

## โครงสร้างเมืองเชิงพื้นที่: ตอนที่ 1 แนวคิดโดยรวมและวิธีวิเคราะห์ในระดับสากล

### Reviews of Urban Spatial Structure: I Comprehensive Concepts and Internationally Used Methods

ณรงค์ศักดิ์ กิตติสาร

เศรษฐกรปฏิบัติการ สำนักแผนงาน กรมทางหลวง

#### บทคัดย่อ

บทความนำเสนอความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างเมือง (Urban Structure) โดยเฉพาะแนวคิดเมืองหลายศูนย์กลาง โดยเริ่มจากความหมายของโครงสร้างเมือง ซึ่งหมายถึง การจัดระบบขององค์ประกอบด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ที่รวมกันขึ้นเป็นเมืองอันเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์เชิงพื้นที่ อย่างไรก็ดี บทความนี้ให้ความสนใจโดยตรงต่อความหมายของกลุ่มเศรษฐศาสตร์เมือง รายละเอียดต่างๆ ของทั้งชุดบทความจึงอิงกับแนวคิดและกระบวนการวิเคราะห์กระแสหลักที่นำไปใช้ในทางเศรษฐศาสตร์เป็นสำคัญ ในหัวข้อที่สอง ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทโครงสร้างเมือง ซึ่งแม้มีเกณฑ์หลายประการที่สามารถใช้ในการแบ่งประเภท แต่ในท้ายที่สุดแล้ว ผลการจำแนกแล้วให้ข้อสรุปที่ลู่เข้าหากัน กล่าวคือ โครงสร้างเมืองสามารถแบ่งได้ด้วยจำนวนศูนย์กลางเป็นเมืองศูนย์กลางเดี่ยว (Monocentric City) และเมืองพหุศูนย์กลาง (Polycentric City) หัวข้อสุดท้ายได้รวบรวมวิธีการต่างๆ ที่ใช้ในการวัดโครงสร้างเมือง อันประกอบด้วย การศึกษาในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งพิจารณาจากพัฒนาการของการใช้ที่ดิน และการศึกษาในเชิงปริมาณ (Quantitative) ซึ่งมีตั้งแต่การวัดด้วย ค่าดัชนีต่างๆ การวิเคราะห์ด้วยสถิติ (การกระจายของรูปแบบจุดและแบบจำลองเมืองศูนย์กลางเดี่ยว-พหุศูนย์กลาง) การวิเคราะห์สาทิสรูป (Fractal Analysis) และการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistics) รายละเอียดต่างๆ ในบทความจะถูกใช้เปรียบเทียบกับภาคปฏิบัติของงานวิจัยไทยในการศึกษาโครงสร้างเมืองในบทความตอนที่ 2 ต่อไป

คำสำคัญ: โครงสร้างเมือง ความหมาย ประเภท วิธีการวัด เศรษฐศาสตร์เมือง

#### Abstract

The article presents a fundamental knowledge about urban structure, particularly concept of polycentric city. Definition of urban structure, which is systemization of physical, economic and social components resulting of spatial interactions, is discussed in the first section; however, the article directly concerns upon economic aspect. Then, the approach behind in the other parts of the paper mainly ties with urban economics. Second topic is about type of urban structure which is finally divided by number of center, i.e. monocentric and polycentric city. Final section collects various methods measured urban structure both quantitative, i.e. development of land use, and qualitative approaches, e.g. indices, spatial point pattern analysis, monocentric-polycentric model, fractal analysis, spatial statistics. The detailed concept of urban structure in this paper will be compared and discussed with Thai's urban structure research in the following paper.

Keyword: Urban Structure Definition Type Measurement Urban Economics

## 1. บทนำ

การตั้งถิ่นฐานของคนไทยมีพัฒนาการมาอย่างยาวนาน โดยในส่วนของกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นทั้งเมืองหลวงและเมืองเอกนคร (Primate City) ของประเทศไทยนั้น มีพัฒนาการมาไม่น้อยกว่า 230 ปี นับตั้งแต่พระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราชทรงสถาปนากรุงเทพมหานครเป็นราชธานีใหม่แทนราชธานีฝ่งธนบุรี ในปี พ.ศ.2325 อย่างไรก็ตาม การศึกษาการขยายตัวและโครงสร้างของกรุงเทพมหานครกลับมีอยู่อย่างจำกัด (ชูชาติ เตชะไพฑูริคุณ และ นฤมล ไพบูลย์วรากิจ, 2548: 4) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ด้วยวิธีการในเชิงปริมาณ (Quantitative Method)

การศึกษาโครงสร้างเมืองในอดีตเริ่มจากวิธีการในเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) โดยมีการใช้องค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์และสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ แต่รูปแบบเทคนิคในการวิเคราะห์จะไม่สลับซับซ้อน จนกระทั่งช่วงทศวรรษที่ 1950 ซึ่งความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว วิธีการในเชิงปริมาณจึงได้เข้ามามีบทบาทเสริมอย่างสำคัญซึ่งช่วยให้ผลการศึกษาที่มีลักษณะเป็นวัตถุวิสัย (Objective) มากยิ่งขึ้น (Giuliano and Small, 1991; McMillen and McDonald, 1997) อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติของงานวิจัยไทย การเคลื่อนจากการใช้วิธีการในเชิงคุณภาพไปสู่วิธีการในเชิงปริมาณสำหรับการศึกษาโครงสร้างเมืองยังเป็นไปอย่างเชื่องช้า ซึ่งรายละเอียดในประเด็นดังกล่าวจะนำเสนอโดยเปรียบเทียบไว้ในบทความตอนที่ 2 ต่อไป

ชุดบทความนี้ทำขึ้นเพื่อนำเสนอความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างเมือง โดยเฉพาะแนวคิดเมืองหลายศูนย์กลาง (Polycentric Concept) ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ โดยแบ่งเนื้อหาเป็น 2 บทความ คือ (1) แนวคิดโดยรวมและวิธีวิเคราะห์ในระดับสากลและ (2) ความหลากหลายของศูนย์กลางของกรุงเทพมหานครที่ได้มีการนำเสนอไว้ในเชิงเอกสาร โดยในบทความนี้ได้จัดเรียงการนำเสนอจาก (1) บทนำ (2) โครงสร้างเมืองคืออะไร? (3) โครงสร้างเมืองแบ่งเป็นกี่ประเภท? และ (4) จะวัดโครงสร้างเมืองอย่างไร? ส่วนบทความต่อไปจะประมวลผลการศึกษาเชิงประจักษ์เพื่อตอบประเด็นที่ว่า กรุงเทพมหานครมีโครงสร้างเมืองแบบไหน? และอย่างไร? พร้อมบทอภิปรายและข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาโครงสร้างเมืองสำหรับประเทศไทย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

## 2. โครงสร้างเมืองคืออะไร?

สารานุกรมเมือง ให้ความหมายของ โครงสร้างเมือง (Urban Structure) ว่าหมายถึง การจัดเรียงในลักษณะสองมิติ (The Two-Dimensional Organization) ของแบบแผนบนพื้นดิน (The Ground Plan) ของพื้นที่เมือง เช่น รูปแบบถนน โครงสร้างของแปลงที่ดิน (Structure of Land Parcels) เป็นต้น (Marshall, 2005: 474) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาโดยจำแนกตามศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งบทความนี้แบ่งศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ ศาสตร์กลุ่มภูมิศาสตร์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และศาสตร์กลุ่มเศรษฐศาสตร์เมือง พบว่า มีรายละเอียดบางประการแตกต่างกัน ดังนี้

**2.1 โครงสร้างเมืองตามทัศนะศาสตร์กลุ่มภูมิศาสตร์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน** จากการปริทัศน์วรรณกรรมในกลุ่มภูมิศาสตร์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ไม่มีผู้ใดให้ความหมายของโครงสร้างเมืองที่ชัดเจน (วันวิสาข์ มหิทธิหาญ, 2551: 25) หลายงานวิจัยจึงเริ่มการพิจารณาจากความหมายและองค์ประกอบของคำว่า “เมือง” (เช่น ปฐมาชูประเสริฐ (2550) กุลภา ชัยรัตน์ (2551) วันวิสาข์ มหิทธิหาญ (2551) ชูเกียรติ นุราช (2553) เป็นต้น) โดยชูเกียรติ นุราช (2553: 16) ได้ประมวลและสรุปความหมายของโครงสร้างเมืองว่าหมายถึง ส่วนประกอบที่รวมกันขึ้นเป็นเมือง ซึ่งเมืองนั้นจะประกอบไปด้วยหลายๆ ส่วนประกอบเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดิน กิจกรรมของผู้คน การจราจร การเมือง ขนบธรรมเนียม เป็นต้น โดยส่วนประกอบเหล่านี้สามารถแบ่งเป็น 3 ด้านหลักๆ คือ ด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม

1 คำว่า “โครงสร้างเมืองเชิงพื้นที่” มีนัยเน้นถึงข้อสรุปว่าด้วยโครงสร้างเมืองที่เกิดจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data analysis) ซึ่งตระหนักถึงคุณลักษณะของที่ตั้ง (Locations) ที่ติดมากับข้อมูลนั้นๆ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน Haining (2009)) ในขณะที่คำว่า “โครงสร้างเมือง” ใช้ในกรณีทั่วไปโดยไม่เน้นคุณลักษณะของที่ตั้ง

