

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ โดยการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาทิศทาง และรูปแบบการเจริญเติบโตของชุมชนเทศบาลเมืองจันทบุรี ประกอบกับการค้นคว้าหาข้อมูลด้านสังคม, ประวัติของเมือง และข้อมูลอื่น ๆ เพื่อการอธิบายผลที่ได้จากการวิเคราะห์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่ภูมิประเทศ บริเวณพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี

1.2 ข้อมูลเชิงอรรถาธิบาย ได้แก่ ข้อมูลประวัติเมืองจันทบุรี ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม การสอบถาม รวมทั้ง การค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น หอจดหมายเหตุจันทบุรี หอสมุดศรีมงคลาภิเษกจันทบุรี เป็นต้น

2. ระบบคอมพิวเตอร์

2.1 Hard ware ประสิทธิภาพของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ควรมีระบบประมวลผลอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า Pentium IV หรือเทียบเท่า มีหน่วยความจำ 40 GB และ RAM 256 MB

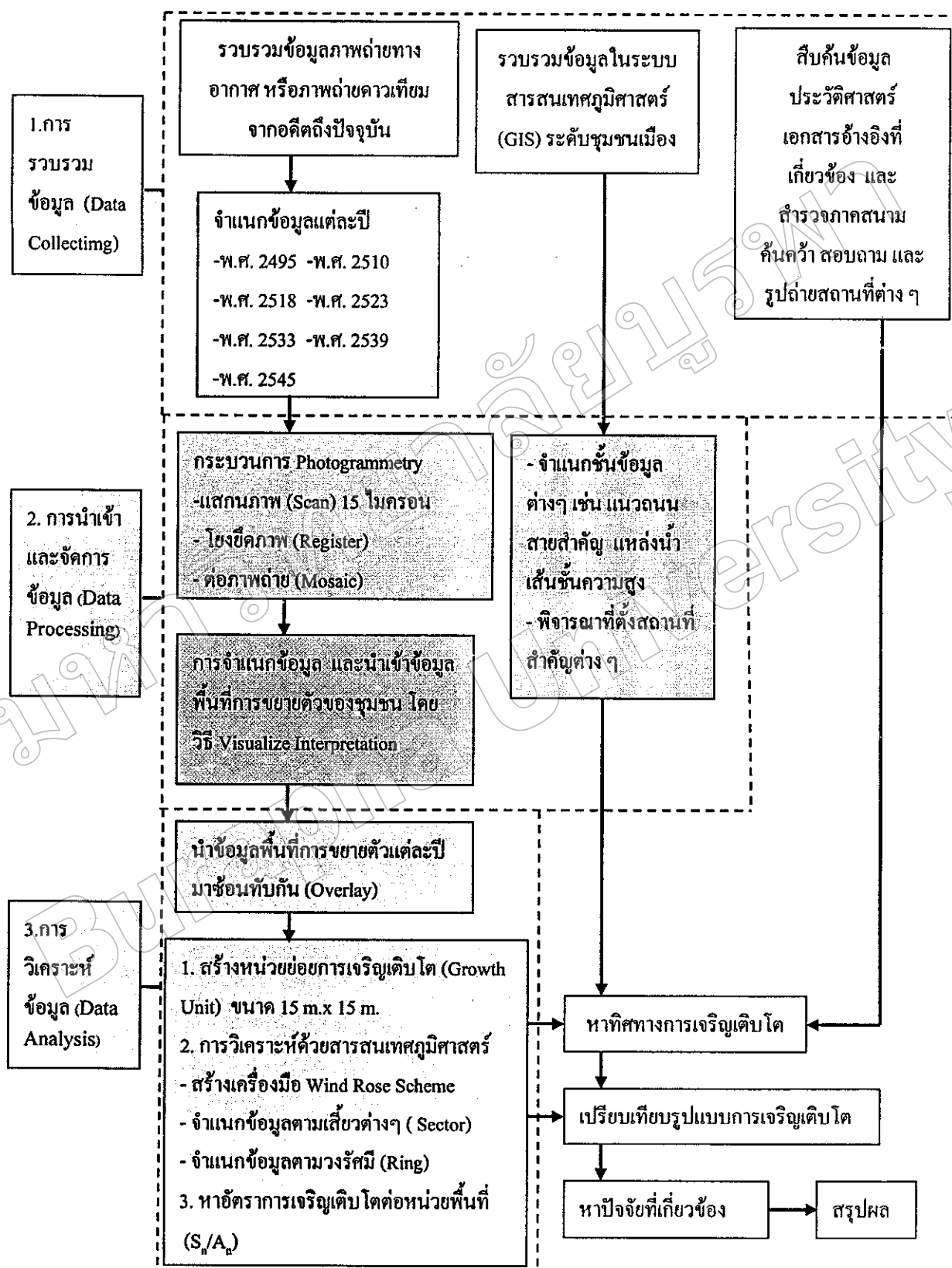
2.2 Soft ware ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูป ด้านภูมิสารสนเทศ ประกอบด้วย โปรแกรม ERDAS Imagine 8.7 เพื่อการจัดทำภาพถ่ายทางอากาศตามกระบวนการ Photogrammetry โปรแกรม MapInfo 7.0 เพื่อการจัดทำข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และประมวลผลข้อมูล

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย ได้กำหนดขั้นตอนหลัก ขั้นตอนย่อยต่าง ๆ ปรากฏตามแผนผังแสดงขั้นตอน การวิจัย ดังภาพที่ 3-1 โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการ ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล (Data Collecting)

1.1 การรวบรวมภาพถ่ายทางอากาศ ในพื้นที่ชุมชนเมืองจันทบุรี จากห้องสมุดกรมแผนที่ทหาร ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้อยู่ในรูปฟิล์มไดอะโพสิทีฟ (Diapositive) ขา - ดำ ขนาด 9 นิ้ว คูณ 9 นิ้ว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2495 ถึงปี พ.ศ. 2545 รายละเอียดภาพถ่ายทางอากาศแสดงใน ตารางที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย

ตารางที่ 3-1 แสดงข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่รวบรวมได้ (กรมแผนที่ทหาร, 2547)

