不適用的記錄,資料過濾同時也影響了結果的品質。而資料可能會發生的問題主要有三個部分:資料不完整、資料有雜訊以及資料不一致,而這些不足的部分將會在資料過濾的步驟中做解決。為達到過濾資料的目的,在前置處理中本研究主要會做資料整合、資料清理以及資料轉換。在資料整理上,本研究著重在處理重複的資料,例如在同一個時間有兩筆以上的記錄存在,本研究會依資料前後而留下最適合的一筆資料。而資料清理主要目的在於確認資料是否正確以及完整。在資料的正確性方面,本研究做了表 3的檢查及驗證,並針對查證出的錯誤做適當的處理,例如移除。

表3 資料正確性檢查及驗證

內容	說明
有效值或有效範圍	例如:AP 的讀取位置應符合位置列表
有效但以有效靶色	的名稱;時間必須包含時、分、秒
唯一性	例如:同一個時間只能有一筆記錄

資料來源: 本研究整理。

第五節 資料分析方法

在資料分析方面分為兩大部份,其流程如本章開頭之研究架構圖,第一部份為瞭解使用者使用無線網路整體狀況,並且蒐集部分教室實際上課人數與無線網路讀取數量,比較其相關性。第二部份為探討使用者行為之活動空間人流特徵,為有效探討校園活動空間行為,本研究透過三個層面來分析活動空間,分別為頻繁位置、空間範圍與移動方式,從文獻回顧可以得知這三個是主要決定因素,提供瞭解人類流動模式的資訊,探討多少次數、多大範圍以及如何移動等。

單一使用者在無線網路資統資料庫所記錄資料並整理後的表格如表 4,其中包括時間、重新排序的使用者編號、AP 讀取紀錄與其坐落之建築物及 XY 座標,本研究將單一使用者的軌跡表示為T(公式3.1),其點位 P 為每個時間所紀錄之位置, XY 代表其空間, t 則代表

時間,所記錄一整個時段的空間位置表示為單一使用者的時空路徑, 其中本研究從相關文獻回顧可得知活動錨點表示主要活動地點,本 研究是以校園建築物為錨點,進行以建築物空間為主的活動探討,而 移動情形以圖 8 綠色活動錨點外路徑為主。

$$T = \{P_1(x_1, y_1, t_1), P_2(x_2, y_2, t_2), \dots, P_i(x_i, y_i, t_i)\}.....(3.1)$$

表4 資料記錄清單

日期	時間	使用者名稱	AP 讀取紀錄	坐落之建築物	X座標	Y座標
2/22	10:15	1	aa_w_3f_****	A	214***.5146	2674***.846
2/22	11:23	1	ab_w_1f_****	В	214***.2546	2674***.146
2/22	14:25	1	ab_w_1f_****	В	214***.7746	2674***.546
		•••	•••		•••	•••
2/22	18:22	1	ac_w_1f_****	С	214***.7746	2674***.246

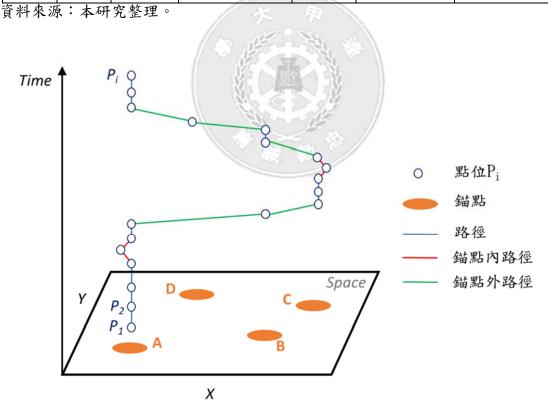


圖8 個人移動軌跡 T 的時空路徑示意圖

壹、 資料驗證

為了解學校WiFi系統所記錄之使用人數與實際教室人口是否有相關性,透過查詢學校課程檢索與教室實際安排紀錄空間的實際人口,為描述系統紀錄之使用人數與實際教室人口兩個變數之間線性相關性,利用皮爾森相關係數(Correlation Coefficient)探討兩連續變數(X,Y)之間的線性相關(公式 3.2),若兩變數之間的相關係數絕對值較大,則表示彼此相互共變的程度較大。一般而言,若兩變數之間為正相關,則當 X 提升時,Y 也會隨之提升;反之,若兩變數之間為負相關,則當 X 提升時,Y 會隨之下降。

$$r = \frac{Cov_{xy}}{S_x S_y} = \frac{\sum (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \overline{X})^2 \sum (Y_i - \overline{Y})^2}} \dots (3.2)$$

一般可按三級劃分:|r|<0.4 為低度線性相關; $0.4\le|r|<0.7$ 為顯著性相關; $0.7\le|r|<1$ 為高度線性相關。

貳、 頻繁位置(frequent locations)

本研究的資料為針對室內建築物進行頻繁空間的探討,文獻中經常使用活動錨點表示一個人的主要活動地點,而活動的錨點可能因每項研究的背景而有所不同。在本研究中,我們將活動定位點定義為建築物空間範圍,利用無線網路系統紀錄的資料,使用統計方法、累積分布以及空間視覺化,探討空間上的頻繁位置,主要考量的有讀取次數與讀取人次,可以簡單地聚合大量資料,並使用 ArcSence3D 空間視覺化顯示,可以很直觀地展現空間資料的疏密程度或頻率高低。

讀取次數代表的是無線網路系統所記錄的總次數,可以顯示校內使用無線網路的情形多寡,而讀取人次為無線網路系統所記錄的不同使用者次數,可以顯示校內使用無線網路的使用者數量,詳表5所示,故本研究頻繁位置是以建築物為活動錨點進行兩種數據的統計,用來了解校園內較為集中的空間位置。

讀取數項目	使用者1	使用者2	使用者3	最終讀取次數	最終讀取 人次
1 忠勤樓	1	4	2	7	3
1心到後	1	7	2	1	3
2工學館	2	4	0	6	2
3 育樂館	0	2	5	7	2
中●位 文部の数中心 土●館 理●店 用●館 服本機 財●館	使用者1	中●理 文等創創中心 土●館 理●院 育●館 理●信 記●信	使用者2	で 日本	使用者3 使用者3 (使用者3 (使用者

表5 讀取次數與人次說明示意圖表

資料來源:本研究整理。

參、 空間範圍(spatial extent)

透過校園 WiFi 系統的紀錄資料可以透過時間排序產生個人的活動路徑,讓本研究可以探討使用者對於學校空間的活動範圍情形,在文獻回顧的研究中被用於表示空間分散個人的日常活動有諸多方式,為計算空間範圍在本研究中定義活動範圍為T中所有錨點之間的最大距離,空間範圍計算使用凸包(convex hull)與疊加工具(overlapping),先將不同使用者的空間活動範圍計算出來後,將範圍內所有的使用者進行疊加動作(圖 9),除了了解各個使用者不同的活動範圍外,還可以統計在校內的那些地區是人類最常活動的空間範圍。

