

行政院國家科學委員會補助專題研究計劃成果報告

都市綠地系統之生態分析與評估方法

計畫類別：☒個別型計畫 ☐整合型計畫

計畫編號：NSC89-2415-H-002-032

執行期間：88年8月1日至89年7月31日

計畫主持人：蔡厚男

執行單位：國立台灣大學園藝學系

中華民國八十九年十月三十一日

行政院國家科學委員會補助專題研究計劃成果報告

都市綠地系統之生態分析及評估方法

Ecological Analysis and Evaluation of the Urban Bioregion

計畫編號： NSC89-2415-H-002-032

執行期間： 88 年 8 月 1 日 至 89 年 7 月 31 日

計畫主持人： 蔡厚男 台灣大學園藝學系助理教授

計畫參與人員： 呂慧穎 台灣大學園藝學系研究生助理

一、摘要

本研究以台北市文山區為例，利用碎形維度參數，分析相片基本圖之網格式資料，藉以了解都市發展對於景觀樣式的影響。首先，以碎形維度分析不同解析度之空間資料，觀察測量值呈現的異同，以了解碎形維度在本研究案例中對於景觀空間樣式的代表性。再者，分別以歷時面向及共時面向觀測在都市化的影響下，景觀空間樣式的碎形維度值的變化。結果如下：

1. 當解析度由 $100 \times 100 \text{m}^2$ 降為 $50 \times 50 \text{m}^2$ 時，全區及各分區之碎形維度升高。
2. 以歷時面向觀測，年代越晚近，全區及各分區之碎形維度值越高。
3. 以共時面向觀測，各分區之聚落影響區面積與碎形維度成正相關；都市化程度提高的同時，碎形維度增高。

針對上述結果作進一步的討論剖析，並對照史料及相關統計資料，探討文山區都市發展及景觀樣式碎形性質的關聯。最後，延伸討論以現有之綠地嵌塊體之碎形特質於未來都市生態發展定位上所能扮演的角色。

關鍵字：碎形分析、碎形維度、景觀碎裂、都市化

Abstract:

To understand the effects of urbanization

on landscape pattern, this essay tries to employ fractal dimension as the measure to analyze the grid data of aerial photograph as base map of Wen-shan District, Taipei. At first, using fractal dimension to analyze the spatial data in different resolution, we can understand the representation of fractal dimension in this case study. Secondly, it observes the change of fractal dimension on both synchronic and diachronic analysis. The findings are as follows:

1. Fractal dimension rises in whole Wen-shan District and all of the sub-district, when the resolution is changed from $100 \times 100 \text{m}^2$ to $50 \times 50 \text{m}^2$.
2. On synchronic analysis, the later the age is, the higher fractal dimension is in the whole Wen-shan District and all of the sub-districts.
3. On diachronic analysis, the urbanized area and its fractal dimension are positive correlation; as the degree of urbanization is higher, the fractal dimension is higher simultaneously.

The study also discusses the result of quantitative analysis with the history of Wen-shan District and correlated statistic data to verify the relation between urban

development and fractal characteristics of landscape pattern. Finally, it suggests what kind of role the patches can play according to their fractal characteristics.

Key word: fractal analysis, fractal dimension, landscape fragmentation, urbanization

二、計畫緣由及目的

隨著都市化的發展，人類對於景觀的改變或干擾日益增加。隨著對生態功能及空間結構之間交互作用的了解，對於景觀改變所造成的棲地斷裂的問題也越加重視。都市聚落空間型態的演變，正是人類加諸於生態系統作用的演變，而都市生態空間一旦改變，必將回饋到都市生態功能之上。都市中棲地斷裂造成的影響不只是棲地的消失，更包含了棲地間傳播效益的銳減。人類所改變的並非空間而已，而是型塑空間及改變其生物內涵背後龐大、複雜的生態機能。