ปี พ.ศ.	หมายเลข	Roll	มาตราส่วนของต้นฉบับ
2495	3356 (280)	R-25	1 : 42,000
2510	161	R-4976-V1	1 : 50,000
2518	121, 124, 117, 044, 047, 050	M-32 M-41	1 : 15,000
2523	153, 155	M-21	1 : 40,000
2533	233, 237, 241, 313, 317, 321, 409, 413, 417	R-52 R-105 R-105	1 : 15,000
2539	236, 238	PCD 70/39 (2)	1 : 50,000

1.2 การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง ได้รับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ขนาดรายละเอียด 0.61 เมตร ในระบบ Pan Chromatics ความยาวช่วงคลื่น 0.45 – 0.90 ไมโครเมตร จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) โดยมีรายละเอียดของข้อมูล ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 แสดงรายละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA), 2547)

ปี พ.ศ.	ดาวเทียม	บันทึกภาพ ณ วันที่	แบนด์/ ช่วงคลื่น	รายละเอียดภาพ
2545	Quickbird	10 ตุลาคม 2545	PAN/ ตามองเห็น	0.61 m

2. การนำเข้าและจัดการข้อมูล (Data Processing)

2.1 กระบวนการจัดการภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

2.1.1 การกวาดภาพ เนื่องจากภาพถ่ายทางอากาศที่ได้อยู่ในรูปฟิล์มไดอะโพสิทีฟ (Diapositive) ขาว-ดำ ขนาด 9 นิ้ว คูณ 9 นิ้ว จึงต้องนำมาผ่านการกวาดภาพ (Scan) ด้วยเครื่อง

กวาดภาพ (Scanner)รายละเอียดสูง 15 ไมครอน บันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ประเภทรูปภาพ (Raster) นามสกุล *.tiff

2.1.2 การโยงขีดภาพ ภาพที่ได้จากการกวาดภาพ เป็นภาพธรรมดาซึ่งยังไม่มีค่าพิกัดอ้างอิง จึงต้องนำภาพมาโยงขีด (Register) ด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGE Version 8.7 เพื่อให้มีค่าพิกัดตามระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ด้วยการโยงขีดภาพจากภาพที่มีพิกัดอยู่แล้ว (Image to Image) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ปี 2545 ซึ่งมีพิกัดในระบบ UTM (WGS 84) Zone 47 เป็นฐาน (Base) ภาพที่ได้ สามารถนำไปใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากนั้น บันทึกข้อมูลที่ได้เป็นไฟล์ประเภท GeoTiff นามสกุล *.tifw

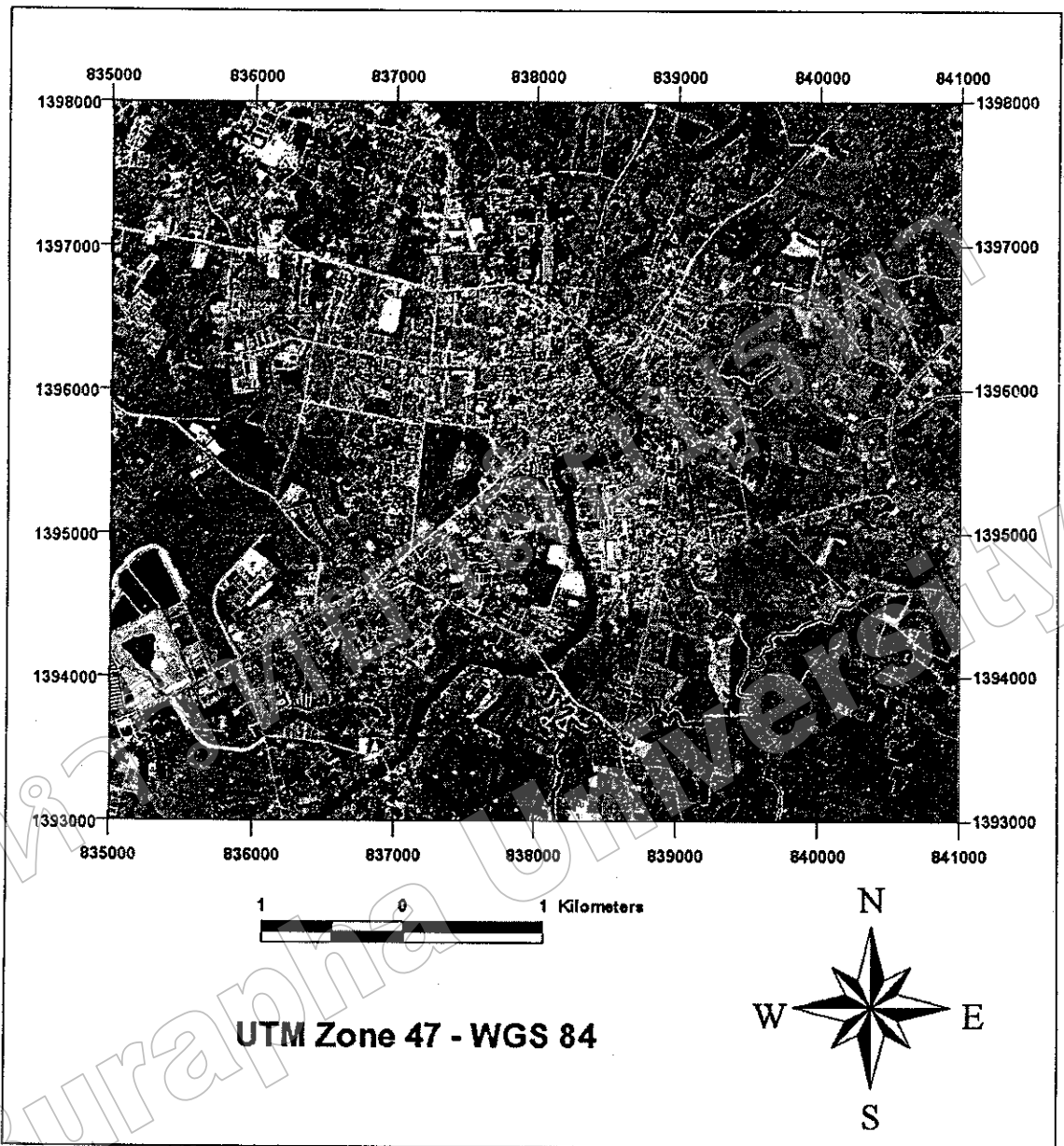
2.1.3 การต่อภาพ ภาพที่ได้จากการโยงขีด ยังไม่ได้ต่อเนื่องกัน จึงต้องนำมาต่อภาพ (Mosaic) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยตัดขอบของภาพทิ้งไป และผสานภาพเข้าด้วยกัน ด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGE Version 8.7 เช่นกัน ปี พ.ศ. 2495, 2510, 2518, 2523, 2533 และ 2539 ที่มีพิกัดของภาพตรงกับภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2545