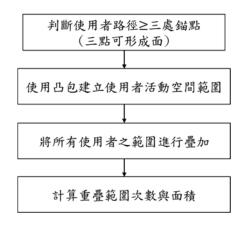


圖9 空間範圍分析流程示意圖

利用凸包進行空間範圍內的幾何實體表達,收集的位置數據與基於凸包的估計量來估計使用者範圍大小的數據,在一個實數向量空間 V 中,對於給定集合 X,所有包含 X 的凸集的交集 S 被稱為 X 的凸包(公式 3.3)。 X 的凸包可以用 X 內所有點的線性組合來構造(公式 3.4)。在二維歐幾里得空間中,凸包可為一個包著所有點的範圍圈 (圖 10)。

$$S = \bigcap_{\substack{X \subseteq K \subseteq V \\ K = convex}} K \dots (3.3)$$

$$S = \left\{ \sum_{j=1}^{n} t_{j} x_{j} \middle| x_{j} \in X, \sum_{j=1}^{n} t_{j} = 1, t_{j} \in [0,1] \right\} \dots (3.4)$$

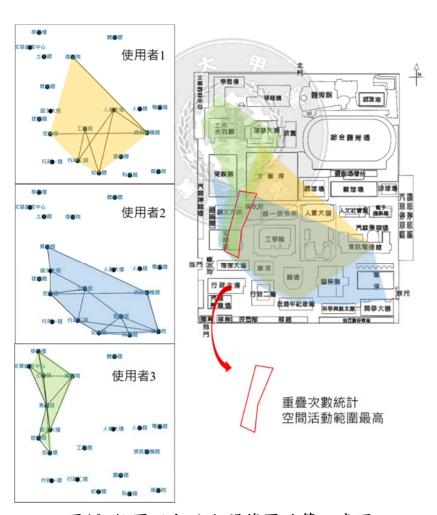


圖10 校園活動的空間範圍計算示意圖

肆、 移動方式(movements)

移動情形是人類活動空間的另一個重要特徵該指標衡量個人在不同活動錨點之間的活動程度一天的位置。本研究是以校園建築物為錨點,進行以建築物空間為主的活動探討,換而言之以圖 8 綠色活動錨點外路徑為主。

本研究透過網絡分析的方式建立校園路徑網絡分析,如圖 11 所示,可將各使用者的位置資訊與實際移動的過程分別代表為節點 (nodes)與路徑(routes),研究重點分為兩個部分,第一部分為全校網絡分析與其性質探討,第二部分為針對不同時間與空間進行空間流動情形探討(圖 12)。

- (1) 節點 (nodes):此指起點(origins)- 迄點(destinations)的概念, 也代表的是使用者在校園移動中的停留點,也就是活動錨點建築物, 為空間路徑中的基本元素。
- (2) 路徑 (routes):路徑是節點間有規律的移動類型之發展結果, 代表著節點與節點間的關係。

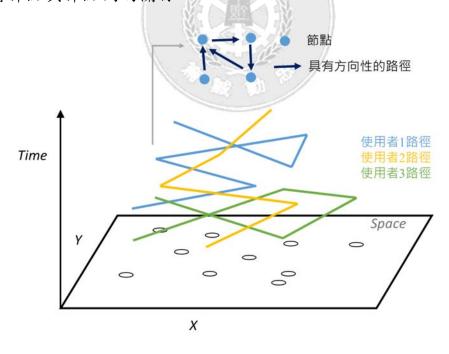


圖11 空間移動方式示意圖

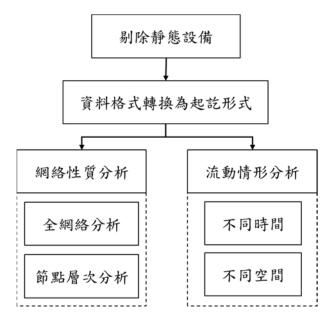


圖12 移動方式分析流程示意圖

在後續研究方法中為了有效分析移動路徑的活動特徵,在校園內可能存在只在單一定點登入數次或是靜態的設備 (例如電腦、感應器等),這些設備的距離將是維持一定(圖 13),故本研究將予以剔除,利用 R 語言進行 AP 位置的歐幾里得距離計算,歐幾里得距離是歐幾里得空間中兩點間的直線距離,在歐幾里得空間中,點 $x = (x_1,...,x_n)$ 和 $y = (y_1,...,y_n)$ 之間的歐氏距離公式如(公式 3.5),將所有使用者的座標帶入計算,屬於靜態設備之距離為零的資料不予以討論。

$$d(x,y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2} \dots (3.5)$$



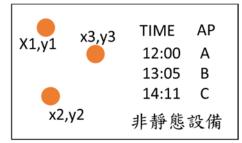


圖13 靜熊設備篩選示意圖

在資料的靜態設備處理完後,為讓原始數據可以進行網絡分析, 必須將資料的格式轉換為具有起訖節點的特性,並帶有方向性,故透 過 R 語言依時間序列將不同使用者資料轉換為網絡數據,並刪除相 同地點與相同路徑的資料,如圖 14 所示,圖中表格(3)為後續分析的 資料型態,在計算上會把資料轉為矩陣型態進行處理(圖 15)。



圖14 資料格式轉換示意圖

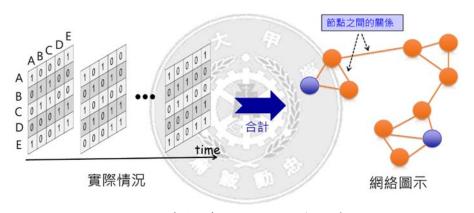


圖15 矩陣數據與網絡關係示意圖

一、網絡性質分析

藉由網絡資料測量節點網絡位置或理解群體結構型態,是網絡主要的分析方式。全網絡分析所代表的是團體所有成員的集合,在社會網絡分析中會以圖形的方式呈現,這不僅可以從視覺過程中看出整個結構的組織情況,更可以藉由數學或統計方式計算出網絡本身的內聚傾向,也就是凝聚。這部分數值呈現就像統計中的敘述統計,是最基礎也是針對資料本身特性的描述。最常使用分析整體網絡的幾個數值,包括了密度(density)、中心勢(centralization)、核心邊緣分析(core/periphery)等(劉軍,2009)。節點層次分析以中心性的

為主,可辨別該節點在區域中的角色、位置、重要程度以及是否具有結構的優勢,中心性的類別有相當多種,包括了度數中心性(degree centrality)、接近中心性(closeness centrality)、中介中心性(betweenness centrality),而不同的類別有相異的測量方式與意義。本研究將使用的性質與衡量方式,於以下部分詳細解說:

表6 網絡性質分析說明表

項目	性質	說明
	密度	網絡密度意指實際存在的關係總數,除以理論上最
		多可能存在的關係總數;可以看到個體之間資訊散
		佈的速度、行為者之間的緊密程度,通常一個網絡
		的密度高,是因為資訊容易流動所造成。
	中心勢	中心勢則是計算該值與圖中其他點中心度的差,將
		許多差值總合起來,並除以在理論上各個總和的最
		大可能值,才是中心勢(Wasserman and Faust, 1994;
		劉軍,2009)。中心性是單指一個點的中心程度,
		而中心勢是整個網絡的中心程度。中心性最高者與
		他者的差距越大,則中心勢的數值也會越高。而這
		意義在於中心勢程度高,表示該團體權力過份集
		中,有幾節點特別重要(羅家德, 2010)。
	核心邊陲分析	核心邊緣分析是對網絡結構中分成兩個區塊,一塊
		為核心(core)為密度比較高的部分,另一塊是邊陲
		(periphery)密度比較低。根據網絡密度部分來推斷,
		位於核心的節點在網絡中的權力或訊息交換上占
		較大的優勢,而位於邊陲者則居劣勢。
子網	社群團體	子網絡附屬於全網絡之下,是在網絡中次團體的行
路		為者中,與其他行為者有比較強、直接、頻繁的連
		結性,也就是在某個結構標準之下所定義的小團體
		(Wasserman and Faust, 1994)。本研究利用 Gephi 軟
		體的 Louvain 方法進行社群團體分析,此方法也被
		證明是準確的專注於具有已知社區結構的自組織

項目	性質	說明
		網絡。
	度數中心性	度數中心性主要用來衡量在這個網絡最重要的節
		點程度。一個節點的度數中心性就是直接與該節點
		相連的點個數(Wasserman and Faust, 1994)。又分
		為有分外向度數中心性(out-degree centrality) 以及
		內向度數中心性(in-degree centrality)。
	接近中心性	接近中心性的意義與度數中心性很像,但在網絡上
		面的計算是不同的。接近中心性是以距離為概念計
		算一個節點的中心程度(Knoke and Yang, 2002),是
		在討論一個節點的距離是多靠近其他節點,也就是
		與其他節點多快速能夠互動的指數。
	中介中心性	衡量節點是否對其他節點有控制或媒介的關係,在
		網絡分析就會以中介中心性表達。關鍵點連結中介
		者即為網路分析中所說的橋的位置,此一位置在知
		識或資訊流通的網路中具有十分有價值的地位。

資料來源:本研究整理。

二、空間流動情形分析

藉由網絡分析的方式可以將各路徑的流動次數加總,進而探討空間的流動情形,本研究探討第一部分在不同時間下的流動狀況,分別為整天、白天以及晚上,了解使用者對於校園空間的移動情形有無差異。其次第二部分為不同空間的流動狀況,本研究以校內重要之公共服務空間作為研究對象,圖書館與積學堂同為逢甲校內學習空間,而體育館是校內的運動空間,皆為校內重要之公共服務空間場所。從過往研究發現校內圖書館又可稱為資訊共享空間,將圖書館實體空間與虛擬資源及服務整合,提供一個舒適的環境與豐富的資源,讓學生可以自由自在的在圖書館內取得各種類型的資源,並使用研究與學習相關的服務(王梅玲、侯淳凡,2014)。資訊共享空間普遍盛行於大學圖書館,然而教學是大學的主要功能之一,於是在資訊共享空間逐漸發展後,引入了一種新的思維,不僅將重心放在IT技術與數

位資料上,並將焦點放在如何輔助教學和幫助學生學習,因此衍生出了學習共享空間的概念(李佩瑾、吳政叡,2012),而校內的積學堂新的空間設計理念、空間功能的多元多樣性,支援小組討論和學習的開放環境,強調互動及知識共享,係屬於學習共享空間的地方。故本研究將這個階段探討資訊共享、學習共享空間以及運動休閒空間的流動情形是否有所差異,在校內的使用者又是如何在這些空間進行使用。



第六節 資料基本分析

本研究使用 105 學年下學期開學期間的資料,先對資料進行異常檢測,考量 AP 讀取位置有重複問題,故刪除在同一時間重複之使用者,處理後約占原資料約 68%,其次本研究是以校本部為研究範圍,故刪除非位於校本部區域後的資料作實證分析,最後分析資料占原資料百分比如表 7。而統計使用無線網路人數在平常上課日約有11,500 至 13,300 人,若以一人一個設備為基礎,估計占全校人口約60-70%,在非上課日人數約為 3,000 人。

星期	原資料(1)	前 置 處理後(2)	占原資料 百 分 比 (%)	刪除非校 本部區域 後(3)	占原資料 百 分 比 (%)	人數計次 (4)
週一	1,071,689	737,790	68.84	710,809	66.33	12,338
週二	1,042,146	715,181	68.63	685,178	65.75	11,540
週三	1,186,167	798,223	67.29	798,223	67.29	13,279

68.17

68.57

690,033

99,739

65.69

61.04

11,615

3,214

表7 WiFi 系統各天資料量以及人數記錄情形列表

1,050,495

163,408

716,131

112,051

週四

週日

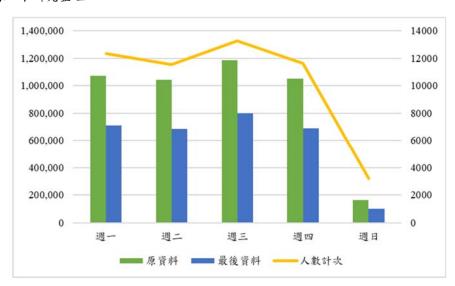


圖16 WiFi 系統各天資料量以及人數記錄情形示意圖

註(1):為資料庫系統最原始資料。

註(2):經由資料前置處理(重複與遺失)所刪除後的資料。

註(3):僅保留位於校本部的資料,故刪除非位於校本部區域的資料,包括福星、中科校區。

註(4):最後實證分析係以(3)為主,故人數計次係以(3)進行計算。

資料來源:本研究整理。

第四章 實證分析

第一節 資料驗證

本研究為驗證學校無線網路系統所記錄的使用者次數是否與實際上課人數有線性關係,透過查詢學校課程檢索與教室實際安排紀錄空間的實際修課人數,統計時間為上午3、4節課以及下午6、7節課,地點為人言大樓4、5、6、7樓之教室與語言大樓1、2、3樓之教室共計47個空間,該學期實際修課人數與WiFi讀取數量進行比對,發現實際使用WiFi的人數占實際修課人數約40-50%,換而言之,上課人數10個裡面可能會有4-5個使用者使用學校無線網路系統,而結果透過相關係數統計可以發現上午時段47個空間相關係數為0.76,下午時段47個空間相關係數為0.78,皆介於0.7≤|r|<1之間,屬於高度線性相關(圖17、18)。