在 1990 年代之後，隨著遙測技術及地理資訊系統的快速發展，航遙測資料—包括土地、地理、植被、氣候—大量應用於景觀生態的分析中，其中包括利用於疊圖分析方法，作為空間決策的支援，應用於各式規劃或資源保育中。另外景觀生態學領域中，亦因為希冀能夠掌握更多景觀樣式空間與生物體的遷移及能量、物質流動的關係，許多吾人熟稔的生態交互作用及變動現象其實均有其獨特的空間組構元素，故景觀樣式之空間關係的量化研究可說是當前景觀生態研究的重要趨勢及議題之一。

在描述分析景觀樣式時，必須藉助一些定性、定量的參數，以作為比較分析的基礎。本研究採用之參數—碎形維度，最重要的概念是自我相似性及尺度不變

性，其可說是描述、分析景觀複雜度，及跨尺度之景觀動態研究的一種新視野。

由於景觀樣式呈現具有地域之獨特性，因此無論以碎形維度作分析、模擬或監測參數，首要是先瞭解地域景觀碎形結構，本研究即以都市綠地系統為實證對象，依時間及空間面向進行碎形維度分析，以了解碎形維度在都市綠地系統結構分析上的適用性，及都市綠地系統在都市發展進程中的樣式變遷。此等研究成果將來可配合基礎生態調查，進行景觀樣式及生態結構變動的時空分析，作為景觀生態長期監測或管理的指標。

三、結果與討論

本研究所使用之參數為針對計算網格資料之碎形維度的「修正碎形維度」， $D=2 \cdot \ln(P/4)/\ln(A)$ ， A 為嵌塊體總面積， P 為嵌塊總邊長，其中 $1 \leq D \leq 2$ ， 1 為最簡單之形狀，如單一網格。將文山區相片基本圖數化為網格資料，網格資料之屬性區分為聚落影響區及綠地兩種，凡相片基本圖中得辨識為植被覆蓋及自然水體者，其所佔面積以單一網格計，超過網格面積之 50% 者，該網格判定為綠地，其餘則為聚落影響區。而在分區部分，則考慮既有之里界、里面積及里所在位置加以分類，共計六區（圖 1），1-4 區為文山區東部山坡地，5、6 區為景美溪西岸河谷平原，1、5、6 分布於景美溪西岸，2、3、4 分布於景美溪東岸。本研究採用之分析網格單位面積為 $100 \times 100 \text{m}^2$ 及 $50 \times 50 \text{m}^2$ 。相片基分別是 67 年、75 年、83 年三個版次。

為了解碎形維度在本研究案例中對於景觀空間樣式的代表性，首先比較在不同解析度的網格資料中，碎形維度的表現為何。表 1 中可見到，當解析度由 $100 \times 100 \text{m}^2$ 提高為 $50 \times 50 \text{m}^2$ 時，碎形維度幾乎一致為

升高的現象，而表 2 中則顯示，當解析度改變時，聚落影響區的比例除了 80s 在兩種解析度下之分區排列順序為一致的，其它兩個年代，當解析度改變時，分區排列順序皆有不超過一個順位的變動。擁有較多小型離散聚落的分區，在解析度升高時，會使得區內聚落影響區比例升高，甚至改變排序。上述結果意謂著尺度的大小會影響到碎形維度的變化，此稱「尺度效果」，主要因都市空間兼具碎形與歐基里得之幾何特性，而出現有限遞迴性及不均勻性，故又稱之為準碎形結構。

在歷時面向上，表 1 中可見到，全區及各分區的碎形維度，在兩種解析度中，除了第六區之外，皆為 $80s > 70s > 60s$ ，而在聚落影響區的比例上，也幾乎一致是 $80s > 70s > 60s$ 。（見表 4、5）在歷時面上全區及分區的碎形維度及聚落影響區面積成正相關，顯示聚落愈形擴張，與綠地系統交界樣式的碎形維度也愈高。Batty 及 Longley 在 1994 年即提出倫敦市的碎形維度隨時間而增加，Benguigui 在 2000 年發表的臺拉維夫都市碎形研究中也有相同的結果。