2.1.4 การกำหนดพื้นที่ศึกษา เนื่องจากภาพที่รวบรวมได้ ประกอบด้วยปี พ.ศ. 2495, 2510, 2518, 2523, 2533 และ 2539 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่แตกต่างกัน จึงต้องนำภาพที่ได้มาซ้อนทับกัน เพื่อหาขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ตรงกันทุกปี โดยการสร้างตารางกริด ขนาดกว้างด้านละ 1 กิโลเมตร บนภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2545 ได้ภาพที่มีพื้นที่ศึกษาตรงกัน ดังนี้

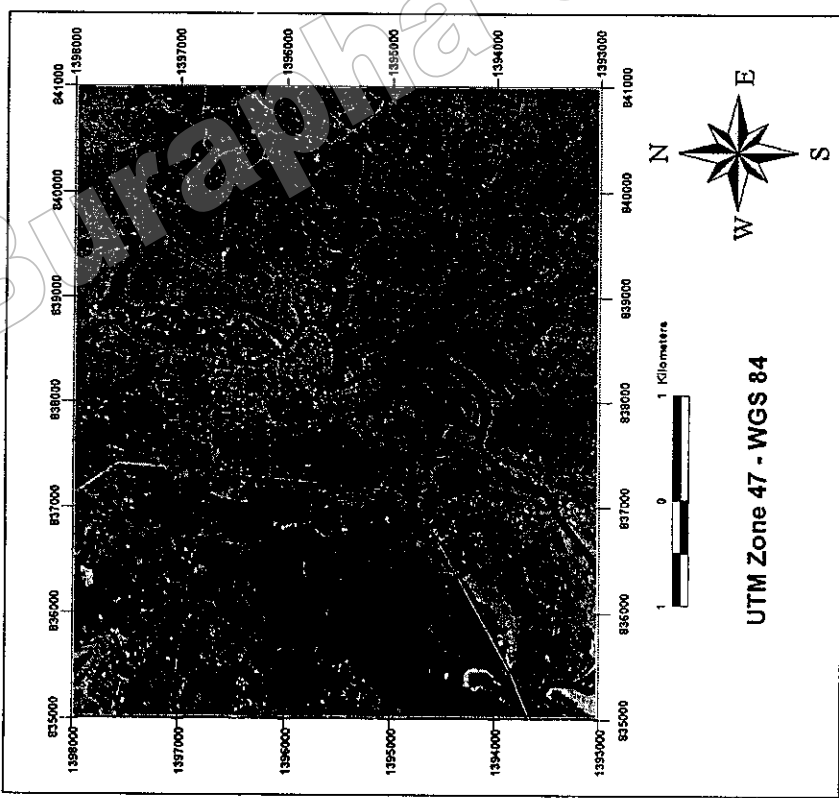
ขอบล่างซ้าย 835,000 m. E 1,393,000 m. N

ขอบบนขวา 841,000 m. E 1,398,000 m. N ดังภาพ ที่ 3-2

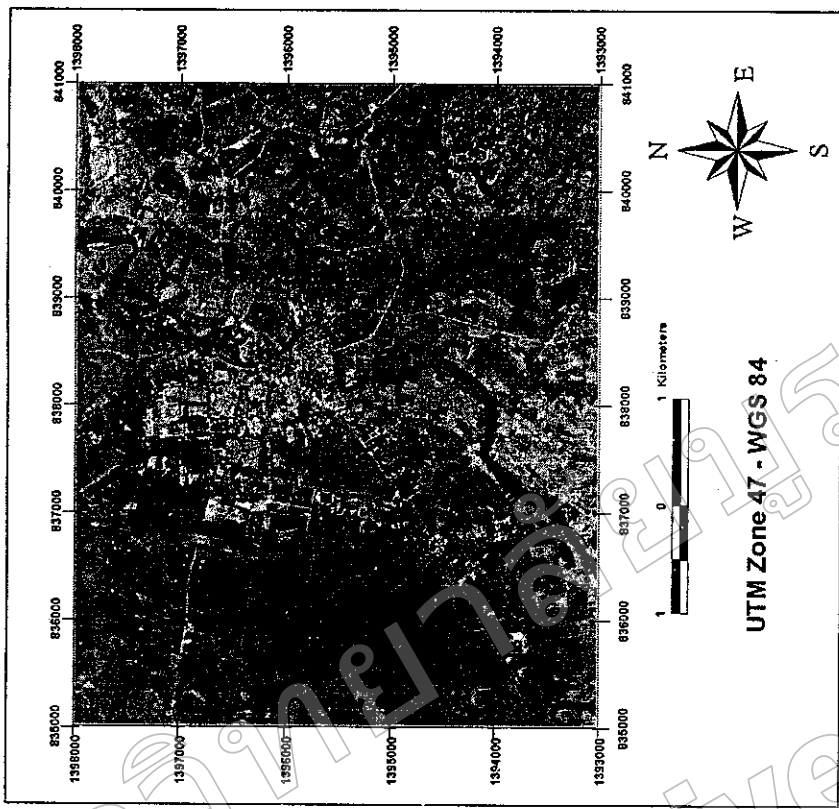
จากนั้น นำขอบเขตพื้นที่ศึกษาดังกล่าว ซ้อนทับภาพถ่ายทางอากาศทุกปี ที่ผ่านกระบวนการต่อภาพแล้วมาซ้อนทับภาพถ่ายทางอากาศแต่ละปี ให้ครอบคลุมพื้นที่ตรงกัน ได้ผลดังภาพที่ 3-3, 3-4 และ 3-5