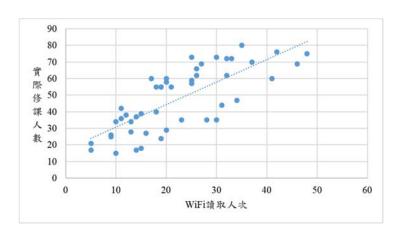


圖17 上午時段實際修課人數與 WiFi 讀取人數散佈圖

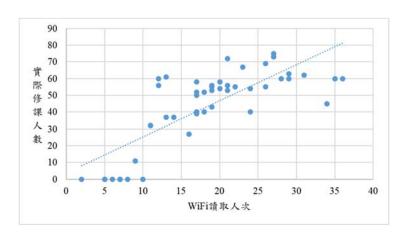


圖18 下午時段實際修課人數與 WiFi 讀取人數散佈圖

第二節 頻繁位置

本節將活動定位點定義為建築物空間範圍,利用無線網路系統紀錄的資料,使用統計方法、累積分布以及空間視覺化,探討空間上的頻繁位置,主要考量的有讀取次數與讀取人次,透過24小時WiFi讀取次數統計(圖 19),挑選學校主要空間顯示,可以發現教室居多的建築物(實線),包括人言大樓、忠勤樓、資電館、商學院與語文大樓,在 9 點和 15 點的使用次數最為 3 ;其次公共空間使用為主的建築物(虛線),包括育樂館與圖書館,在中午 12 點與 15 點的使用次數最 3 ;最後在運動空間使用為主的體育館(點線),使用次數起伏不是非常明顯,在 10、13 與 15 點最 3 。整體而言在教室空間為主的地方中午時間使用幅度有減少,而在社團聚集的育樂館明顯有上升趨勢,其次忠勤樓在午夜使用情形皆比其他建築還 3 。

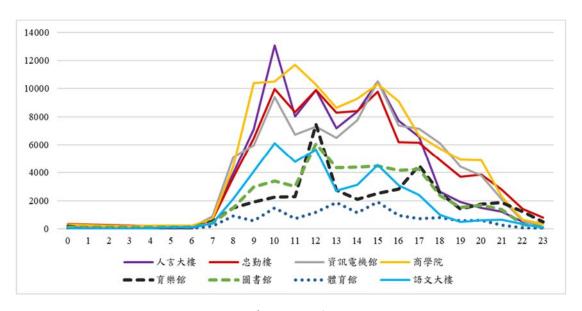


圖19 24 小時 WiFi 讀取次數統計

在讀取數量與讀取人次的,明顯可以看出在教室空間居多的建築物所讀取的次數為最多,但在使用者的部分是介於3,000-4,000人為多,包括人言大樓、忠勤樓、資電館及商學院,是眾多無線網路使用者的區域(圖20)。



圖20 讀取數量與讀取人次統計示意圖

若分別針對使用率較高的四棟建物進行樓層檢視,透過ArcSence3D空間視覺化可以看出頻繁的樓層地點如圖所示,圖21中為紅色的地方都是人口相對集中的位置。

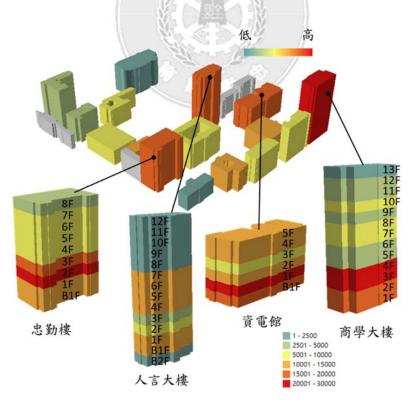


圖21 建築物使用次數分布示意圖

將 660 處 AP 頻繁位置空間化進行探討(圖 22、23),在讀取人次 與讀取數量上差異不大,可以看出在特定空間的使用情況頻繁,像是 育樂館的社團教室、西側校門口、行政二館一樓、圖書館一二樓以及 資電館一樓。在針對不同時間點下的觀察,可以發現育樂館的社團空 間與西側校門口在每個時段下皆比其他地區來的集中,10 點與 15 點 的教室空間在上課時段明顯趨高,校內人數多集中在低層樓(1、2、3 為主),在高層樓的部分空間皆屬於使用人次較低的地方。

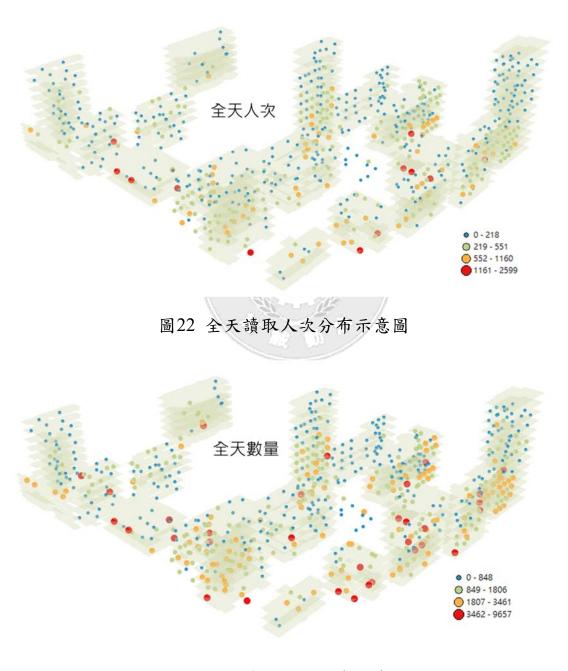


圖23 全天讀取數量分布示意圖

第三節 空間範圍

透過校園 WiFi 系統的紀錄資料可以透過時間排序產生個人的活動路徑,讓本研究可以探討使用者對於學校空間的活動範圍情形,在篩選使用者所達錨點三個才可成面,經統計後有 7,196 使用者路徑大於 2,約占全部使用者百分之 55%,在同一錨點或兩個錨點之間的使用者占全部使用者約百分之 45%,可以了解有將近一半的學生使用情形僅限於小範圍區域。本研究後續分析空間活動以這百分之 55%的使用者為分析對象,如圖 24 所示。

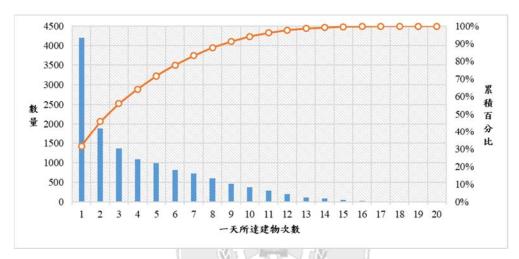


圖24 篩選使用者所達錨點累積分布圖

篩選後的百分之 55%使用者,利用凸包進行空間範圍面積的計算,在校本部的總面積約為 175,000 平方公尺,針對 7,196 個人進行空間範圍的分析,可以發現將近有百分之 30%的人空間範圍為 20,001-40,000 平方公尺,百分之 20%的人為 10,001-20,000 平方公尺,可估計全校師生約有一半使用學校面積僅約占學校總面積約 5%-23%(圖 25)。