**2.2 โครงสร้างเมืองตามทัศนศาสตร์กลุ่มเศรษฐกิจศาสตร์เมือง** ศาสตร์กลุ่มเศรษฐกิจศาสตร์เมืองจะให้ความสนใจต่อการจัดระบบเชิงพื้นที่ (Spatial Organization) ของเมืองภายใต้พลังทางเศรษฐกิจ (Richardson, 1969: 119) หรือก็คือให้ความสนใจไปที่ระดับการกระจุกตัวเชิงพื้นที่ของประชากรและการจ้างงาน ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ระดับ (Anas, Arnott and Small, 1998: 1430) คือ ระดับเมือง (The City-Wide Level) และระดับท้องถิ่น (A More Local Level) โดยในส่วนของระดับเมือง การพิจารณาจะให้ความสำคัญต่อการรวมศูนย์หรือการกระจายออกจากศูนย์กลาง (Centralized or Decentralized) ของกิจกรรมตามระยะทางจากย่านธุรกิจกลาง (Central Business District: CBD) ซึ่งระดับของการรวมศูนย์กลางส่วนใหญ่ถูกศึกษาโดยการประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นแบบศูนย์กลางเดี่ยว (Monocentric Density function)<sup>2</sup> ในขณะที่ในระดับท้องถิ่น กิจกรรมอาจเกาะกลุ่ม (Clustered) ในรูปแบบพหุศูนย์กลาง (Polycentric) หรือกระจาย (Dispersed) ในรูปแบบสม่ำเสมอ (Regular)

โดยสรุป โครงสร้างเมืองเป็นการจัดระบบขององค์ประกอบด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ที่รวมกันขึ้นเป็นเมือง อันเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์เชิงพื้นที่ อย่างไรก็ดี บทความนี้ให้ความสนใจโดยตรงต่อความหมายของกลุ่มเศรษฐกิจศาสตร์เมือง รายละเอียดต่างๆ ของทั้งชุดบทความจึงอิงกับแนวคิดและกระบวนการวิเคราะห์หลักที่นำไปใช้ในทางเศรษฐกิจศาสตร์เป็นสำคัญ

### 3. โครงสร้างเมืองแบ่งเป็นกี่ประเภท?

บทความดั้งเดิม (Classic) ของดุษฎี หายตะคุ (2527) ได้อธิบายถึงโครงสร้างเมือง (ทางกายภาพ) ไว้ 2 ประเภท คือ โครงสร้างเมืองแบบตาราง (Grid) และโครงสร้างเมืองลักษณะศูนย์กลางซึ่งมีรัศมีของวงกลมล้อมรอบจุดศูนย์กลาง อย่างไรก็ดี โครงสร้างเมืองสามารถจำแนกได้หลายประเภทตามเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก โดยในบทความนี้ได้ใช้ 3 เกณฑ์ คือ จำแนกตามทฤษฎี จำแนกตามการรวมศูนย์และการเกาะกลุ่มของการใช้ที่ดิน (Centralization and Clustering of Land Use) และจำแนกตามพัฒนาการ ซึ่งท้ายสุดของผลการจำแนก ล้วนให้ข้อสรุปที่ใกล้เคียงกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

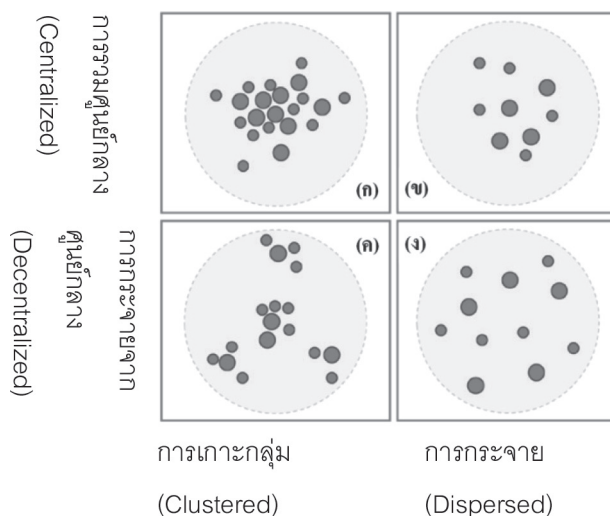
**3.1 โครงสร้างเมืองจำแนกตามทฤษฎี** หากพิจารณาภายใต้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมืองแล้ว สามารถจำแนกโครงสร้างเมืองได้มากมายหลายประเภทดังตารางที่ 1 ซึ่งการจำแนกดังกล่าวเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับ Richardson (1969) และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553)

**3.2 โครงสร้างเมืองจำแนกตามการรวมศูนย์และการเกาะกลุ่มของการใช้ที่ดิน** Tsai (2005) ได้จำแนกโครงสร้างของพื้นที่เมืองตามปรากฏการณ์การใช้ที่ดินเป็นโครงสร้างเมืองศูนย์กลางเดี่ยว (Monocentric) กับพหุศูนย์กลาง (Polycentric) แบบรวมศูนย์กลาง (Centralized) กับแบบกระจายจากศูนย์กลาง (Decentralized) และแบบต่อเนื่อง (Continuous) กับแบบไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous) ซึ่งการจำแนกโครงสร้างเมืองดังกล่าว สอดคล้องกับการจำแนกโครงสร้างเมืองตามบริบทการคมนาคม โดย Rodrigue (2013) ได้จำแนกโครงสร้างเมืองด้วยระดับการรวมศูนย์กลาง (Centralization) และระดับการเกาะกลุ่ม (Clustering) ดังรูปที่ 1 โดยการรวมศูนย์กลาง หมายถึง การเกาะกลุ่มของกิจกรรมเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เมืองทั้งหมด ดังนั้น เมืองที่มีลักษณะรวมศูนย์กลางจึงมีส่วนแบ่งของกิจกรรมมากอย่างมีนัยสำคัญอยู่ภายในศูนย์กลางเมื่อเทียบกับเมืองที่มีลักษณะกระจายออกจากศูนย์กลาง ส่วนระดับการเกาะกลุ่ม หมายถึง การเกาะกลุ่มของกิจกรรมเมื่อเทียบกับส่วนใดส่วนหนึ่งของพื้นที่เมือง ดังนั้น กลุ่มของกิจกรรมย่อมหนาแน่นในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง โดยเฉพาะโครงสร้างพื้นฐานด้านคมนาคม

<sup>2</sup> แบบจำลองเลขชี้กำลังเชิงลบ (Negative exponential model) หรือฟังก์ชันความหนาแน่นเมืองศูนย์กลางเดี่ยว คือ  $D(x) = D_0 e^{-bx+V}$  เมื่อ  $D$  คือ ความหนาแน่นของการจ้างงานซึ่งวัดจากจำนวนคนทำงานต่อหน่วยพื้นที่ (เช่น ตารางกิโลเมตร เป็นต้น),  $D_0$  คือ ความหนาแน่นในย่านธุรกิจกลาง,  $X$  คือ ระยะทางไปยังย่านธุรกิจกลาง,  $V$  คือ ค่าตลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม โดย  $V \sim N(0, \sigma^2)$  โดยฟังก์ชันข้างต้นสอดคล้องกับรูปที่ 2

ตารางที่ 1 โครงสร้างเมืองจำแนกตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมือง

| ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมือง                                   | ผู้พัฒนา                 | จำนวนศูนย์กลาง |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|
| ทฤษฎีการแบ่งเขตการใช้ที่ดินในเมืองเป็นรูปวงกลม(The concentric zone theory)            | Burgess (1925)           | ศูนย์กลางเดียว |
| ทฤษฎีที่ตั้ง (Theory of location)                                                     | Von Thunen (1926)        |                |
| แบบจำลองการคมนาคมและการใช้ที่ดินของ Wingo (Wingo's transportation and land use model) | Wingo (1961)             |                |
| แบบจำลองที่ตั้งและการใช้ที่ดินของ Alonso (Alonso's location and land use model)       | Alonso (1964)            |                |
| ทฤษฎีเสี้ยววงกลม (Sector theory)                                                      | Hoyt (1939)              |                |
| ทฤษฎีแหล่งชุมชน (Central place theory)                                                | Christaller (1933)       | พหุศูนย์กลาง   |
| ทฤษฎีหลายจุดศูนย์กลาง (Multiple-nuclei theory)                                        | Harris and Ullman (1945) |                |
| แนวความคิดเกี่ยวกับแหล่งชุมชนของ Losch                                                | Losch (1954)             |                |
| แบบจำลองเมืองรอบนอก (Peripheral Model)                                                | Chauncy Harris (1997)    |                |



รูปที่ 1 โครงสร้างเมืองจำแนกตามการรวมศูนย์และการเกาะกลุ่ม

หมายเหตุ: การกระจาย (Dispersion) หมายถึง การขยายตัวอย่างไร้ทิศทาง (Urban Sprawl)

ที่มา: Rodrigue (2013)

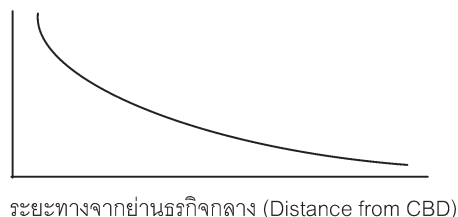
จากโครงสร้างเมืองทั้ง 4 แบบตามรูปที่ 1 Rodrigue (2013) ให้ความเห็นว่า โครงสร้างเมืองที่มีแนวโน้มสำคัญอย่างมาก คือ โครงสร้างแบบกระจายจากศูนย์กลาง แต่กระนั้นโครงสร้างแบบกระจายจากศูนย์กลางแบบเกาะกลุ่ม (รูปที่ 1 (ค)) เป็นโครงสร้างที่มีความเป็นไปได้สูงกว่าโครงสร้างแบบกระจายจากศูนย์กลางแบบกระจาย (รูปที่ 1 (ง))

ส่วนในทางเศรษฐศาสตร์เมืองนั้น สามารถแบ่งโครงสร้างเมืองได้เป็น 2 ระดับ คือ ระดับเมืองซึ่งให้ความสำคัญต่อการรวมศูนย์หรือการกระจายจากศูนย์กลาง และระดับท้องถิ่นซึ่งพิจารณาการเกาะกลุ่มกับกระจาย ดังได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้า ซึ่งการจำแนกดังกล่าวสอดคล้องกับการจำแนกในบริบทคมนาคม