ภาพที่ 3-2 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา จากภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ปี พ.ศ. 2545

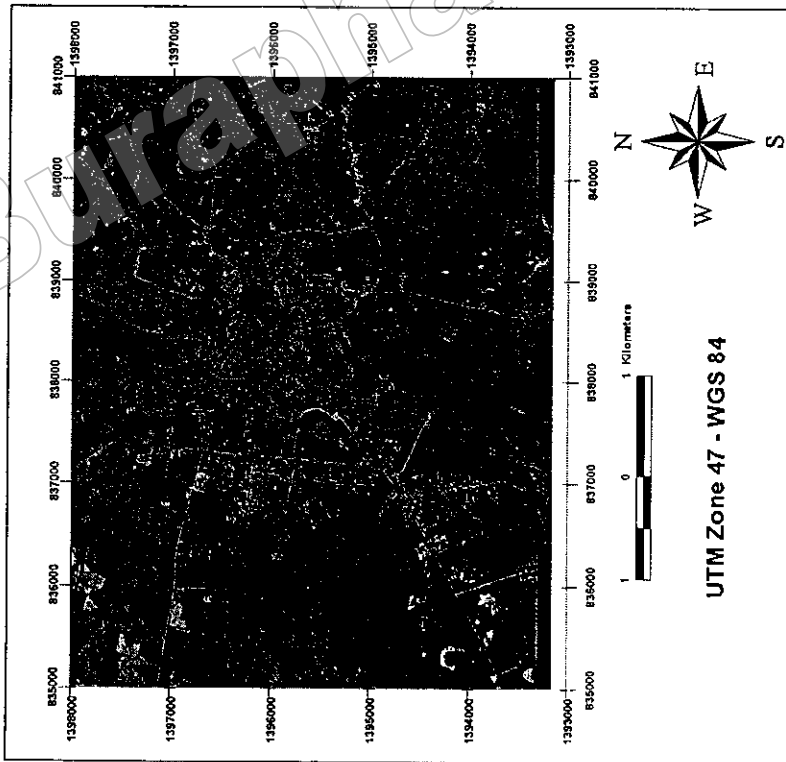


ปี พ.ศ. 2495

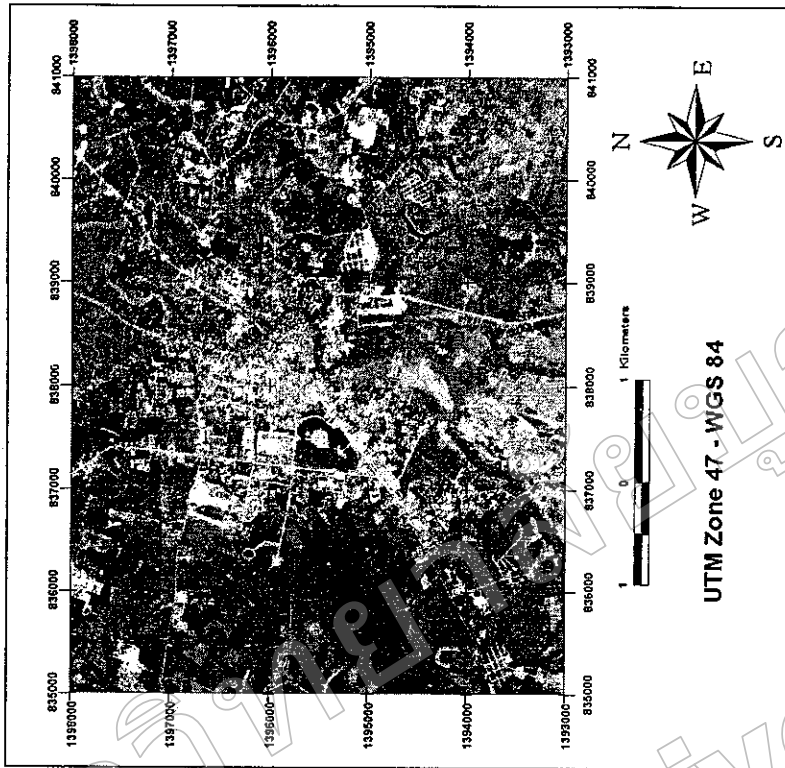


ปี พ.ศ. 2510

ภาพที่ 3-3 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณชุมชนเมืองจันทบุรี ปี พ.ศ. 2495 และ พ.ศ. 2510 ตามขอบเขตพื้นที่ศึกษา