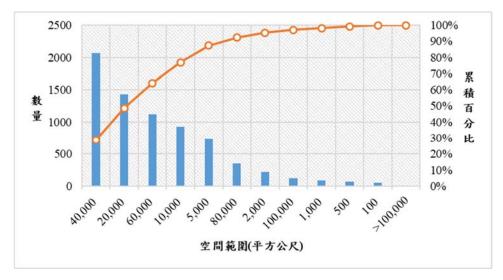


圖25 使用者活動空間範圍累積百分比圖

從進行 7,196 個人使用者空間範圍疊加分析(表 8),發現在全天的時間下最高重疊處位於以工學院為中心的向外至建築館、忠勤樓、人言大樓與圖書館,面積約為 13,863 平方公尺,而白天(8 點到 18 點)活動空間範圍明顯比在整天的時候還大,甚至到達育樂館與紀念館,面積約為 23,146 平方公尺,最後在晚上(18 到 24 點),面積縮小到以行政二館、紀念館、圖書館與人言大樓,面積約為 15,744 平方公尺。(圖 26、27、28)

表8 使用者活動空間重疊統計表

720	K. CARTALLE ENGLA							
項目	整天		白天(8-18)	晚上(18-24)			
块口	面積(m²)	百分比(%)	面積(m²)	百分比(%)	面積(m²)	百分比(%)		
重疊最低	50243.32	48.78	37101.74	36.02	50170.36	48.71		
重疊低	19015.54	18.46	22068.43	21.43	21736.28	21.10		
重疊高	19878.41	19.30	20683.61	20.08	15348.99	14.90		
重疊最高	13863.13	13.46	23146.63	22.47	15744.77	15.29		
小計	103000.41	100.00	103000.41	100.00	103000.41	100.00		

資料來源:本研究整理。



圖26 全天使用者活動空間重疊示意圖

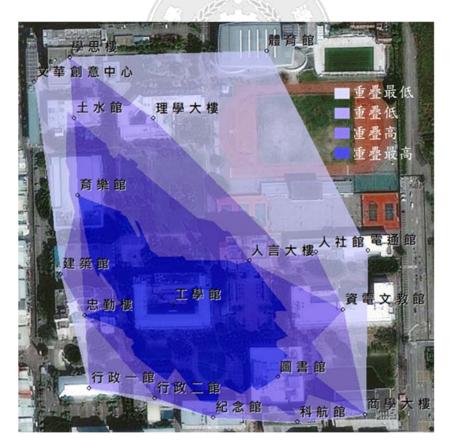


圖27 白天活動空間重疊示意圖



圖28 晚上活動空間重疊示意圖

第四節 移動方式

本研究透過網絡分析的方式建立校園路徑網絡分析,如圖 29 所示,可將各使用者的位置資訊與實際移動的過程分別代表為節點 (nodes)與路徑(routes),研究重點分為兩個部分,第一部分為全校網絡分析與其性質探討,第二部分為針對不同時間與空間進行空間流動情形探討。透過各點歐基里德計算,可以發現校內約有百分之 30 的使用者是靜態設備,本研究以剩下百分之 70 具有活動特徵的使用者,共計 9,081 個使用者進行下個階段的分析。

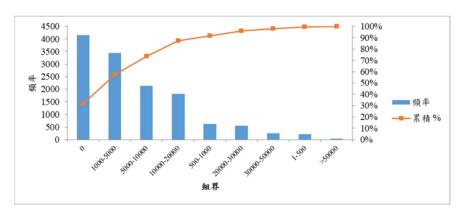


圖29 使用者(設備)一天在建築物間行走總距離累積分布圖

壹、 網絡性質分析

將具有活動特徵的使用者所產生的所有路徑以網絡分析的圖形方式呈現(圖 30),這不僅可以從視覺過程中看出整個結構的組織情況,更可以藉由數學或統計方式計算出網絡本身的內聚傾向,如表 9 所示,校內的移動網絡情形密度極高,表示校內是一個資訊流通廣泛的地區。而從核心邊陲分析可得知育樂館、忠勤樓、工學館、人言大樓、行政二館、紀念館、圖書館、資電文教館在網絡中的權力或訊息交換上占較大的優勢。

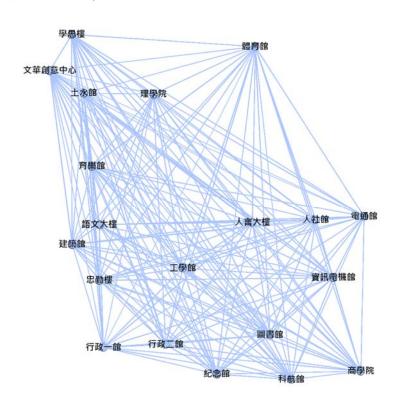


圖30 活動特徵的使用者所產生的所有路徑圖

表9 網絡性質分析結果列表

項目	性質	說明
	密度=0.989	網絡密度意指實際存在的關係總數,除以理論上最
		多可能存在的關係總數;可以看到個體之間資訊散
		佈的速度、行為者之間的緊密程度,通常一個網絡
		的密度高,是因為資訊容易流動所造成。
	中心勢=0.012	0.012 中心勢是整個網絡的中心程度。中心性最高
		者與他者的差距越大,則中心勢的數值也會越高。

項目	性質	說明
		學校內的移動網絡並沒有過度集中的趨勢,並沒有
		特別凸顯的節點。
	核心邊陲分析	核心(Core):育樂館、忠勤樓、工學館、人言大樓、
		行政二館、紀念館、圖書館、資電文教館,核心的
		節點在網絡中的權力或訊息交換上占較大的優勢。
		邊陲(Periphery):語文大樓、科航館、商學大樓、理
		學大樓、土水館、文華創意中心、建築館、學思樓、
		人社館、電通館、體育館、行政一館,位於邊陸者
		則居劣勢。

資料來源:本研究整理。

在社群團體(子網路)的分析下,本研究利用 Louvain 方法進行社群團體分析,圖 31 可以發現原本建物被分為三個子群,表示以校園內部流動狀況來說可以把範圍內 20 個建築物瞄點劃分為主要的三個群集,在一個空間下因基於無線位置的資料可以解析校園此微型城市在校內師生對於空間上的使用可以有三個主要連結空間。