在共時面向中，比較同一時期，不同區之間聚落影響區的比例不同，於綠地碎形維度上的反應為何。在表 3 中，三個年代兩種解析度下，1-6 區的聚落影響區比例和碎形維度為正相關，但以 80s 為最低；在分別排除 60s 碎形無維度就以領先的第 5、6 區後，重新計算相關係數 r ，發現 1-4 區之相關係數 $> 1-5$ 區 $> 1-6$ 區。根據上述判斷，文山區的發展具有區位上的異質性，異質性之原因可能也二，首先為發展時間上的異質性，第 5、6 區的綠地在 60s 及存在著比其他區高的碎形維度，比對歷史資料發現，第 6 區所在為原景美地區，第 1-5 區為原木柵地區，都市發展的

時間為文山區中最早者，而人口自民國 57 合併入台北市之後至民國 83 年（相片基本圖第三版拍攝年次），人口及戶數亦大於木柵區，故其都市發展為文山區之首。而第五區為木柵區主要之平原地帶，對照土地使用之情形，木柵區在 75 年（相片基本圖第二版拍攝年次），綠地釋出皆以水、旱田為主，是以發展可說集中於第 5 區。

再者為綠地樣式的異質性，比對表 4、5，第 1、2、3、4、5 區聚落影響區及碎形維度皆為高度正相關性，惟第 6 區相關係數明顯低下，在 $50 \times 50m^2$ 更成負相關。可能原因在於：1. 第 6 區中兩者之相關性可能出現在其它解析度；2. 第 6 區擴張時，是以類近之碎形維度進行的；3. 第 6 區都市發展接近飽和，綠地樣式由聚落發展的邊界所決定，邊界劃設越接近簡單幾何，碎形維度越小。

第 5 區則見其本身聚落影響區與碎形維度為高度正相關（表 4、5），但 1-5 區的相關性則逐年下降，推測第 1-4 區和第 5 區間，聚落影響區比例層級不同，而聚落影響區面積改變時，綠地碎形維度的變化程度不同。

另外，於表 6、7 中顯示第 1-4 區碎形維度的增加，主要由一大型的嵌塊體所貢獻，而第 5、6 區中，區中較大型之嵌塊體佔綠地之總面積明顯下降，嵌塊體明顯破碎。第 1-4 區中大型嵌塊體的保存為維持都市棲地基本結構當務之急，設置緩衝區以維持其邊界的穩定，並利用其依地形地勢所保留之形狀複雜的嵌塊體性質，發展綠廊道與之銜接，增加生物於棲地間往來之可能性。而第 5、6 區都市發展程度高，目前保存之嵌塊體型顯較第 1-4 區小而破碎，應以加強區中綠資源跳島及綠廊道的發展，以改善綠地之現狀，使都市中心區域與 1-4 大型嵌塊體的連結得以建立。

四、計畫成果自評

在景觀尺度上，吾人欲一再觀察測量時空向度上人類集居生態現象的變化，始終並不是一件容易克服的問題。本研究計劃試圖引介碎形維度的概念與碎形分析的方法，剖析測度都市發展對景觀碎裂現象之影響的情形，這對累積本土化之景觀生態的計量研究方法、成果與實務應用於規劃管理都市景觀生態網絡及監測都市景觀生態功能結構之效應，均具有正面積極的貢獻。

五、參考文獻

林峰田，1991，空間混合度之準碎形指標，國立台灣大學建築與城鄉研究學報 6：9 - 17。

Batty, M. & Longley, P., 1994, Fractal Cities. Academic Press Limited, New York.

Benguigui, L., Czamanski, D., Marinov, M. & Portugali, Y., 2000, When And Where Is a City Fractal. Environment and Planning B: Planning and Design 27: 507- 519.

Bruze, T., Alan, R. J. & Matyk, S., 1999, Clara T: Instructional Software for Fractal Pattern Generation and Analysis. In Landscape Ecological Analysis: Issues and Applications, pp. 305- 332.