**3.3 โครงสร้างเมืองจำแนกตามพัฒนาการ** หากพิจารณาเมืองในลักษณะพลวัต พบว่า รูปแบบการพัฒนาเชิงพื้นที่ของเมืองหนึ่งๆ มีความแตกต่างกันไปตามขั้นความเป็นเมือง (Urbanization Stage) (หรือพัฒนาการของเมือง) ดังนั้นโครงสร้างเมืองจึงเปลี่ยนแปลงไปตามขั้นความเป็นเมือง โดย Clark (1951: 490) ได้สรุป 2 सामัญการ (Generalization) เกี่ยวกับการกระจายตัวของประชากรเมืองไว้ว่า (1) ในทุกเมืองใหญ่ ยกเว้นเขตศูนย์กลางธุรกิจซึ่งมีผู้อยู่อาศัยจำนวนน้อย

จะมีเขตที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นในตอนใน โดยความหนาแน่นจะลดลงอย่างค่อยๆ ไปทีละน้อยเมื่อเคลื่อนออกสู่ชานเมืองที่อยู่รอบนอก (Outer Suburbs) และ (2) ในเมืองส่วนใหญ่ (แต่ไม่ใช่ทุกเมือง) เมื่อเวลาผ่านไป ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงสำหรับชานเมืองข้างในซึ่งมีพลเมืองหนาแน่น (The Most Populous Inner Suburbs) และเพิ่มขึ้นในชานเมืองที่อยู่รอบนอก (Outer Suburbs) และเมืองทั้งหมดมีแนวโน้มแผ่ออกไปด้วยตนเอง (Spread Itself Out) โดยสามัญการดังกล่าวสามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์เชิงสถิต (Static) ระหว่างระยะทางจากย่านธุรกิจกลางกับความหนาแน่นของประชากร (หรือการจ้างงาน) ได้ดังรูปที่ 2

ราคาต่อหน่วยของที่อยู่อาศัย  
ราคาที่ดิน  
อัตราส่วนทุนต่อที่ดิน  
ความหนาแน่นของประชากร



รูปที่ 2 ฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างราคาต่อหน่วยของที่อยู่อาศัย ราคาที่ดิน อัตราส่วนทุนต่อที่ดินหรือความหนาแน่นของประชากร กับระยะทางจากย่านธุรกิจกลาง

ที่มา: McMillen (2006, 130)

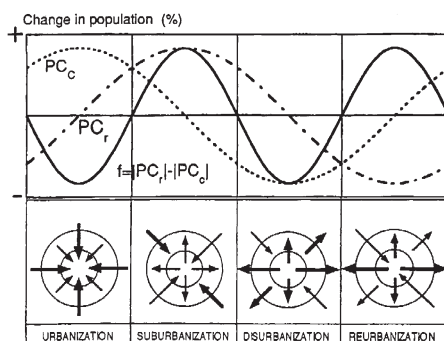
แนวคิดของคลาสเซน (Klaassen's Concept) เป็นตัวอย่างหนึ่งของแนวคิดที่ศึกษาพัฒนาการของการกระจุกตัวของประชากรเชิงพื้นที่ในเมือง โดย Klaassen (1981 cited in Hayashi et al, 1994: 73-74) ได้นิยามขึ้นความเป็นเมืองจากรูปแบบการขยายตัวของจำนวนประชากรในเมืองแกนกลาง (Core City) และเมืองที่อยู่รอบหรือวงแหวน (Surrounding Cities or The Ring) เป็น 4 ขั้น คือ (1) ขั้นความเป็นเมือง (Urbanization Stage) ในขั้นนี้ การขยายตัวของประชากรโดยส่วนใหญ่กระจุกอยู่ในเมืองแกนกลาง (2) ขั้นความเป็นชานเมือง (Suburbanization Stage) ในขั้นนี้ มีการขยายตัวของประชากรในวงแหวนสูงกว่าในเมืองแกนกลาง และในบางครั้ง การขยายตัวของประชากรในวงแหวนมีความสัมพันธ์กับการลดลงของประชากรในเมืองแกนกลาง (3) ขั้นเสียความเป็นเมือง (Disurbanization Stage) ซึ่งเป็นขั้นที่จำนวนประชากรทั้งหมด (ทั้งเมืองแกนกลางและวงแหวน) ลดลง เนื่องจากประชากรในเมืองแกนกลางลดลงมากกว่าประชากรที่เพิ่มขึ้นในวงแหวน โดยขั้นนี้ รวมถึงกรณีที่การขยายตัวของประชากรในเมืองแกนกลางเป็นลบมากกว่าวงแหวน และ (4) ขั้นย้อนความเป็นเมือง (Reurbanization) เป็นขั้นที่เมืองแกนกลางและวงแหวนยังคงมีจำนวนประชากรลดลง แต่ประชากรของวงแหวนลดลงมากกว่าประชากรของเมืองแกนกลาง หรือเมืองแกนกลางยังมีการขยายตัว ในขณะที่วงแหวนลดลงอย่างสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ดี การพิจารณาขั้นความเป็นเมืองจากการขยายตัวของประชากรอาจไม่เหมาะสม ถ้าวัดพื้นที่หรือจำนวนประชากรในเมืองแกนกลางและวงแหวนมีความแตกต่างกันอย่างมาก เพื่อลดอิทธิพลของขนาดพื้นที่ Hayashi et al (1991 Cited in Hayashi et al, 1994: 73) ได้เสนอให้พิจารณาผลต่างระหว่างการเปลี่ยนแปลงร้อยละของประชากรในวงแหวนกับการเปลี่ยนแปลงร้อยละประชากรในเมืองแกนกลาง (ดังรูปที่ 3) แต่กระนั้นผลต่างดังกล่าวก็ไม่สามารถระบุถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมที่เมืองเสื่อมถอยลงได้

การพิจารณาพลวัตของเมืองทั้งสองแนวคิดข้างต้น มีลักษณะใกล้เคียงกับมุมมองของนักวิชาการกลุ่มคนาคม กล่าวคือ ในทางคนาคมแล้ว แม้แต่ละเมืองจะมีประวัติศาสตร์ของตนเอง แต่ทุกเมืองล้วนมีกระบวนการร่วมที่อยู่เบื้องหลังวิวัฒนาการของโครงสร้างเชิงพื้นที่เมือง โดยวิวัฒนาการดังกล่าวแบ่งได้เป็น 3 ระดับ ดังรูปที่ 4 คือ (1) ยุคก่อนอุตสาหกรรม (Pre-Industrial era) (รูปที่ 4 (ก)) สำหรับเมืองที่มีอยู่มาก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม ย่านธุรกิจกลางถูกจำกัดให้เป็นส่วนเล็กๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว จะอยู่ใกล้ทางน้ำ ตลาดและ/หรืออยู่ในพื้นที่สำคัญทางศาสนาหรือการเมือง ย่านธุรกิจกลางดังกล่าวเป็นที่ซึ่งธุรกรรมหลักเกิดขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเงิน การประกันภัย คลังสินค้า และการบริการด้านการขนส่ง (2) ยุคปฏิวัติ

อุตสาหกรรม (Industrial Revolution Era) (รูปที่ 4 ข)) ยุคนี้เป็นยุคที่มีการผลิตและรวมถึงการบริโภคจำนวนมาก ทำให้ส่วนหนึ่งของย่านธุรกิจกลางกลายเป็นย่านค้าปลีกและค้าส่ง ในขณะที่ การผลิตได้ย้ายที่ตั้งออกไปนอกศูนย์กลาง (Core) กิจกรรมที่ขยายตัวมากขึ้นนี้ส่งผลให้เกิดความต้องการพื้นที่สำนักงานจำนวนมากในบริเวณใกล้เคียงแหล่งการเงินดั้งเดิม และเมื่อการปฏิวัติอุตสาหกรรมพัฒนาถึงขั้นสูงสุด เส้นทางคมนาคมสายหลักเป็นเครื่องกระตุ้นการพัฒนาจากพื้นที่ส่วนกลางไปสู่พื้นที่รอบนอก และ (3) ยุคร่วมสมัย (Contemporary Era) (รูปที่ 4 ค)) เป็นยุคที่อุตสาหกรรมย้ายจากย่านธุรกิจกลางไปสู่พื้นที่ชานเมือง ทำให้มีพื้นที่ในย่านธุรกิจกลางเหลือสำหรับการขยายตัวของกิจกรรมด้านการบริหารและการเงิน ดังนั้น ย่านธุรกิจกลางจึงเป็นพื้นที่ที่มีการกระจุกตัวของกิจกรรมดังกล่าว โดยกิจกรรมเหล่านี้มีความสามารถจ่ายค่าเช่าที่สูงได้มากกว่า กิจกรรมการค้าปลีก ทำให้กิจกรรมการค้าปลีกถูกผลักออกจากย่านธุรกิจกลาง ศูนย์กลางย่อยด้านการค้าปลีกแห่งใหม่จึงเกิดขึ้นในพื้นที่ชานเมือง เนื่องจากความสามารถในการเข้าถึงของถนนและความต้องการบริการในพื้นที่ใหม่แห่งนี้ ในขณะเดียวกัน กิจกรรมด้านคลังสินค้าและการคมนาคมต้องย้ายที่ตั้งสู่พื้นที่รอบนอกแห่งใหม่ด้วยเช่นกัน (Rodrigue, Comtois and Slack, 2006: 174-176)

โดยสรุป โครงสร้างเมืองสามารถจำแนกได้หลายประเภทตามแต่เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก อย่างไรก็ดี ด้วยเหตุผลทางเศรษฐกิจ (เช่น การประหยัดจากการอยู่ร่วมกันในเมือง (Agglomeration Economies) เป็นต้น) และรวมถึงการเข้าถึงโครงสร้างด้านคมนาคม ทำให้เมืองต้องมีศูนย์กลาง และด้วยมุมมองที่สูงขึ้นแล้ว จึงสามารถใช้จำนวนศูนย์กลางแบ่งโครงสร้างเมืองได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เมืองศูนย์กลางเดี่ยวและเมืองพหุศูนย์กลาง โดยเมืองศูนย์กลางเดี่ยว หมายถึง โครงสร้างเมืองที่ถูกควบคุมโดยศูนย์กลางเพียงแห่งเดียว (Odland, 1978; Zonneveld, 2005; Kraus, 2006) ซึ่งเป็นศูนย์กลางหลักหรือย่านศูนย์กลางธุรกิจ (CBD) ในทฤษฎีการแบ่งเขตการใช้ที่ดินในเมืองเป็นรูปวงกลมของ Burgess ส่วนแนวคิดเมืองพหุศูนย์กลางเป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับเมืองที่มีศูนย์กลางมากกว่า 1 แห่งตามทฤษฎีหลายจุดศูนย์กลางของ Harris and Ullman (Zonneveld, 2005)