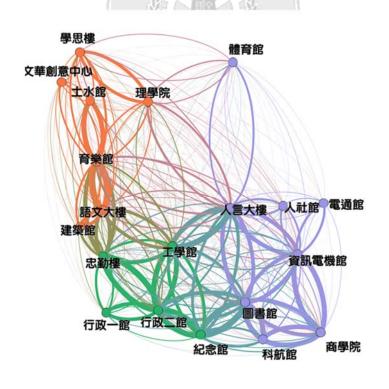


圖31 子網路分群示意圖

若以660個AP位置來看子網路的性質(圖32),校園內部空間被分為7個群體。地點其中以忠勤樓外噴水池、行政106A、圖212教室、資電125教室、圖101展示空間、學思101教室外以及育樂館210教室外走廊的度數中心性為最高,表示這些位置為網絡最為重要的空間節點。其次圖33將分群結果進行3D空間化顯示不同群組的分布位置,有明顯的地理位置差別,其中有未被列入群體的空間節點(紫色),表示這些空間在使用上比較具有獨立性,沒有與其他空間節點有關係。

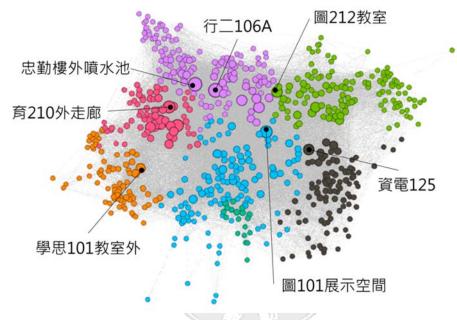


圖32 AP網絡分群示意圖

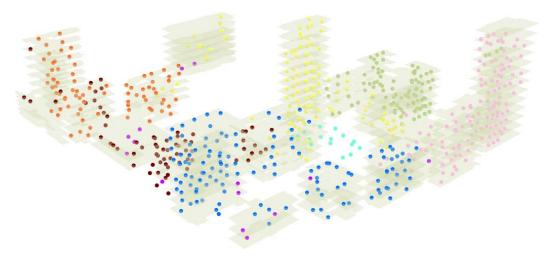


圖33 AP 分群空間示意圖

貳、 流動情形分析

流動情形是以計算節點與其他節點之間相連的數目,表 10 統計結果發現在白天的流動情形前三多跟整天是相同的,分別為育樂館至語文大樓、語文大樓至育樂館及圖書館至紀念館,晚上以紀念館至行政二館、忠勤樓至行政二館及商學大樓至資電館,可以看不同時間下的移動狀況有不一樣分布,學校內的空間使用分布會隨著時間地點而有變化(圖 34、35、36)。

表10 不同時間流動情形統計表

全天			白天(8-18)			晚上(18-24)		
起點	迄點	人次	起點	迄點	人次	起點	迄點	人次
育樂館	語文大樓	1516	育樂館	語文大樓	1337	紀念館	行政二館	294
語文大樓	育樂館	1467	語文大樓	育樂館	1289	忠勤樓	行政二館	284
圖書館	紀念館	1366	圖書館	紀念館	1164	商學大樓	資電館	280
紀念館	圖書館	1329	人言大樓	工學館	1134	行政二館	忠勤樓	279
人言大樓	工學館	1303	紀念館	圖書館	1122	資電館	商學大樓	270
忠勤樓	行政二館	1294	忠勤樓	行政二館	1031	育樂館	土水館	268
紀念館	行政二館	1257	紀念館	行政二館	1008	圖書館	紀念館	265
行政二館	工學館	1192	行政二館	工學館	977	語文大樓	育樂館	258
商學大樓	資電館	1186	工學館	人言大樓	975	紀念館	圖書館	257
育樂館	土水館	1150	科航館	圖書館	933	土水館	育樂館	256
行政二館	忠勤樓	1137	行政二館	紀念館	929	育樂館	語文大樓	255
資電館	商學大樓	1119	商學大樓	資電館	924	行政二館	工學館	240
商學大樓	科航館	1117	育樂館	土水館	924	商學大樓	科航館	225
行政二館	紀念館	1110	商學大樓	科航館	924	科航館	圖書館	223
科航館	圖書館	1109	工學館	行政二館	903	工學館	行政二館	221

資料來源:本研究整理。

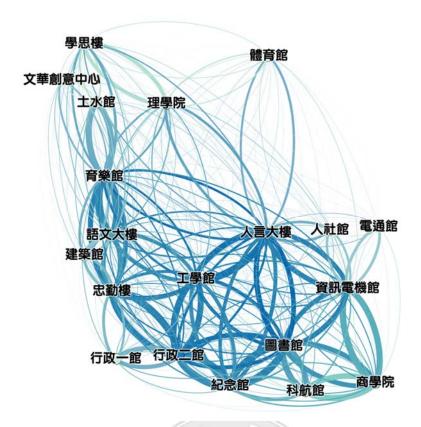


圖34 全天流動情形分析示意圖

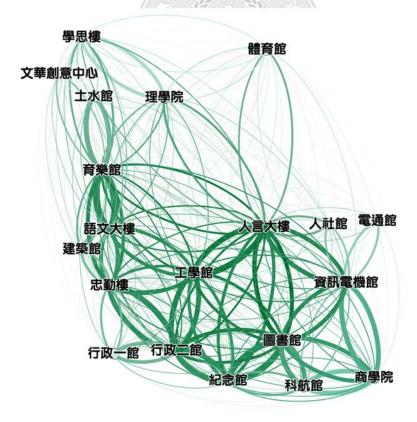


圖35 白天(8-18)流動情形分析示意圖

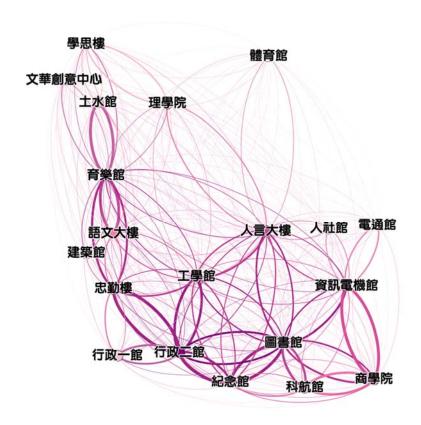


圖36 晚上(18-24)流動情形分析示意圖

在不同空間下的統計情形如表 11,在資訊共享空間(圖書館)與學習共享空間(積學堂)的人次以圖書館為多,以鄰近的建築物為主,但以空間使用頻率來看積學堂的使用範圍較廣,而體育館以人言大樓、理學大樓與學思樓為最多(圖 49、50、51)。

表11 不同空間流動情形統計表

以圖書	以圖書館為迄點 以積學堂(人言 1F)為迄點			以體育館為迄點				
起點	迄點	人次	起點	迄點	人次	起點	迄點	人次
紀念館	圖書館	1329	工學館	積學堂	687	人言大樓	體育館	385
科航館	圖書館	1109	資電文教館	積學堂	441	理學大樓	體育館	278
資電文教館	圖書館	926	圖書館	積學堂	430	學思樓	體育館	152
商學大樓	圖書館	883	紀念館	積學堂	306	資電文教館	體育館	73
行政二館	圖書館	855	人社館	積學堂	290	人社館	體育館	55
人言大樓	圖書館	849	育樂館	積學堂	249	語文大樓	體育館	53