Forman, R. T. T., 1995, Land Mosaic: The Ecology of Landscape and Regions. Cambridge University, New York.

Frohn, R. C., 1998, Remote Sensing for Landscape Ecology. Lewis Publishers, New York.

Tuner, M., G. & Gardner, R. H., 1991, Quantitative Methods in Landscape Ecology: An Introduction. In Quantitative Methods in Landscape Ecology: The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. pp. 3-14. Tuner, M. G. & Gardner, R. H. (eds.). Springer-Verlag.

Urban, D. L., O'Neill, R. V. & Shugart, H. H., 1987,

Landscape Ecology: A Hierarchical Perspective can Help Scientists Understand Spatial Patterns. BioScience 37(2): 119- 127.

六、圖表附錄

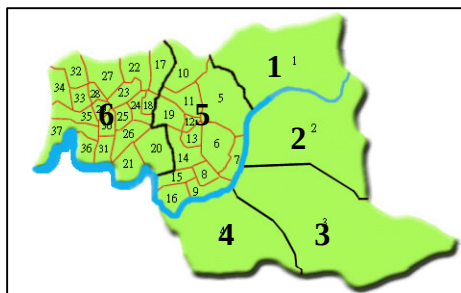


圖 1 分區示意圖

表 1 解析度比較表			第 1 區	第 2 區	第 3 區	第 4 區	第 5 區	第 6 區	全區
60s	100x100	Fractal D	1.18276	1.20531	1.1788	1.10387	1.31163	1.32396	1.30772
	50x50	Fractal D	1.22876	1.22849	1.14819	1.11706	1.35718	1.38457	1.3523
70s	100x100	Fractal D	1.27625	1.28692	1.18423	1.12939	1.36413	1.32131	1.31941
	50x50	Fractal D	1.31844	1.24678	1.19601	1.15785	1.36823	1.3548	1.34349
80s	100x100	Fractal D	1.37887	1.37334	1.20651	1.32441	1.36816	1.34258	1.40013
	50x50	Fractal D	1.40681	1.37723	1.29317	1.37728	1.41515	1.36622	1.44706

表 2 聚落影響區比例		第1區	第2區	第3區	第4區	第5區	第6區	全區
100x100 平方公尺	60s 聚落影響區%	2.44	4.47	3.24	0	29.03	39.77	14.34
	70s 聚落影響區%	9.05	9.73	3.17	0.53	40.91	51.21	20.38
	80s 聚落影響區%	21.52	16.67	4.92	11.61	57.65	54.08	28.33
50x50 平方公尺	60s 聚落影響區%	4.37	4.54	3.05	0.47	28.12	37.07	14.13
	70s 聚落影響區%	11.3	10.8	3.07	1.2	39.5	46.59	19.68
	80s 聚落影響區%	23.52	20.54	7.46	15.94	59.67	59.02	31.54

表 3 相關係數表			第 1 區	第 2 區	第 3 區	第 4 區	第 5 區	第 6 區	1-6 區 r	1-5 區 r	1-4 區 r
60s	100 ²	Fractal D.	1.18276	1.20531	1.1788	1.10387	1.31163	1.32396	0.86712	0.91918	0.96518
		聚落影響區%	2.44	4.47	3.24	0	29.03	39.77			
	50 ²	Fractal D.	1.22876	1.22849	1.14819	1.11706	1.35718	1.38457	0.88038	0.91067	0.93174
		聚落影響區%	4.37	4.54	3.05	0.47	28.12	37.07			
70s	100 ²	Fractal D.	1.27625	1.28692	1.18423	1.12939	1.36413	1.32131	0.77175	0.85304	0.99828
		聚落影響區%	9.05	9.73	3.17	0.53	40.91	51.21			
	50 ²	Fractal D.	1.31844	1.24678	1.19601	1.15785	1.36823	1.3548	0.83511	0.87328	0.91795
		聚落影響區%	11.3	10.8	3.07	1.2	39.5	46.59			
80s	100 ²	Fractal D.	1.37887	1.37334	1.20651	1.32441	1.36816	1.34258	0.45587	0.54798	0.94172
		聚落影響區%	21.52	16.67	4.92	11.61	57.65	54.08			
	50 ²	Fractal D.	1.40681	1.37723	1.29317	1.37728	1.41515	1.36622	0.42781	0.70960	0.95940
		聚落影響區%	23.52	20.54	7.46	15.94	59.67	59.02			