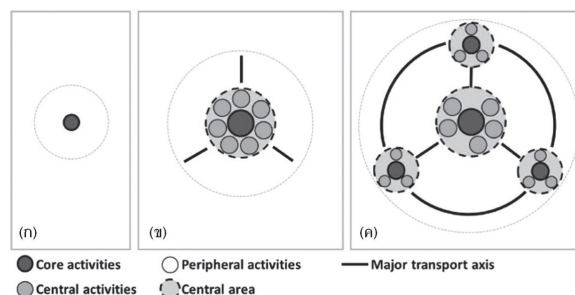


$PC_r$  คือ การเปลี่ยนแปลงร้อยละประชากรในวงแหวน (Percentage change in population in the ring)

$PC_c$  คือ การเปลี่ยนแปลงร้อยละประชากรในเมืองแกนกลาง (Percentage change in population in the core)

รูปที่ 3 ชั้นความเป็นเมืองเป็นตามแนวคิดของคลาสเซน (Klaassen's concept)

ที่มา: Klaassen (1981 Cited in Hayashi et al, 1994: 74)



รูปที่ 4 วิวัฒนาการของโครงสร้างเมืองภายใต้วิวัฒนาการด้านการคมนาคม

ที่มา: Rodrigue (2013)

การแบ่งโครงสร้างเมืองตามจำนวนศูนย์กลางดังกล่าว สอดคล้องกับทั้งโครงสร้างเมืองจำแนกตามทฤษฎี  
จำแนกตามการรวมศูนย์และการเกาะกลุ่มของการใช้ที่ดิน จำแนกตามพัฒนาการ และรวมถึงปรากฏการณ์จริงที่เมื่อเมือง  
มีการขยายตัวออกไปในระดับหนึ่ง ผลของการพัฒนาโครงสร้างด้านการคมนาคมประกอบกับพลังทางเศรษฐกิจ (เช่น การที่  
พื้นที่ในย่านธุรกิจกลางมีจำกัดจนไม่มีพื้นที่ว่างสำหรับให้เช่าและมีค่าเช่าที่สูงเกินกว่าที่หน่วยธุรกิจจำนวนหนึ่งจะจ่ายได้ ต้นทุน  
การเดินทางเข้าสู่ย่านธุรกิจกลางสูงเกินกว่าการประหยัดจากราคาที่ดินที่อยู่ไกลออกไป เป็นต้น) ทำให้เมืองต้องเกิดศูนย์กลาง  
แห่งใหม่ในย่านชานเมืองโดยปริยาย การแบ่งดังกล่าวเป็นพื้นฐานที่สำคัญและอยู่ในกระแสหลักสำหรับการวัดโครงสร้างเมือง  
ที่จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

#### 4. จะวัดโครงสร้างเมืองอย่างไร?

ในขั้นต้น สามารถจำแนกวิธีการวัดโครงสร้างเมืองได้เป็น 2 แนวทาง (Approach) คือ แนวคุณภาพและแนวปริมาณ  
(Qualitative and Quantitative) ซึ่งทั้งสองแนวล้วนอิงศูนย์กลางของเมืองเป็นสำคัญ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

**4.1 การวัดโครงสร้างเมืองแนวคุณภาพ** การวัดโครงสร้างเมืองแนวคุณภาพนั้น ให้ความสำคัญขั้นแรกกับการ  
กำหนดนิยามหรือคุณภาพของศูนย์กลาง เพื่อใช้พิจารณาพัฒนาการของพื้นที่ศูนย์กลางนั้น ตัวอย่างวิธีการแนวนี้ เช่น  
Carter and Rowley (1996 cited in Carter, 1995: 167) ที่ได้สรุปลักษณะของการพิจารณาย่านธุรกิจกลางไว้ 3 ประการ คือ  
(1) ย่านธุรกิจกลางเป็นเรื่องของการเปลี่ยนแปลงที่สามารถพิจารณาได้ด้วยการใช้ที่ดิน อย่างไรก็ดี การพิจารณาการพัฒนา  
ที่ติดตามมา (Subsequent Developments) มีส่วนในการปรับปรุงธรรมชาติของศูนย์กลางเมืองในประเทศตะวันตก (2) ย่าน  
ธุรกิจกลางไม่ได้เป็นภูมิภาคส่วนกลางที่เป็นแบบเดียวกันของเมือง (A uniform Central Region of the City) แต่เป็นสิ่งที่  
ซึ่งถูกสร้างจากความซับซ้อนของพื้นที่ใช้งาน (A Complex of Use Areas) แต่ถึงกระนั้นก็มีความแตกต่างในลักษณะ  
(Character) โดยเมืองที่ใหญ่กว่าจะมีการแบ่งแยก (Segmentation) และรวมถึงมีความชัดเจนในการแบ่งแยกเหล่านั้นมากกว่า  
เมืองขนาดเล็ก โดยการแบ่งแยกในเมืองขนาดใหญ่ดังกล่าวจะแบ่งเป็นพื้นที่ที่โดดเด่น (Distinct Areas) อย่างไรก็ดี เมือง  
ขนาดเล็กก็มีความซับซ้อนของการใช้ (ที่ดิน) ด้วยเช่นกัน และ (3) เมื่อ (1) และ (2) เป็นความต่อเนื่องของการเปลี่ยนแปลง  
ตามเวลา การศึกษาพัฒนาการของพื้นที่ส่วนกลางจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญสู่รูปแบบ (Patterns) ของปัจจุบันข้อสรุปทั้งสาม  
ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การพิจารณาพัฒนาการเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งตามมาด้วยการปริทัศน์การใช้ (ที่ดิน) ที่เป็นหลักในเชิง  
ประเพณี (The Traditional Predominant Use) การค้าปลีก (Retailing) และสถานภาพปัจจุบันภายในศูนย์กลางเมือง  
(Carter, 1995: 167)

**4.2 การวัดโครงสร้างเมืองแนวปริมาณ** การวัดโครงสร้างเมืองแนวปริมาณนั้นเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงจำนวน  
ณ จุดหนึ่งของเวลาในการระบุศูนย์กลางของเมือง (ณ จุดหนึ่งของเวลา) และการขยายตัว ซึ่งหากกำหนดความเป็นไปได้  
ของโครงสร้างเมืองระหว่างเมืองศูนย์กลางเดี่ยวและเมืองพหุศูนย์กลางแล้ว มีวิธีการในการศึกษาที่หลากหลายตั้งแต่วิธีการ  
ศึกษาการกระจายเชิงพื้นที่ของกิจกรรมเมืองจนถึงวิธีระบุแหล่งที่ตั้งของกิจกรรมโดยตรง โดย Adolphson (2009) ได้กล่าว  
ถึงวิธีการต่างๆ ที่ใช้วัดการกระจายเชิงพื้นที่ของกิจกรรมเมือง ส่วน Tsai (2005) ใช้ค่าสัมประสิทธิ์โมรันระดับโลก (The  
Global Moran Coefficient) ในการระบุระดับของการเกาะกลุ่มของประชากร-การจ้างงาน (หรือโครงสร้างเมือง) ในขณะที่  
Anas, Arnott and Small (1998: 1431-1434) ได้กล่าวถึง 3 แนวทางในการอธิบายโครงสร้างของการพัฒนาเมือง  
อันประกอบด้วย การวิเคราะห์รูปแบบจุด (Point Pattern Analysis) การวิเคราะห์สาทิสรูปหรือแฟร็กทัล (Fractals Analysis)  
และการระบุศูนย์กลางการจ้างงานและประมาณอิทธิพลของศูนย์กลางเหล่านั้นต่อความหนาแน่นของการจ้างงานหรือความ  
หนาแน่นของประชากร นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลการเดินทางระหว่างพื้นที่ก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการระบุศูนย์กลางการจ้างงาน  
ดังรายละเอียดโดยสังเขปต่อไปนี้

4.2.1 วิธีการวัดการกระจายเชิงพื้นที่ของกิจกรรมเมือง Adolphson (2009) ได้รวบรวมวิธีการต่างๆ ในการ  
วัดความเป็นศูนย์กลางโดยแบ่งเป็น 3 มิติ คือ การกระจายของขนาดศูนย์กลางเมือง (Urban Nuclei Size Distribution)

การกระจายเชิงพื้นที่ของศูนย์กลางเมือง (Spatial Distribution of Urban Nuclei) และปฏิสัมพันธ์เชิงศักยภาพ (Potential Interaction (Accessibility)) ดังรายละเอียดในตารางที่ 2 ซึ่งในแต่ละวิธีมีความเหมาะสมสำหรับการวัดความเป็นพหุศูนย์กลางในลักษณะที่แตกต่างกันดังตารางที่ 3 โดยมีวิธีการกระจายของขนาดศูนย์กลางเมืองมีความเหมาะสมอย่างมากในการวัดโครงสร้างเมืองพหุศูนย์กลางในลักษณะต่างๆ อย่างไรก็ตาม มีเพียงเอกสภาพ (Primacy) และการกระจายพาเรโต (Pareto Distribution) เท่านั้นที่เหมาะสมในการวัดโครงสร้างเมืองทั้งศูนย์กลางเดี่ยวและพหุศูนย์กลาง