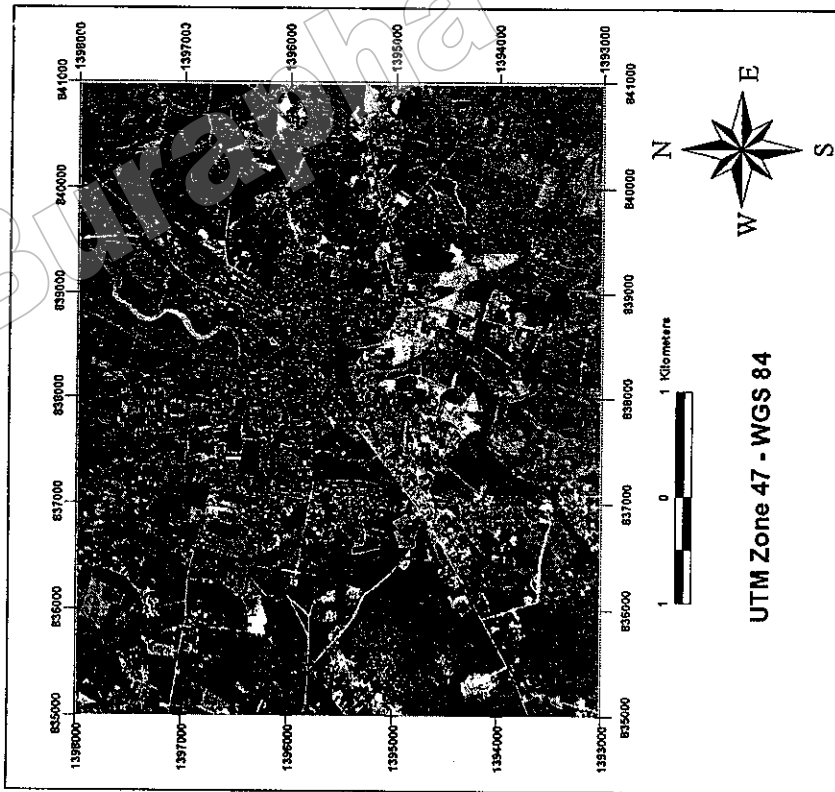


ปี พ.ศ. 2518

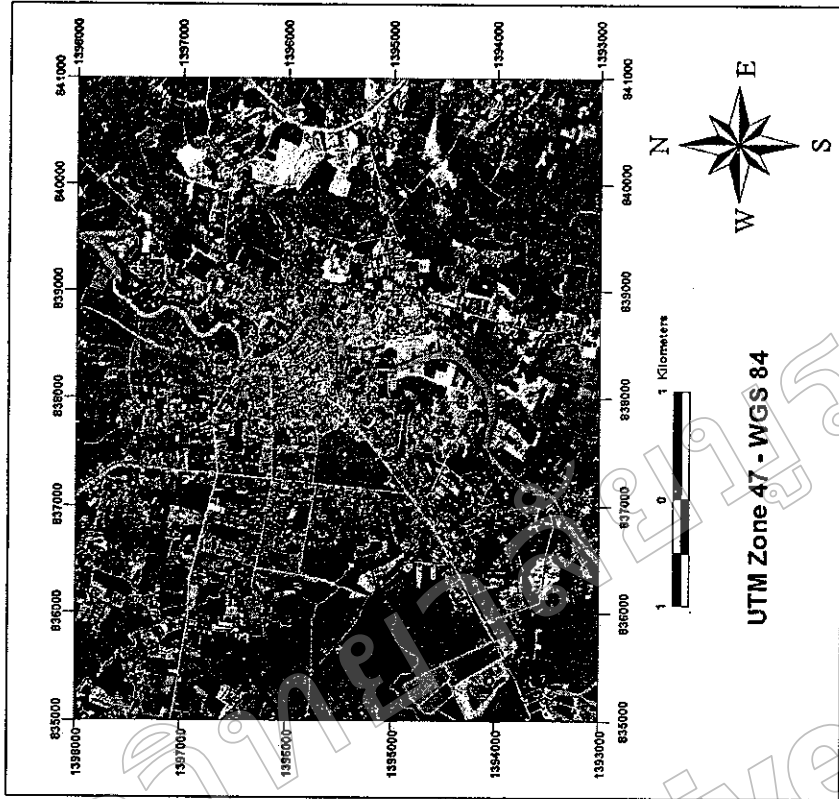


ปี พ.ศ. 2523

ภาพที่ 3-4 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณชุมชนเมืองจันทบุรี ปี พ.ศ. 2518 และ พ.ศ. 2523 ตามขอบเขตพื้นที่ศึกษา



ปี พ.ศ. 2533



ปี พ.ศ. 2539

ภาพที่ 3-5 แสดงภาพถ่ายทางอากาศบริเวณชุมชนเมืองจันทบุรี ปี พ.ศ. 2533 และ พ.ศ. 2539 ตามขอบเขตพื้นที่ศึกษา

2.2 กระบวนการการจำแนกข้อมูล (Data Classification) และนำเข้าข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Vectorize) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้

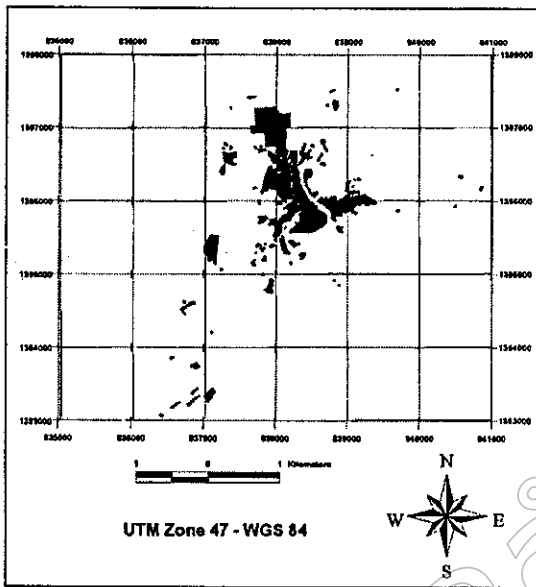
2.2.1 การจำแนกข้อมูลและนำเข้าข้อมูลเวกเตอร์ ทำได้โดยการสร้างข้อมูลพื้นที่การขยายตัวของชุมชน แต่ละปี ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในรูปเวกเตอร์ (Vector) ประเภทรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ด้วยโปรแกรม MapInfo Version 7.0 โดยวิธีการจำแนกข้อมูลด้วยสายตา (Visualize Interpretation) และให้สีของแต่ละปีแตกต่างกันไป ดังภาพที่ 3-6 และ 3-7 สำหรับเกณฑ์การพิจารณาว่าพื้นที่ใดเป็นพื้นที่ชุมชนนั้น พิจารณาจากอาคารบ้านเรือน พื้นที่กิจกรรมของมนุษย์ พื้นที่ปรับแต่งและก่อสร้างอาคารในอนาคต หรือพื้นที่ที่เกิดจากการปรับแต่งโดยมนุษย์เพื่อใช้เป็นที่ตั้งถิ่นฐาน ได้พื้นที่แต่ละปี

2.2.2 การหาปริมาณพื้นที่การเจริญเติบโตของชุมชน ทำได้โดยคำนวณหาปริมาณพื้นที่ในคอมพิวเตอร์ ด้วยคำสั่ง Update Column ในเมนู Table มีหน่วยเป็นตารางเมตร และตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