資料來源:本研究整理。

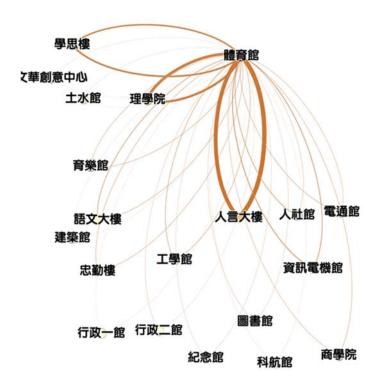


圖37 體育館與其他建物流動情形分析示意圖

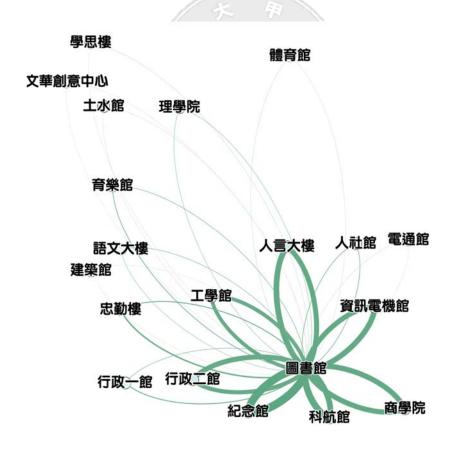


圖38 圖書館與其他建物流動情形分析示意圖

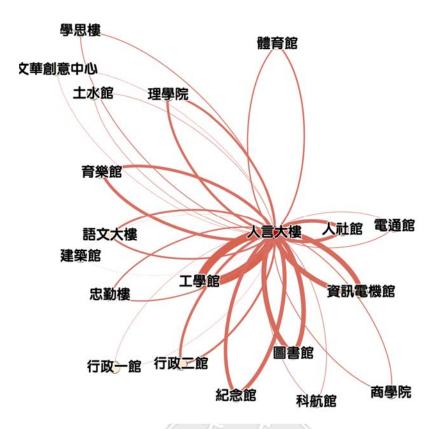


圖39 積學堂與其他建物流動情形分析示意圖

第五章 結論與政策建議

第一節 研究結論

無線網路的廣泛部署,移動智慧設備的升級和普及,社交網路改變人們的交流方式,無線網路使用者行為的研究日新月異。本研究利用校園基於無線網路系統的資料探討時間與空間的問題,不僅可解決過往透過往依賴受訪者訪談或紀錄所產生的信度和效度的偏差問題,也可用低成本高精度的技術來觀察使用者的時空行為,此數據通常具有較大的空間、時間和人口覆蓋,這有助於大型人類行為研究,而本研究的成果了解校內建築物之間的空間結構,也就是師生的活動空間行為,構建空間交互網絡模型來表示建築物之間學生流動的空間強度。以下將本研究之研究結果與發現歸納如下:

- 一、本研究先針無線網路所記錄的人次與實際人次的比對,發現對兩者之間有<u>顯著的正相關</u>,其次探討校園活動空間的分析因素,最後分析三個面向,分別為活動錨點的頻繁位置、活動空間範圍以及移動方式,從頻繁位置可以發現不同性質的空間在一天時間上會有不一樣的差距,且發現學校的社團空間是在校內熱點最高的地方。
- 二、若以樓層的角度,可以發現校內人數多集中在低層樓(1、2、3為主);從空間範圍可以得知在校內同一錨點或兩個錨點之間的使用者占全部使用者約百分之45%,錨點大於三的使用者約有60%使用者移動校地範圍約占全校面積5-35%,顯示大部分的師生使用情形僅限於局部範圍區域(以工學院為中心),且在不同時間下的使用分布也不盡相同。
- 三、移動網絡的分析上,在校園的凝聚性很高,流動距離很短,核心邊陲分析可得知育樂館、忠勤樓、工學館、人言大樓、行政二館、紀念館、圖書館在流動的情況下是主要核心區域,從子網絡分析可以發現有未被列入群體的 AP 空間節點,表示這些空間在使用上比較具有獨立性,沒有與其他空間節點有關係;在中心性的分析,發現圖書館、人言大樓及育樂館在校園網絡的重要性與影響

力大。

- 四、本研究擴展了對校園微型城市生活的理解,感受校園的流動,透過實證的分析,可以發現透過學校無線網路系統從三個面向在校園的活動空間在多少次數、多大範圍以及如何移動皆可以被檢視,在未來,如果能取得使用者的個人資料,這樣就包含了更多資訊的豐富資料集,以更加精細的維度描述使用者的行為特徵。
- 五、利用學校無線網路系統檢視空間知識獲得有價值的資訊,結合現實需求性,進而讓一個特定區域更有效的使用。關於建築物、樓層空間的使用情形、分布概覽, 設施管理者可以改變或改善使用較少的區域,或者需要新的會議室,甚至結合時間課表進行規劃;其次進而分析移動模式與室內外交通要道,檢討消防、疏散與特定的出入口,透過移動模式檢討安全性。最後中長期規劃為校務研究導向,透過與個人資料屬性的結合,可針對特別的學生進行學生學習行為評估,包含新生體驗、特殊學生的學校活動模式研究,探討不同學習狀況的使用行為模式。

表12 校園基於位置資料應用領域彙整表

項目	說明	範例
面積使用和 利用率	有多少人在某棟建築物或樓層或 是什麼時間點通常在使用中。例 如在考試期間,必須尋找閱讀空 間。	利用空間知識獲得有價值 的資訊,結合現實需求 性,進而讓一個特定區域 更有效的使用。
移動情形	確定移動模式與室內外交通要道。	消防、疏散與特定的出入口,透過移動模式檢討安全性。
火災和疏散	進行消防演習,可使領導層確定如何以最有效率的方式進行疏散。	一般較常使用之出入口為 何或者了解實際需要被疏 散的人口有多少。
智慧建設	關於建築物、樓層空間的使用情 形、分布概覽,設施管理者可以 改變或改善使用較少的區域,或 者需要新的會議室。	結合時間表進行規劃,可 能是活動、課表設計。
物業管理	包括清潔、維護與通風和空調系 統。	清理最擁擠的區域。最主 要的空間、交通要道相關 管理。

資料來源:本研究整理。

第二節 政策建議

隨著通信技術與傳感器的快速發展,各種移動應用已經漸漸出現在相關研究與實際應用,在這樣感知計算中,以人為本的語境資訊是最為重要的作用,藉由三個屬性描述:位置(住家、上班地點等), 動跡(轉換、行蹤等),行為(活動、目標等)。結合智慧型設備普遍用於感知人類行為和環境資訊,在應用和服務可以對當前的周邊環境做出具體的反應根據不斷變化的情況進行行為的調整。在研究領域中使用移動設備的探究人類行為是越來越受到相當大的關注,如生活模式學習,基於位置的社交網絡等。故本研究針對政策建議主要如下:

- 一、現今各種感測器的應用與發展,如 GPS、手機、公車卡、Wifi 熱點等,記錄了人類的活動行蹤,這些大量的人類活動資料中蘊含著人類行為的時空分佈方式。建議臺中市結合城市活動規劃系統與人口活動模式,有助於全面、動態地理解城市社會與居民生活的整體情況,進而為對生活預測、城市規劃、交通監測等提供支援。
- 二、時空間行為研究主要應用於空間規劃、交通規劃、公共設施規劃 等方面。除了市政、商業、醫療、教育等公共設施的時空配置, 甚至對於居民災害避難時空行為的研究,使防災規劃中具有較好 的應用。也可對於特定地區的進行規劃,如旅遊區規劃、社區規 劃、校園規劃等。
- 三、本研究利用無線網路位置,有別於 GPS,無線網路位置較針對室內空間的探討,隨著無線網路的設置越來越廣泛,在一個大範圍的空間下可以透過成本低時間範圍長的方式,進行活動空間的探討,許多學者認為人類活動模式的挖掘是城市規劃、城市交通、公共安全等方面應用的基礎。
- 四、建議運用在特定智能場所(如展場、商場等大型開放空間),商場是巨大的商業潛力,能夠輕鬆獲得移動性和流量度,且數據具有不同的空間粒度(房間、場地或建築物)。也能研究商店之間的邏輯關係,可以揭示不同的購物模式,創造不同的優惠計劃和產品的可能性。

參考文獻

- 1. 王梅玲、侯淳凡(2014)。大學圖書館 [學習共享空間]服務品質評鑑指標建構與應用。圖書館學與資訊科學,40(1),101-121。
- 2. 李佩瑾、吳政叡(2012)。大學圖書館學習共享空間的使用情形研究: 以輔仁大學為例。大學圖書館,16(1),73-89。
- 3. 柴彥威、申悅, & 陳梓烽. (2014)。基於時空間行為的人本導向的智慧城市規劃 與管理、國際城市規劃, 29(6), 31-37。
- 4. 柴彥威。行為地理學研究的方法論問題。地域研究與開發,2005,24(2): 1-4。
- 5. 劉軍(2009) 整體網分析講義,上海人民出版社,上海。
- 6. 蔡毓智(2008) 社會網絡:社會學研究的新取向,思與言:人文與社會科學雜誌, 46: 1-33。
- 7. 羅家德(2010) 社會網分析講義,社會科學文獻出版社, 北京。
- 8. Balazinska, M., & Castro, P. (2003, May). Characterizing mobility and network usage in a corporate wireless local-area network. In Proceedings of the 1st international conference on Mobile systems, applications and services (pp. 303-316). ACM.
- 9. Calabrese, F., Di Lorenzo, G., Liu, L., & Ratti, C. (2011). Estimating Origin-Destination flows using opportunistically collected mobile phone location data from one million users in Boston Metropolitan Area. IEEE Pervasive Computing, 99.
- 10.Cullen, I., and V. Godson. 1975. Urban networks: the structure of activity patterns. Progress inplanning 4:1-96.
- 11.de Montjoye, Y.-A., C. A. Hidalgo, M. Verleysen, and V. D. Blondel. 2013. Unique in the Crowd:The privacy bounds of human mobility. Scientific reports 3(1376).
- 12.Do, T. M. T., & Gatica-Perez, D. (2014). The places of our lives: Visiting patterns and automatic labeling from longitudinal smartphone data. IEEE Transactions on Mobile Computing, 13(3), 638-648.
- 13. Golledge, R., and R. Stimson. 1997. Spatial Behavior. Guilford, London.
- 14.Gonzalez, M. C., Hidalgo, C. A., & Barabasi, A. L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. Nature, 453(7196), 779-782.
- 15.Hsu, W. J., Dutta, D., & Helmy, A. (2007, September). Mining behavioral groups in large wireless LANs. In Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Mobile computing and networking (pp. 338-341). ACM.
- 16.Jakle J A, Brunn S, Roseman C C. Human spatial behavior [M]. North Scituate, MA: Duxbury Press, 1976
- 17. Kalogianni, E., Sileryte, R., Lam, M., Zhou, K., Van der Ham, M., Van der Spek, S., & Verbree, E. (2015, June). Passive wifi monitoring of the rhythm of the campus. Agile.

- 18.Kotz, D., & Essien, K. (2005). Analysis of a campus-wide wireless network. Wireless Networks, 11(1-2), 115-133.
- 19.Luo, W., MacEachren, A. M., Yin, P., & Hardisty, F. (2011, November). Spatial-social network visualization for exploratory data analysis. In Proceedings of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location-Based Social Networks (pp. 65-68). ACM.
- 20.Papadopouli, M., Shen, H., & Spanakis, M. (2005, April). Characterizing the duration and association patterns of wireless access in a campus. In Wireless Conference 2005-Next Generation Wireless and Mobile Communications and Services (European Wireless), 11th European (pp. 1-7). VDE.
- 21. Sapiezynski, P., Stopczynski, A., Gatej, R., & Lehmann, S. (2015). Tracking human mobility using wifi signals. PloS one, 10(7), e0130824.
- 22. Schönfelder, S., and K. W. Axhausen. 2003. Activity spaces: measures of social exclusion? Transport Policy 10 (4):273-286.
- 23.Shih, H. Y. (2006). Network characteristics of drive tourism destinations: An application of network analysis in tourism. Tourism Management, 27(5), 1029–1039.
- 24. Shoval, N. (2008). Tracking technologies and urban analysis. Cities, 25(1), P21-28 •
- 25.Song, C., Z. Qu, N. Blumm, and A.-L. Barabási. 2010. Limits of predictability in human mobility. Science 327 (5968):1018-1021.
- 26.Tang, D., & Baker, M. (2000, August). Analysis of a local-area wireless network. In Proceedings of the 6th annual international conference on Mobile computing and networking (pp. 1-10). ACM.
- 27.Tang, D., & Baker, M. (2002). Analysis of a metropolitan-area wireless network. Wireless Networks, 8(2/3), 107-120.
- 28. Wang, Y. Z. Y. S. Y. (2012). Nokia mobile data challenge: Predicting semantic place and next place via mobile data. Work, 80(100), 120.
- 29. Wang, Y., Kang, C., Bettencourt, L. M., Liu, Y., & Andris, C. (2015). Linked activity spaces: Embedding social networks in urban space. In Computational Approaches for Urban Environments (pp. 313-336). Springer International Publishing.
- 30. Wasserman, S. and Faust, K. (1994) Social Network Analysis: Methods and Applications. Cambridge: Cambridge University Press.
- 31.Xu, Y. (2015). MOBILITY AND ACTIVITY SPACE: UNDERSTANDING HUMAN DYNAMICS FROM MOBILE PHONE LOCATION DATA.