ส่วน Tsai (2005) ได้วิเคราะห์สถานการณ์จำลอง (Simulation Analysis) เกี่ยวกับโครงสร้างเมืองและระบุว่า ค่าสัมประสิทธิ์โมรันสามารถใช้อ้างอิงโครงสร้างเมืองได้ โดยเมืองที่มีโครงสร้างแบบศูนย์กลางเดี่ยว พหุศูนย์กลาง และไม่รวมศูนย์อย่างไม่เป็นระเบียบ (Decentralized Sprawling) จะมีค่าสัมประสิทธิ์โมรันมาก ปานกลาง และน้อย ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การกำหนดช่วงค่าที่ชัดเจนในการแบ่งแยกระหว่างโครงสร้างเมืองแบบต่างๆ เป็นสิ่งที่ยากมาก เนื่องจากการแบ่งดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อโครงสร้างเมืองที่แท้จริงมีลักษณะเด่นชัดเป็น 3 รูปแบบข้างต้นเท่านั้น

ตารางที่ 2 วิธีวัดความเป็นพหุศูนย์กลาง

| วิธีการ                                                                      | คำอธิบาย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| แบบจำลองความหนาแน่นเชิงพื้นที่ (Spatial density model)                       | เป็นการวัดความหนาแน่นด้วยสูตรพื้นที่อาคาร (ตร.ม.) ต่อขนาดที่ดิน (เฮกแตร์)                                                                                                                                                                                                                                                     |
| เอกสภาพ (Primacy)                                                            | แสดงความเด่นของศูนย์กลางเมืองลำดับแรก ซึ่งคำนวณจากสัดส่วนขนาดศูนย์กลางเมืองลำดับแรกโดยเปรียบเทียบกับขนาดศูนย์กลางเมืองระดับภาค (Region) ทั้งหมดหรือบางส่วน                                                                                                                                                                    |
| การกระจายพาเรโต (Pareto distribution)                                        | แสดงการกระจายของขนาดของศูนย์กลางเมืองโดยสัมบูรณ์ (Absolute) ด้วยการเปรียบเทียบความต่างโดยสัมบูรณ์ระหว่างลำดับเมืองและขนาดเมืองด้วยเส้นโค้ง ผลลัพธ์ที่ได้จะสัมพันธ์กับกฎขนาดลำดับ (Zipf's rank size rule) และระบบแหล่งชุมชนตามลำดับของ Christaller                                                                             |
| ดัชนีจีนิ (Gini index)                                                       | เป็นการคำนวณพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งซึ่งแสดงได้ทั้งความเท่ากันเชิงสัมพัทธ์ (Relative) ของการกระจายขนาดของศูนย์กลางเมืองและของการกระจายขนาดตามลำดับของศูนย์กลางเมือง โดยค่าเข้าใกล้ ร้อยละ 0 แสดงถึงความเท่ากันโดยสัมบูรณ์ แต่หากค่าเข้าใกล้ร้อยละ 100 แสดงถึงความไม่เท่ากันโดยสัมบูรณ์                                           |
| สัมประสิทธิ์ของไรซ์ (Wright's coefficient)                                   | เป็นการคำนวณพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งซึ่งแสดงได้ทั้งความเบ้ (Skewness) ของการกระจายขนาดของศูนย์กลางเมืองและของการกระจายขนาดตามลำดับของศูนย์กลางเมือง โดยในกรณีที่ดัชนีจีนิมีค่ามากกว่าร้อยละ 50 สัมประสิทธิ์ของไรซ์ที่เป็นลบแสดงถึงความเบ้ขึ้นเกิดจากการมีศูนย์กลางเมืองขนาดเล็กจำนวนมาก                                          |
| สัมประสิทธิ์การกระจายโดยสัมพัทธ์ (Coefficient of relation description)       | แสดงการกระจายเชิงพื้นที่ของศูนย์กลางเมือง โดยค่าเข้าใกล้ร้อยละ 0 แสดงว่าศูนย์กลางเมืองตั้งอยู่ใกล้ศูนย์กลางในเชิงภูมิศาสตร์ของภาค ส่วนค่าที่เข้าใกล้ร้อยละ 100 แสดงว่าศูนย์กลางเมืองทั้งหมดตั้งอยู่ภายในเขตระยะทางไกลที่สุดจากศูนย์กลางในเชิงภูมิศาสตร์ของภาค                                                                 |
| การประมาณเชิงเส้น (Linear curve estimation) จากวิธีกำลังสองน้อยสุด           | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดศูนย์กลางเมืองกับความสามารถในการเข้าถึง โดยความสามารถในการเข้าถึงพิจารณาจากจุดเชื่อมต่อ (Node) และประเภททรัพยากรของกิจกรรมเมือง (พื้นที่อาคารสำหรับการอยู่อาศัยและการค้า) ค่าความชันที่เป็นบวกและค่า R <sup>2</sup> ที่สูงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างขนาดศูนย์กลางเมืองและความสามารถในการเข้าถึง |
| ความสามารถในการเข้าถึงเมืองแบบพหุศูนย์กลาง (Polycentric urban accessibility) | แสดงความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรเมืองระดับภาคจากศูนย์กลางเมือง โดยหากค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าศูนย์กลางเมืองมีลักษณะแยกตัวออกจากกัน (Isolated) แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าศูนย์กลางเมืองสามารถเข้าถึงทรัพยากรเมืองระดับภาคได้ทั้งหมด                                                                                        |

ที่มา: ดัดแปลงจาก Adolphson (2009: 21)

<sup>3</sup> สูตรการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์โมรัน คือ  $Moran = [N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij}(X_i - X)(X_j - X)] / [(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij})(X_i - X)^2]$  เมื่อ N คือ จำนวนของพื้นที่ย่อย (Sub-area),  $X_i$  คือ จำนวนประชากรหรือการจ้างงานในพื้นที่ย่อย i,  $X_j$  คือ จำนวนประชากรหรือการจ้างงานในพื้นที่ย่อย j,  $X$  คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรหรือการจ้างงาน และ  $W_{ij}$  คือ น้ำหนักระหว่างพื้นที่ i กับ j (Tsai, 2005: 146)

### ตารางที่ 3 ความเหมาะสมของวิธีต่างๆ ในการวัดความเป็นพหุศูนย์กลาง

| มิติ / วิธีการ                                 | ศูนย์กลางเดี่ยว | พหุศูนย์กลางแบบทั่วไป<br>(General) | พหุศูนย์กลางแบบสมบูรณ<br>(Complementary) | พหุศูนย์กลางแบบตาม<br>ลำดับชั้น (Hierarchy) |
|------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>มิติการกระจายของขนาดศูนย์กลางเมือง</b>      |                 |                                    |                                          |                                             |
| เอกสภาพ                                        | +               | +                                  | +                                        | +                                           |
| การกระจายพาเรโต้                               | +               | +                                  | +1                                       | +                                           |
| ดัชนีจีนี้                                     | -               | +                                  | +                                        | +                                           |
| สัมประสิทธิ์ของไรซ์                            | -               | +                                  | +                                        | +                                           |
| <b>มิติกระจายเชิงพื้นที่ของศูนย์กลางเมือง</b>  |                 |                                    |                                          |                                             |
| ดัชนีจีนี้                                     | -               | (-)                                | (-)                                      | -                                           |
| สัมประสิทธิ์ของไรซ์                            | -               | (-)                                | (-)                                      | -                                           |
| สัมประสิทธิ์การกระจายโดยสัมพัทธ์               | +               | +                                  | (+)                                      | (+)                                         |
| <b>มิติปฏิสัมพันธ์เชิงศักยภาพ</b>              |                 |                                    |                                          |                                             |
| การประมาณเชิงเส้น                              | -               | (+)                                | -                                        | -                                           |
| ความสามารถในการเข้าถึงเมือง<br>แบบพหุศูนย์กลาง | +               | +                                  | +                                        | (+)                                         |

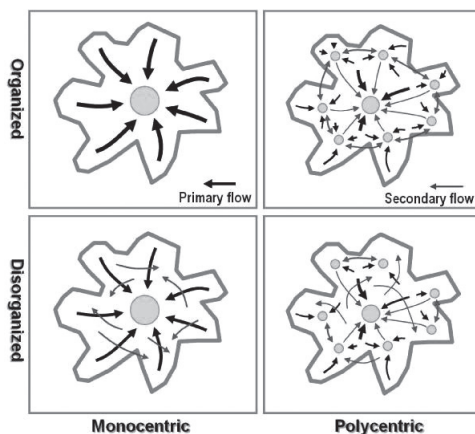
ที่มา: ดัดแปลงจาก Adolphson (2009: 27)

หมายเหตุ: + หมายถึง เหมาะสม (Suitable); - หมายถึง ไม่เหมาะสม (unsuitable); ( ) หมายถึง เหมาะสม/ไม่เหมาะสม  
บางส่วน

<sup>1</sup> เมื่อศูนย์กลางเมืองทั้งหมดมีขนาดเท่ากัน

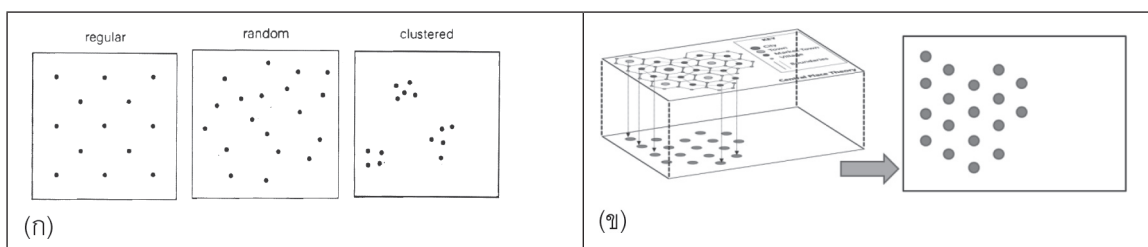
นอกจากการวัดการกระจายของกิจกรรมเมืองแล้ว การเดินทางเข้า-ออกพื้นที่เพื่อทำกิจกรรม โดยเฉพาะการเดินทางไปทำงาน (Travel-To-Work) เป็นตัวชี้วัดหนึ่งในการศึกษาการกระจายของกิจกรรมเมือง เนื่องจากพื้นที่ศูนย์กลางกิจกรรมมีแรงดึงดูดให้เกิดการเดินทางเข้าสู่พื้นที่สูงกว่าพื้นที่บริวาร โดย Rodrigue (2013) ได้สรุปรูปแบบการเคลื่อนที่ภายในเมืองที่สัมพันธ์กับโครงสร้างเมืองเป็น 4 ประเภท (รูปที่ 5) โดยรูปแบบการเดินทางจะช่วยอธิบายโครงสร้างเมืองได้เป็นอย่างดี เมื่อการเดินทางเป็นแบบมีระบบ (Organized) ซึ่งจะทำให้การเดินทางมีลักษณะเคลื่อนเข้าหาจุดเชื่อมต่อ (Node) ที่อยู่ใกล้ที่สุดกับต้นกำเนิดการเดินทางนั้นๆ