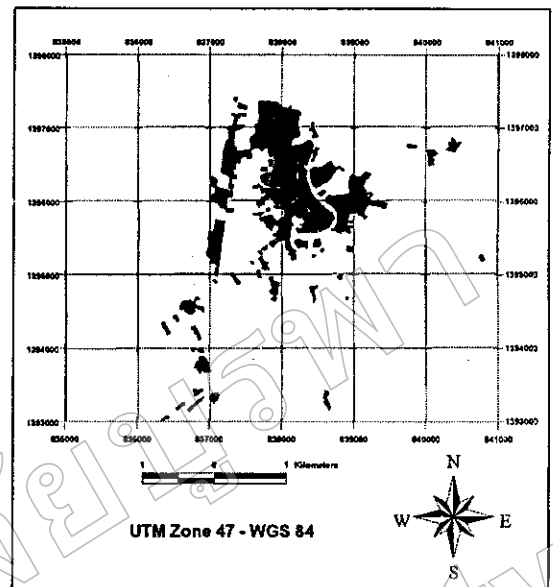
2.2.3 นำภาพที่แสดงการขยายตัวของชุมชนเมืองจันทบุรี ทั้ง 7 ปี มาวางซ้อนทับกัน (Overlay) เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นภาพการขยายตัว ดังภาพที่ 3-8

2.2.4 การแบ่งพื้นที่เป็นหน่วยย่อย โดยการสร้างตารางกริด ขนาด ช่องละ 15 เมตร คูณ 15 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ตัดพื้นที่การเจริญเติบโตของเมืองออกเป็น ส่วนย่อย ๆ ด้วยคำสั่ง Grid Maker ใน Tools Manager ของโปรแกรม MapInfo Version 7.0 เนื่องจากตาราง กริดขนาดดังกล่าว เป็นขนาดที่โปรแกรมสามารถประมวลผลข้อมูลได้ แม้ว่าความเหมาะสมของตารางกริด ขนาด ช่องละ 10 เมตร คูณ 10 เมตร จะมีความเหมาะสมกว่าในทางทฤษฎี คือมีขนาดใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัยในเมือง แต่เมื่อพิจารณาหลายปี พบว่า พื้นที่รอบนอกนิคม สร้างบ้านเดี่ยว บนพื้นที่ขนาดไม่น้อยกว่า 50 ตารางวา หรือ 200 ตารางเมตร ซึ่งสอดคล้องใกล้เคียงกับขนาดช่องละ 15 เมตร คูณ 15 เมตร

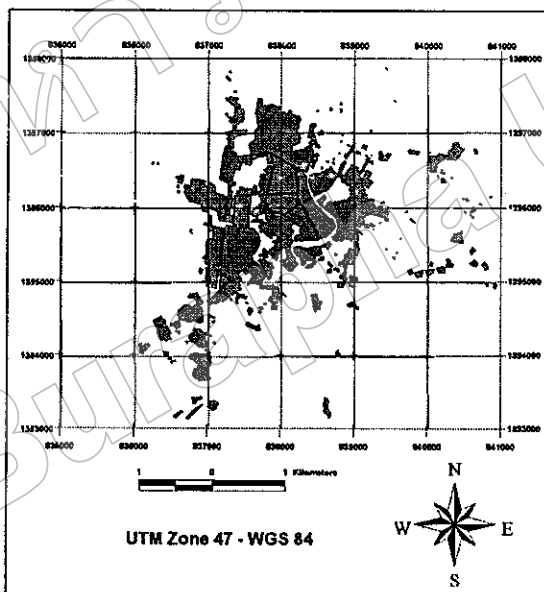
2.2.5 การสร้างหน่วยของการเจริญเติบโต (Growth Unit) ควรจัดทำข้อมูลพื้นที่การเจริญเติบโตของเมืองด้วยในรูปของจำนวนที่นับได้ ที่เป็นข้อมูลแบบจุด (Point) มิใช่ข้อมูลพื้นที่แบบรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) เพื่อการประมวลผลที่สะดวก และถูกต้องของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการตัดพื้นที่การเจริญเติบโต ด้วยตารางกริด ที่สร้างขึ้น ดังข้อ 2.2.4 ออกเป็นเซลล์ย่อย ๆ ขนาด 15 เมตร คูณ 15 เมตร ทำเช่นเดียวกันนี้กับข้อมูลทั้ง 7 ปี พร้อมจัดทำจุดศูนย์กลาง (Centroid) ด้วยคำสั่ง Coordinate Extractor ใน Tools และคำสั่ง Create Points ในเมนู Table เพื่อสร้างจุดจากค่าตัวเลข ขึ้นเป็นพิกัดในแผนที่ตามลำดับ ดังภาพที่ 3-9