表 4 相關係數表 各分區 (100x100m ² 網格)		第一區	第二區	第三區	第四區	第五區	第六區	全區
60s	Fractal D.	1.18276	1.20531	1.1788	1.10387	1.31163	1.32396	1.30772

70s	Fractal D.	1.27625	1.28692	1.18423	1.12939	1.36413	1.32131	1.31941
80s	Fractal D.	1.37887	1.37734	1.20651	1.32441	1.36816	1.34258	1.40013
60s	聚落影響區%	2.44	4.47	3.24	0	29.03	39.77	14.34
70s	聚落影響區%	9.05	9.73	3.17	0.53	40.91	51.21	20.38
80s	聚落影響區%	21.52	16.67	4.92	11.61	57.65	54.08	28.33
相關係數r		0.98898	0.99877	0.97561	0.99785	0.84864	0.56443	0.94652

表 5 相關係數表 各分區 (50x50m ² 網格)		第一區	第二區	第三區	第四區	第五區	第六區	全區
60s	Fractal D.	1.22876	1.22849	1.14819	1.11706	1.35718	1.38457	1.3523
70s	Fractal D.	1.31844	1.24678	1.19601	1.15785	1.36823	1.3548	1.34349
80s	Fractal D.	1.40681	1.37723	1.29317	1.37728	1.41515	1.36622	1.44706
60s	聚落影響區%	4.37	4.54	3.05	0.47	28.12	37.07	14.13
70s	聚落影響區%	11.3	10.8	3.07	1.2	39.5	46.59	19.68
80s	聚落影響區%	23.52	20.54	7.46	15.94	59.67	59.02	31.54
相關係數r		0.98684	0.95947	0.94744	0.99455	0.98319	-0.5487	0.92334

表 6 100x100 嵌塊體特性		第1區	第2區	第3區	第4區	第5區	第6區
60s patch area	Max	397	485	686	379	295	116
	佔總綠地面積%	99.49	98.77	99.85	100	77.83	31.78
	Fractal D.	1.18349	1.20686	1.17906	1.10387	1.27927	1.37079
70s patch area	Max	368	463	701	377	191	98
	佔總綠地面積%	98.92	99.78	99.71	100	60.63	32.23
	Fractal D.	1.27715	1.28753	1.18476	1.12939	1.39504	1.41273
80s patch area	Max	308	426	677	335	98	81
	佔總綠地面積%	95.95	99.06	100	100	43.17	28.22
	Fractal D.	1.39229	1.37383	1.20651	1.32441	1.37711	1.36342

表 7 50x50 嵌塊體特性		第1區	第2區	第3區	第4區	第5區	第6區
60s patch area	Max	1554	1995	2727	1481	1206	533
	佔總綠地面積%	100	99.89	99.85	100	78.62	33.76
	Fractal D.	1.22876	1.22872	1.14793	1.11706	1.32372	1.38781
70s patch area	Max	1441	1739	2745	1482	730	411
	佔總綠地面積%	99.72	94.1	99.85	100	56.94	32.16
	Fractal D.	1.31878	1.24367	1.19583	1.15785	1.35992	1.39723
80s patch area	Max	1214	1595	2589	1253	467	297
	佔總綠地面積%	96.88	96.78	99.38	99.84	54.75	29.26
	Fractal D.	1.41364	1.33859	1.29314	1.3757	1.47838	1.43229