ตัวอย่างการใช้ข้อมูลการเดินทางศึกษาการกระจายของกิจกรรมเมือง เช่น การศึกษารูปแบบการเดินทางเพื่อระบุโครงสร้างเชิงพื้นที่ที่เมืองของ Sohn (2005) ที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ระยะทางระหว่างจุดต้นทางและจุดปลายทางกับศูนย์กลางเมืองที่ได้จากแบบจำลองปฏิสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Interaction Model) ควบคู่กับค่าสัมประสิทธิ์ความหนาแน่นของการจ้างงานและผู้อยู่อาศัยที่ถูกจ้างงาน (Employed Residents) ที่ได้จากฟังก์ชันความหนาแน่นในการศึกษาโครงสร้างเมืองของภูมิภาคเมืองโซล (Seoul Metropolitan Region) ภายใต้ข้อสมมุติว่าโครงสร้างเมืองแบบศูนย์กลางเดี่ยวมีความเชื่อมโยงอย่างง่ายและตรงไปตรงมากับการเดินทางไปทำงาน (Commuting) อย่างไรก็ตาม วิธีวิธีดังกล่าวสามารถแสดงเฉพาะแนวโน้มการกระจุกตัวของความหนาแน่นและรูปแบบการเดินทางในลักษณะเมืองศูนย์กลางเดี่ยวกับการกระจายออกเท่านั้น ดังนั้นวิธีดังกล่าวจึงไม่สามารถพิจารณาโครงสร้างเมืองพหุศูนย์กลางได้โดยตรง



รูปที่ 5 รูปแบบการเคลื่อนที่ภายในเมือง (Urban Movement Pattern) ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างเมือง  
ที่มา: Rodrigue (2013)

4.2.2 การวิเคราะห์รูปแบบจุด การวิเคราะห์รูปแบบจุดเป็นการใช้สถิติที่เกี่ยวข้องกับระยะทางระหว่างค่าสังเกต ภายใต้การเปรียบเทียบกับกระจายตามทฤษฎี (Theoretical Distribution) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้ว รูปแบบของจุดสามารถเป็นได้ 3 รูปแบบ คือ แบบสม่ำเสมอ (Regular) แบบสุ่ม (Random) และแบบเกาะกลุ่ม (Clustered) (Shaw and Wheeler, 1994: 317) ดังรูปที่ 6 (ก) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการวิเคราะห์ระยะใกล้ที่สุด (Nearest Neighbour Analysis) และการวิเคราะห์จุดภาค (Quadrat Analysis) โดยตัวอย่างเชิงอุดมคติในการประยุกต์ใช้กับโครงสร้างเมือง เช่น กรณีทฤษฎีแหล่งชุมชน (Central Place Theory) ที่ซึ่งศูนย์กลางถูกพัฒนาตามลำดับขั้นด้วยพื้นที่ตลาดแบบหกเหลี่ยม ดังนั้นการกระจายของที่ตั้งศูนย์กลางจึงควรเป็นแบบสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 6 (ข) เป็นต้น ส่วนตัวอย่างจริงของการวิเคราะห์รูปแบบจุด เช่น การศึกษาการกระจายตัวของประชากรเมืองชิคาโกของ Getis (1983) ซึ่งพบการเกาะกลุ่มของประชากรและเป็นหลักฐานสนับสนุนว่าเมืองเมืองชิคาโกมีลักษณะเป็นเมืองพหุศูนย์กลาง<sup>4</sup> เป็นต้น



รูปที่ 6 การวิเคราะห์รูปแบบจุด  
ที่มา: (ก) Shaw and Wheeler (1994: 317), (ข) ผู้เขียน

4.2.3 การวิเคราะห์สาขาสีหรือแฟร็กทัล แฟร็กทัลเป็นคำในทางคณิตศาสตร์ หมายถึง วัตถุทางเรขาคณิตที่มีคุณสมบัติคล้ายตนเอง กล่าวคือ ดูเหมือนกันไปหมด (เมื่อพิจารณาจากแง่ใดแง่หนึ่ง) ไม่ว่าจะดูที่ระดับความละเอียดหรือขนาด (Scale) ใดก็ตาม (Wikipedia, 2013) โดยรูปแบบคล้ายตนเองหรือการมีรูปร่างเหมือนกันแม้เป็นขนาดที่แตกต่างที่นี้สามารถยกตัวอย่างได้จากต้นเฟิร์น (Fern) ซึ่งในหนึ่งต้นจะประกอบด้วยกิ่งต่างๆ ซึ่งแต่ละกิ่งก็คล้ายกับเฟิร์นต้นเล็กๆ โดยที่กิ่งเฟิร์นทั้งหลายประกอบด้วยส่วนที่เล็กกว่า แต่มีองค์ประกอบเชิงโครงสร้างที่เหมือนกัน และด้วยความคล้ายตนเอง

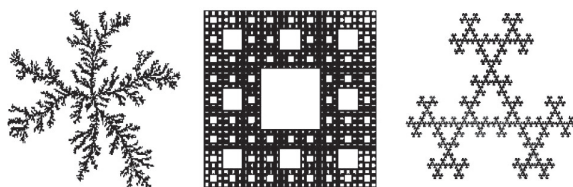
<sup>4</sup> อย่างไรก็ดี สำหรับการวัดโครงสร้างเมืองด้วยวิธีวิเคราะห์รูปแบบจุดนั้น อาจมีข้อจำกัดของการนำไปใช้และการยอมรับ โดยการศึกษาของ Getis (1983) ถูกกล่าวถึงโดย Giuliano and Small (1991: 164) ว่าไม่สามารถระบุศูนย์กลางย่อยที่แท้จริงได้

ดังกล่าว ทำให้แฟร็กทัลไม่ผันแปรตามขนาด (Scale Invariant) กล่าวคือ แฟร็กทัลมีลักษณะเหมือนเดิมทุกขนาดของการสังเกต (ในทางคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจไม่ใช่จากการมองด้วยสายตา) (Brown and Witschey, 2003: 1620)

พัฒนาการของการวิเคราะห์แฟร็กทัลอาจเริ่มจาก Mandelbrot (1983 cited in Mcadams, 2007: 153) ที่ได้เสนอแนวคิดพื้นฐานของแฟร็กทัลและการวิเคราะห์แฟร็กทัล แต่สำหรับในศาสตร์ด้านเมืองแล้ว การวิเคราะห์แฟร็กทัลในฐานะเทคนิคเชิงนวัตกรรมการศึกษาสัญชาตญาณวิทยาเมือง (Urban morphology) และรูปแบบ/โครงสร้างเมืองเริ่มขึ้นโดย Batty and Longney (1994 cited in Mcadams, 2007: 153) อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ การวิเคราะห์แฟร็กทัลก็ไม่สามารถเข้าสู่กระแสหลักของการวิเคราะห์และวางแผนเมืองได้ (Mcadams, 2007)

ในทางคณิตศาสตร์ การวัดมิติแฟร็กทัลทำได้หลายวิธี เช่น Correlation Dimension The Information Dimension The Capacity Dimension เป็นต้น แต่กระนั้น วิธีที่นิยมใช้ คือ มิติ Hausdorff-Besicovitch (D) โดย  $D = -[\log N_k / \log r_k]$  เมื่อ  $N_k$  คือ จำนวนวัตถุที่มีรูปแบบคล้ายตนเอง และ  $r_k$  คือ อัตราส่วนขนาด (Scaling Factor) ของวัตถุ ต่อทั้งหมดโดย D มีค่าที่เป็นไปได้อยู่ระหว่าง 1 (The Euclidean dimension สำหรับเส้น) กับ 2 (The Euclidean dimension สำหรับพื้นราบ) (Brown and Witschey, 2003: 1623; Mcadams, 2007: 154) แม้แฟร็กทัลมีรูปแบบได้หลายอย่าง แต่มีรูปแบบเพียงจำนวนหนึ่งเท่านั้นที่สามารถใช้กับแบบจำลองเมืองได้ โดยแฟร็กทัลนามธรรมที่สามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพิจารณาเมืองประกอบด้วย (Mcadams, 2007: 155-156)

- (1) The Dendritic Pattern ดังรูปที่ 7 (ก) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเมืองที่พัฒนาตามเส้นทางคมนาคม
- (2) Sierpinski Carpet ดังรูปที่ 7 (ข) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเมืองที่มีโครงสร้างตาราง รูปแบบนี้แสดงถึงความสม่ำเสมออย่างมาก แต่ยังคงมีช่องว่างหรืออ่าว ซึ่งรูปแบบแฟร็กทัลนี้สามารถแสดงตัวอย่างจริงเปรียบเทียบกับได้ดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นหมู่บ้านหนึ่งในเมืองแบกแดด ประเทศอิรัก
- (3) Sierpinski Triangle Variation ดังรูปที่ 7 (ค) ซึ่งมีลักษณะคล้าย Dendritic แต่มีลำดับชั้น (Hierarchy) และมีอ่าว (Bay) เล็กๆ



(ก) The Dendritic Pattern    (ข) Sierpinski Carpet    (ค) Sierpinski Triangle Variation

รูปที่ 7 แฟร็กทัลนามธรรมที่สามารถใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการพิจารณาเมือง  
ที่มา: Mcadams (2007: 156)