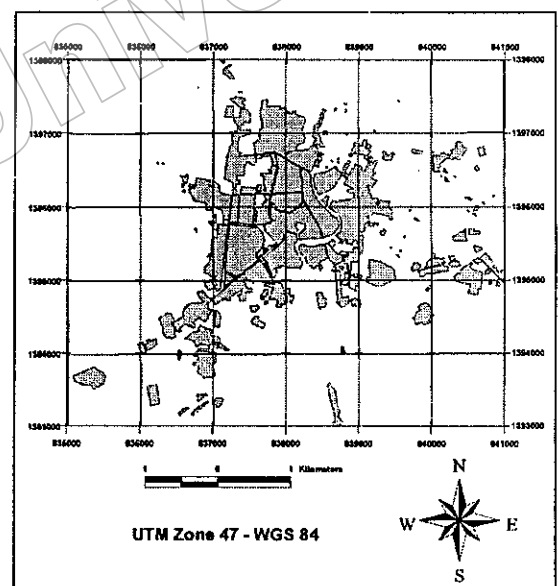
ปี พ.ศ. 2495



ปี พ.ศ. 2510

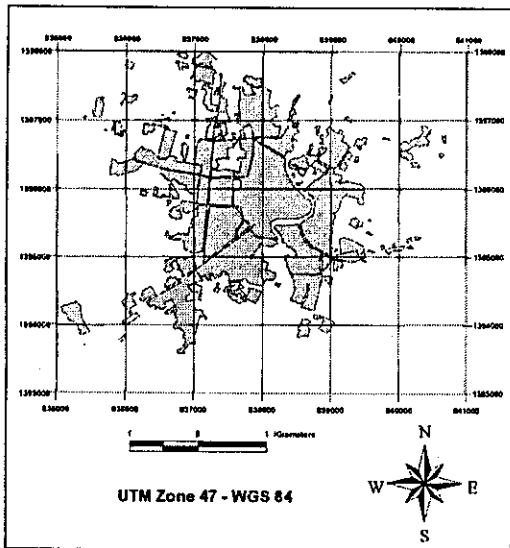


ปี พ.ศ. 2518

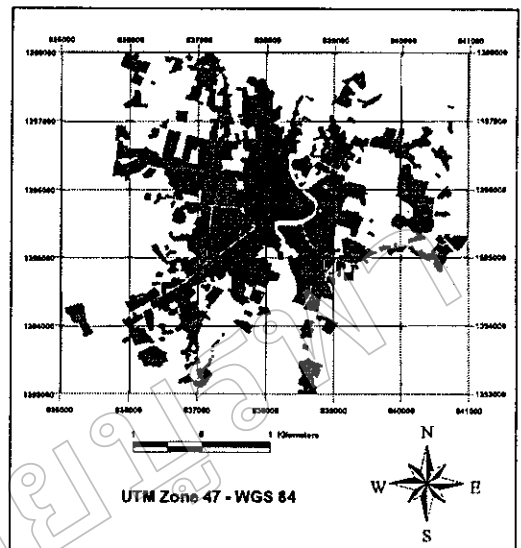


ปี พ.ศ. 2523

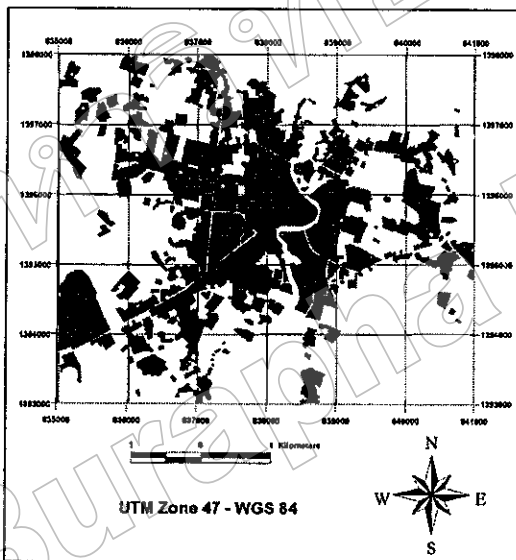
ภาพที่ 3-6 แสดงการขยายตัวของชุมชนเมืองจันทบุรีแต่ละปี พ.ศ. 2495, 2510, 2518 และ 2523



ปี พ.ศ. 2533

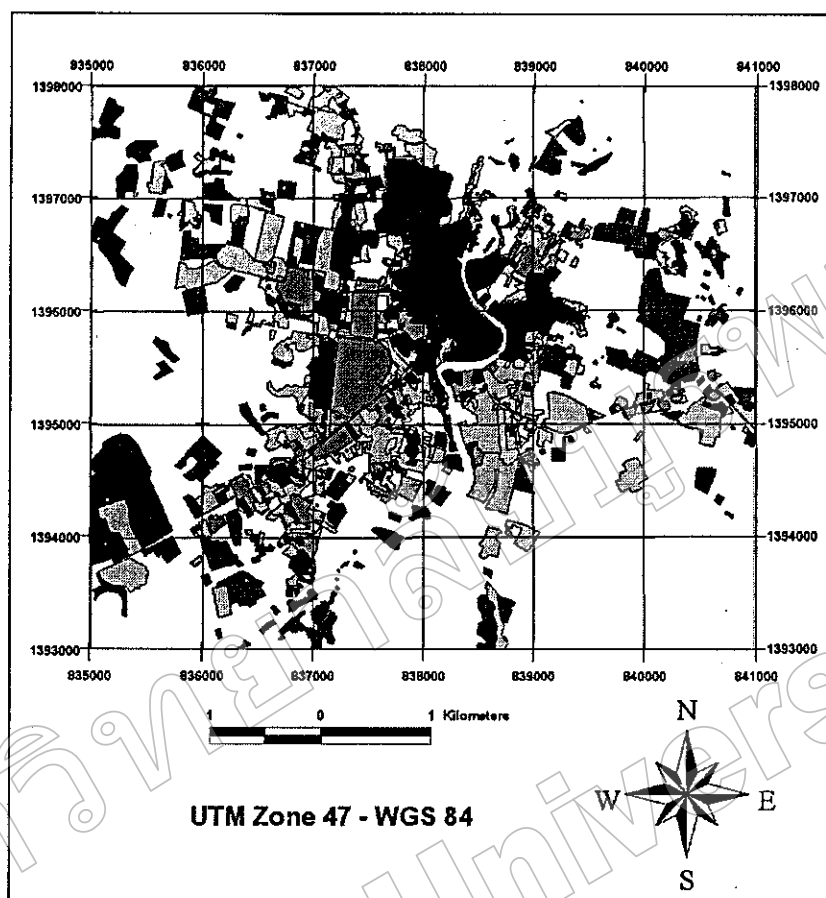


ปี พ.ศ. 2539



ปี พ.ศ. 2545

ภาพที่ 3-7 แสดงการขยายตัวของชุมชนเมืองจันทบุรีแต่ละปี พ.ศ. 2533, 2539 และ 2545



ภาพที่ 3-8 แสดงการขยายตัวของชุมชนเมืองจันทบุรี ที่ได้จากการซ้อนทับกัน (Overlay) ของภาพแต่ละปี