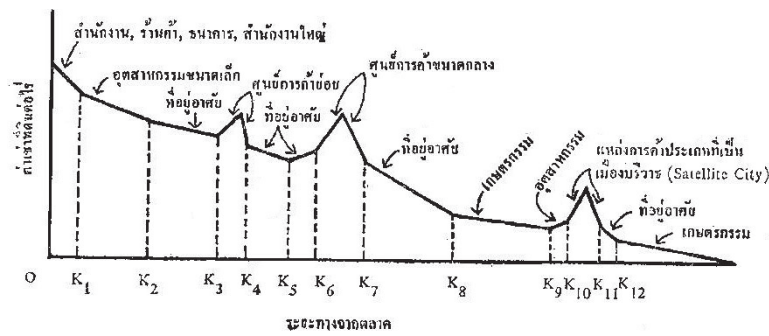


รูปที่ 8 ภาพตัวอย่างจริงของแฟร็กทัลแบบ Sierpinski Carpet  
ที่มา: Mehaffy and Salinger (2013)

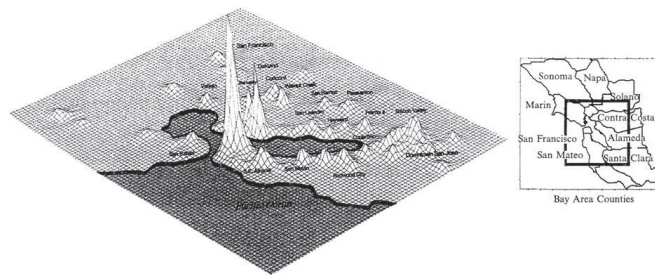
จากลักษณะที่ขึ้นส่วนมีความคล้ายตนเอง การประยุกต์การวิเคราะห์แฟร็กทัลเข้ากับโครงสร้างเมืองภายใต้ทฤษฎีแหล่งชุมชนจึงเป็นพัฒนาการในยุคแรก ดังบทความของ Arlinghaus (1985) ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า ลำดับศักยภาพของศูนย์กลางมีคุณสมบัติของชุดแฟร็กทัล (Fractal Set) ส่วนตัวอย่างคลาสสิกก็เช่น Batty and Longley (1985 Cited in Goodchild and Michael, 1987: 273) ที่ใช้โครงสร้างแฟร็กทัลในการจำลองแบบเชิงทดลองสำหรับโครงสร้างเมืองลอนดอนและรวมถึง Batty and Longley (1994 Cited in Anas, Arnott and Small, 1998: 1432-1433) ที่ได้ศึกษาขอบเขตเมือง (Urban Boundaries) ของ Cardiff Wales และประมาณมิติแฟร็กทัลเพื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการวัดแบบอื่น (เช่น Structure Walk เป็นต้น) นอกจากนี้ การวิเคราะห์แฟร็กทัลยังถูกประยุกต์ใช้กับการศึกษาเมืองในศาสตร์แขนงต่างๆ อีกด้วย เช่น การศึกษาการกระจายตัวของการตั้งถิ่นฐานของ Brown and Witschey (2003) การศึกษาระบบขนส่งสาธารณะของกรุงโซลของ Kim, Benguigui and Marinov (2003) เป็นต้น

4.2.4 การระบุศูนย์กลางการจ้างงาน ความพยายามในการระบุและกำหนดขอบเขตของศูนย์กลางนอกจากเป็นแขนงหนึ่งของศาสตร์ด้านเมืองแล้ว ยังเป็นองค์ประกอบหลักสำหรับความเข้าใจที่แท้จริงต่อปรากฏการณ์พหุศูนย์กลาง (Cladera, Duarte and Moix, 2009: 2858) ซึ่งแม้ว่าการพิจารณาศูนย์กลางเมืองสามารถพิจารณาได้จากทั้งการกระจุกตัวของประชากรและการจ้างงาน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากประชากรเมืองมักกระจายตัวไปในเขตชานเมืองเมื่อเมืองมีการพัฒนาในระดับหนึ่งๆ ตามสามัญการของ Clark (1951) ในขณะที่ย่านธุรกิจกลางยังคงเป็นอยู่เช่นเดิมโดยเปรียบเทียบ ดังนั้น เมืองที่มีพัฒนาการมายาวนานย่อมมีความแตกต่างในการกระจายเชิงพื้นที่ระหว่างประชากรกับงาน โดยที่ประชากรมีการกระจายตัวค่อนข้างออกจากศูนย์กลางมากกว่าการจ้างงาน (O'Sullivan, 2003: 202) การพิจารณาการกระจุกตัวของงานจึงควรให้ผลการระบุศูนย์กลางเมืองได้ดีกว่าประชากร ทำให้ศูนย์กลางเมืองที่ได้จึงเป็นศูนย์กลางการจ้างงาน (ไม่ใช่ศูนย์กลางประชากร) โดยในการพิจารณาศูนย์กลางการจ้างงานนั้น สามารถแบ่งศูนย์กลางได้เป็น 2 ระดับตามประเภทโครงสร้างเมือง คือ ศูนย์กลางหลักหรือย่านธุรกิจกลาง (CBD) และศูนย์กลางย่อย (Business Subcenter) โดยหากนิยามให้ศูนย์กลางการจ้างงาน คือ พื้นที่ที่ความหนาแน่นของการจ้างงานมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อพื้นที่เมือง (Jun and Ha, 2002: 119) แล้ว พื้นที่ที่ความหนาแน่นของการจ้างงานมีอิทธิพลต่อพื้นที่เมืองมากที่สุดเป็นศูนย์กลางการจ้างงานหลัก และศูนย์กลางการจ้างงานอื่นที่นอกเหนือจากศูนย์กลางการจ้างงานหลักจึงเป็นศูนย์กลางการจ้างงานย่อยไปโดยปริยาย (McDonald, 1987: 243) ซึ่งศูนย์กลางต่างๆ จะมีหน้าที่แตกต่างกันไปในแต่ละเมือง นอกจากนี้ ตามทฤษฎีหลายจุดศูนย์กลางแล้ว จำนวนศูนย์กลางมีความสัมพันธ์กับขนาดของเมืองกล่าวคือ เมืองยิ่งใหญ่ก็ยิ่งมีความเป็นไปได้ที่จะมีศูนย์กลางหลายแห่งกระจายอยู่ตามจุดต่างๆ ของเมือง (Richardson, 1969: 153; วสันต์ ภูวภัทรพร, 2546: 58) พัฒนาการของวิธีการนี้ในระยะเริ่มแรกอาศัยความรู้เชิงพื้นที่ (Local Knowledge) จากหน่วยงานทางด้านการวางแผนหรือหน่วยธุรกิจทางด้านอสังหาริมทรัพย์ เพื่อระบุตำแหน่งที่มีการกระจุกตัวของงานสูง พัฒนาการในระยะต่อมาจึงอาศัยนิยามที่มีความเป็นวัตถุวิสัย (Objective) บนพื้นฐานของข้อมูลการจ้างงานที่ประกอบด้วยพื้นที่ย่อยหรือโซนจำนวนมากสำหรับพื้นที่เมืองนั้นๆ ดังตัวอย่างคลาสสิกของ Giuliano and Small (1991: 167) ที่นิยาม ศูนย์กลางการจ้างงานด้วยชุดของโซนที่อยู่ติดกัน (A Contiguous Set of Zones) ซึ่งมีความหนาแน่นของการจ้างงานมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (10 คนต่อเอเคอร์) และมีการจ้างงานทั้งหมดสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (10,000 คนทำงาน) เป็นต้น ซึ่งการพิจารณาดังกล่าวโดยนัยแล้ว คือ การระบุยอดความหนาแน่น (Density Peak) จากแผนที่ความหนาแน่นของการจ้างงาน (ดังรูปที่ 9 และ 10) นั้นเอง รูปที่ 9 ซึ่งแสดงถึงยอดของศูนย์กลางหลักและยอดของศูนย์กลางย่อยจำนวน 3 ศูนย์กลาง (ช่วง  $K_3-K_4$ ,  $K_6-K_7$  และ  $K_{10}-K_{11}$ ) และสำหรับรูปที่ 10 เป็นแผนภาพสามมิติของความหนาแน่นของการจ้างงานสำหรับพื้นที่อ่าวซานฟรานซิสโก (The San Francisco Bay Area) จากการศึกษาของ Cervero and Wu (1997: 869)

การวัดโครงสร้างเมืองแนวปริมาณสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistics) ที่ใช้ในการศึกษาแหล่งที่ตั้ง (Location Study) ได้หลายวิธี โดย Bivand (1998) ได้ประมวลเทคนิคทางสถิติเชิงพื้นที่ในการศึกษาที่ตั้ง (Location Studies) ว่าประกอบด้วย สถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistics) การวิเคราะห์รูปแบบจุด (Point Pattern) ธรณีสถิติ (Geostatistics) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบสำรวจ (Exploratory Spatial Data Analysis) เศรษฐมิติเชิงพื้นที่ (Spatial Econometrics) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีรายละเอียดซับซ้อนและอยู่นอกขอบเขตของบทความนี้



รูปที่ 9 ตัวอย่างยอดค่าเช่าที่ดินสำหรับการใช้ที่ดินในเมืองประเภทต่างๆ  
ที่มา: ประพันธ์ เศรษฐนันท์ (2520: 65)



รูปที่ 10 แบบจำลองความหนาแน่นการจ้างงานสามมิติสำหรับพื้นที่อ่าวซานฟรานซิสโก  
ที่มา: Cervero and Wu (1997: 869)

## 5. สรุป

โดยทั่วไปแล้ว โครงสร้างเมืองเป็นการจัดระบบขององค์ประกอบด้านกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม ที่รวมกันขึ้นเป็นเมือง อันเป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถแบ่งได้ด้วยเกณฑ์ที่หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ การแบ่งโครงสร้างเมืองนิยมแบ่งตามจำนวนศูนย์กลางเป็นเมืองศูนย์กลางเดี่ยวและเมืองพหุศูนย์กลางซึ่งสอดคล้องกับเทคนิค/วิธีที่ใช้วิเคราะห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง แบบจำลองเลขชี้กำลังเชิงลบ แนวคิด/ทฤษฎีและวิธีการวิเคราะห์โครงสร้างเมืองดังกล่าวจะถูกเชื่อมโยงถึงภาคปฏิบัติของงานวิจัยไทยโดยให้ความสำคัญต่อพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งในขั้นต้น พบว่า การศึกษาโครงสร้างเมืองของกรุงเทพมหานครมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การวิเคราะห์เชิงปริมาณและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ซึ่งอาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของข้อมูล การศึกษาโครงสร้างเมืองของกรุงเทพมหานคร (และเมืองอื่นของประเทศไทย) ที่มีอยู่จึงใช้วิธีการอื่นเป็นสำคัญ ดังจะกล่าวถึงโดยละเอียดในบทความตอนที่ 2 ของชุดบทความนี้ต่อไป



## เอกสารอ้างอิง

- กุลภา ชัยรัตน์. (2551). การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบทางกายภาพของเมืองน่าน. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2553). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำมาตรฐานด้านผังเมืองของกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูเกียรติ นุราช. (2553). โครงสร้างของเมืองบริเวณพื้นที่ต่อเนื่องระหว่างกรุงเทพมหานครและจังหวัดสมุทรปราการ. วิทยานิพนธ์การผังเมืองมหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ชูชาติ เตชะโพธิ์วคุณ และ นฤมล ไพบูลย์วรากิจ. (2548). แบบแผนการกระจายของศูนย์กลางธุรกิจในกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษาปี 2540-2546. กรุงเทพมหานคร : โครงการธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ดุษฐ์ หายตะคุ. (2527). ปรากฏการณ์ของโครงสร้างเมือง. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2527): 118-142.
- ประพันธ์ เสวตนันท์. (2520). เศรษฐศาสตร์ภูมิภาค. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ดวงกมล.
- ปัฐมา ชุประเสริฐ. (2550). การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบทางกายภาพของเมืองแม่ฮ่องสอน. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วสันต์ ภูวภัทรพร. (2546). รายงานการวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาธุรกิจอสังหาริมทรัพย์กับรูปแบบการใช้ที่ดินในเขตกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพมหานคร : คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วันวิสาข์ มหิทธิหาญ. (2551). การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบทางกายภาพของเมืองแพร่. วิทยานิพนธ์การวางแผนภาคและเมืองมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Adolphon, M. (2009). Estimating a polycentric urban structure case study: urban change in the Stockholm Region 1991-2004. **Journal of urban planning and development**. 135(1): 19-30.
- Anas, A., R. Arnott and K. A. Small. (1998). Urban Spatial Structure. **Journal of Economic Literature**. 36(3): 1426-1464.
- Arlinghaus, S. L. (1985). Fractals Take a Central Place. **Geografiska Annaler. Series B, Human Geography**. 67(2): 83-88.
- Batty, M. and P. Longley. (1985). **The fractal simulation of urban structure**. Papers in Planning Research, No. 92, Department of Town Planning, University of Wales Institute of Science and Technology, Cardiff. cited in M. F. Goodchild and D. M. Michael. (1987). Review Article: The Fractal Nature of Geographic Phenomena. **Annals of the Association of American Geographers**. 77(2): 265-278.
- Batty, M. and P. Longley. (1994). **Fractal Cities: A Geometry of Form and Function**. London : Academic Press. cited in A. Anas, R. Arnott and K. A. Small. (1998). Urban Spatial Structure. **Journal of Economic Literature**. 36(3): 1426-1464.
- Batty, M. and P. Longley. (1994). **Fractal Cities: A Geometry of Form and Function**. Academic Press: London and San Diego. cited in M. A., Mcadams. (2007). Fractal analysis and the urban morphology of a city in a developing country: A case study of istanbul. **Marmara Corafya Dercisi (Marmara Geographical Review)**. 15: 147-170.
- Bivand, R. (1998). **A Review of Spatial Statistical Techniques for Location Studies**. Bergen : Department of Geography, Norwegian School of Economics and Business Administration.

- Brown, C. T. and W. R. T. Witschey. (2003). The fractal geometry of ancient Maya settlement. **Journal of Archaeological Science**. 30(12): 1619-1632.
- Carter, H. (1995). **The study of urban geography**. 4th ed. London: Hodder Headline PLC.
- Carter, H. and G. Rowley. (1996). The morphology of the central business district of Cardiff. **Transactions of the Institute of British Geographers** 38, 119-134. cited in H. Carter. 1995. **The study of urban geography**. 4th ed. London : Hodder Headline PLC.
- Cervero, R. and K. L. Wu. (1997). Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay area. **Environment and Planning A**. 29(5): 865-886.
- Cladera, J. R., C. R. M. Duarte and M. Moix. (2009). Urban Structure and Polycentrism: Towards a Redefinition of the Sub-centre Concept. **Urban Studies**. 46(13): 2841-2868.
- Clark, Colin (1951). Urban Population Densities. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**. 114(4): 490-496.
- Getis, A. (1983). Second-order analysis of point patterns: the case of Chicago as a multicenter urban region. **The Professional Geographer**. 35: 73-80.
- Giuliano, G. and K. A. Small. (1991). Subcenters in the Los Angeles region. **Regional Science and Urban Economics**. 21(2): 163-182.
- Haining, R. (2009). The special nature of spatial data. In A. S. Fotheringham and P. A. Rogerson (Eds.), **The SAGE Handbook of Spatial Analysis**. Wiltshire : SAGE Publications.
- Hayashi, Y., K. Doi, R. Suparat and K. Sakurai. (1991). Comparing the Environment between Cities in Different Stages of Economic Development and Urbanization. **Proceedings of the PTRC Summer Annual Meetings**, Vol.19, Seminar A, pp.95-106. cited in Hayashi, Y, R. Suparat, R. Mackett, K. Doi, Y. Tomita, N. Nakazawa, H. Kato and K. Anurak. (1994). **Urbanization, Motorization and the environment nexus - An international comparative study of London, Tokyo, Nagoya and Bangkok**. Memoirs of the school of Engineering, Nagoya University 64(1): 55-98.
- Jun, M. and S. K. Ha. (2002). Evolution of Employment Centers in Seoul. **Review of Urban & Regional Development Studies**. 14(2): 117-132.
- Kim, K. S., L. Benguigui and M. Marinov. (2003). The fractal structure of Seoul's public transportation system. **Cities**. 20(1): 31-39.
- Klaassen, L.H., W. Molle and J. Paelinck. (1981). **Dynamic of urban development**. Aldershot: Gower. cited in Hayashi, Y, R. Suparat, R. Mackett, K. Doi, Y. Tomita, N. Nakazawa, H. Kato and K. Anurak. (1994). **Urbanization, Motorization and the environment nexus - An international comparative study of London, Tokyo, Nagoya and Bangkok**. Memoirs of the school of Engineering, Nagoya University 64(1): 55-98.
- Kraus, M. (2006). Monocentric cities. In R. J. Arnott & D. P. MaMillen. (Eds.). **A companion to urban economics** (pp. 128-140). Massachusetts : Blackwell publishing Ltd.
- Mandelbrot, B. B. (1983). **The fractal geometry of nature**. 3rd Edition, W.H. Freeman: San Francisco. cited in M. A., Mcadams. (2007). Fractal analysis and the urban morphology of a city in a developing country: A case study of istanbul. **Marmara Corafya Dercisi (Marmara Geographical Review)**. 15: 147-170.



- Marshall, S. (2005). Urban form. In Roger W. Caves (Ed.), **Encyclopedia of the city** (Vol. IX, pp. 474-475). London : Routledge.
- McAdams, M. A. (2007). Fractal analysis and the urban morphology of a city in a developing country: A case study of Istanbul. **Marmara Coğrafya Dergisi (Marmara Geographical Review)**. 15: 147-170.
- McDonald, J. F. (1987). The identification of urban employment subcenters. **Journal of Urban Economics**. 21(2): 242-258.
- McMillen, D. P. (2006). Testing for monocentricity. In R. J. Arnott and D. P. McMillen. (Eds) **A companion to urban economics**. Massachusetts : Blackwell publishing Ltd., pp. 128-140.
- McMillen, D. P. and J. E. McDonald. (1997). A nonparametric analysis of employment density in a polycentric city. **Journal of Regional Science**. 37(4): 591-612.
- Mehaffy, M. and N. Salingaros. (2013). **Science for Designers: Scaling and Fractals**. (cited 2013 Apr 10). Available from: [www.metropolismag.com/pov/20120528/science-for-designers-scaling-and-fractals](http://www.metropolismag.com/pov/20120528/science-for-designers-scaling-and-fractals)
- Odland, J. (1978). The Conditions for Multi-Center Cities. **Economic Geography**. 54(3): 234-244.
- O'Sullivan, A. (2003). **Urban economics**. 5<sup>th</sup> Edition. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Richardson, H. W. (1969). **Regional economics: location theory, urban structure and regional change**. London : Weidenfeld and Nicolson.
- Rodrigue, J. P. (2013). **The geography of transport systems**. (cited 2013 Oct 7). Available from: <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch6en/conc6en/ch6c1en.html>
- Rodrigue, J.-P., C. Comtois and B. Slack. (2006). **The geography of transport systems**. London : Routledge.
- Shaw, G. and D. Wheeler. (1994). **Statistical techniques in geographical analysis**. 2nd ed. London : David Fulton Publishers.
- Sohn, J. (2005). Are commuting patterns a good indicator of urban spatial structure? **Journal of transport geography**. 13(4): 306-317.
- Tsai, Y. (2005). Quantifying urban form: Compactness versus "Sprawl". **Urban studies** 42(1): 141-161.
- Wikipedia. (2013). **Fractal**. (cited 2013 Sep 15). Available from: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fractal>
- Zonneveld, W. (2005). Mono-centric city. In Roger W. Caves (Ed.). **Encyclopedia of the city** (Vol. IX, pp. 317-318). London : Routledge.