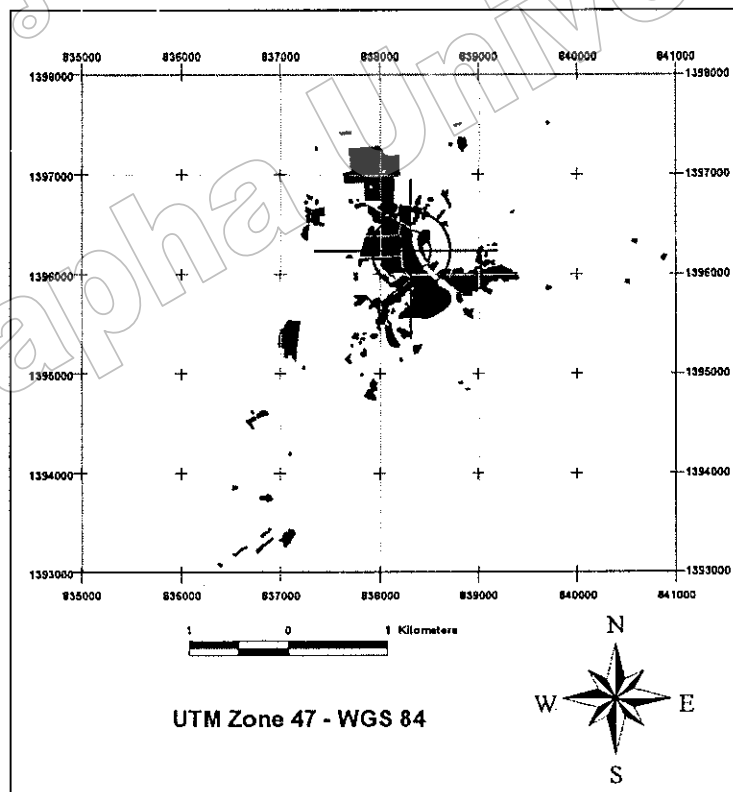
ภาพที่ 3-9 แสดงการสร้างตารางกริด ขนาด 15 เมตร กว้าง 15 เมตร และสร้างจุดศูนย์กลาง (Centroid)

2.3 การจัดทำเครื่องมือเพื่อช่วยในการวิเคราะห์ ด้วยวิธี Wind Rose Scheme

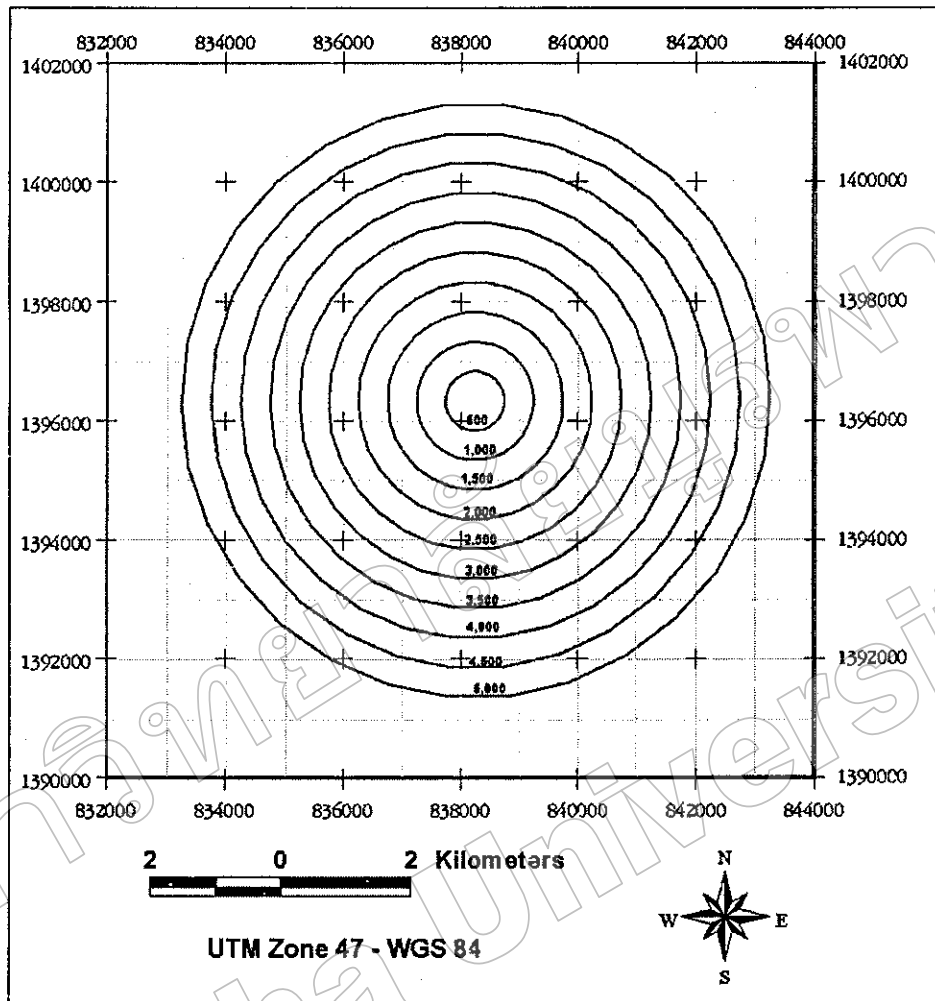
(Moeller, 2005)

2.3.1 การกำหนดจุดศูนย์กลางของเมือง ดำเนินการโดยเลือกตัวแทนจากจุดที่เป็นศูนย์กลางความเจริญด้านพาณิชยกรรมในปี พ.ศ. 2495 คือ บ้านหลวงราชไมตรี บริเวณริมแม่น้ำจันทบุรี มีค่าพิกัดเท่ากับ 838,317 m.E. และ 1,396,289 m. N. ดังภาพที่ 3-10 ซึ่งในอดีตเป็นศูนย์กลางย่านธุรกิจ และศูนย์กลางการซื้อขายแลกเปลี่ยนสินค้าที่สำคัญที่สุดของชุมชนเมืองจันทบุรีในขณะนั้น แทนการใช้จุดศูนย์กลางถ่วง (Centroid) ของพื้นที่จากปีแรกสุด ตามวิธีการของ Moeller (Moeller, 2005) ซึ่งอาจไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศของชุมชนเมืองจันทบุรี ที่มีแม่น้ำขวางกั้น และเป็นที่ราบสลับกับเนินเตี้ย ๆ

2.3.2 การสร้างวงรัศมีการขยายตัว ทำได้โดยการสร้างวงกลมที่มีรัศมีห่างกันวงละ 500 เมตร ออกจากจุดศูนย์กลาง ทั้งหมด 10 วง เพื่อเป็นตัวแทนของระยะทางที่มีการขยายตัวในแต่ละช่วงปี โดยจัดทำในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม MapInfo Version 7.0 ในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) ประเภทรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) บันทึกไว้ในไฟล์ชื่อ Fringe.tab ดังภาพที่ 3-11

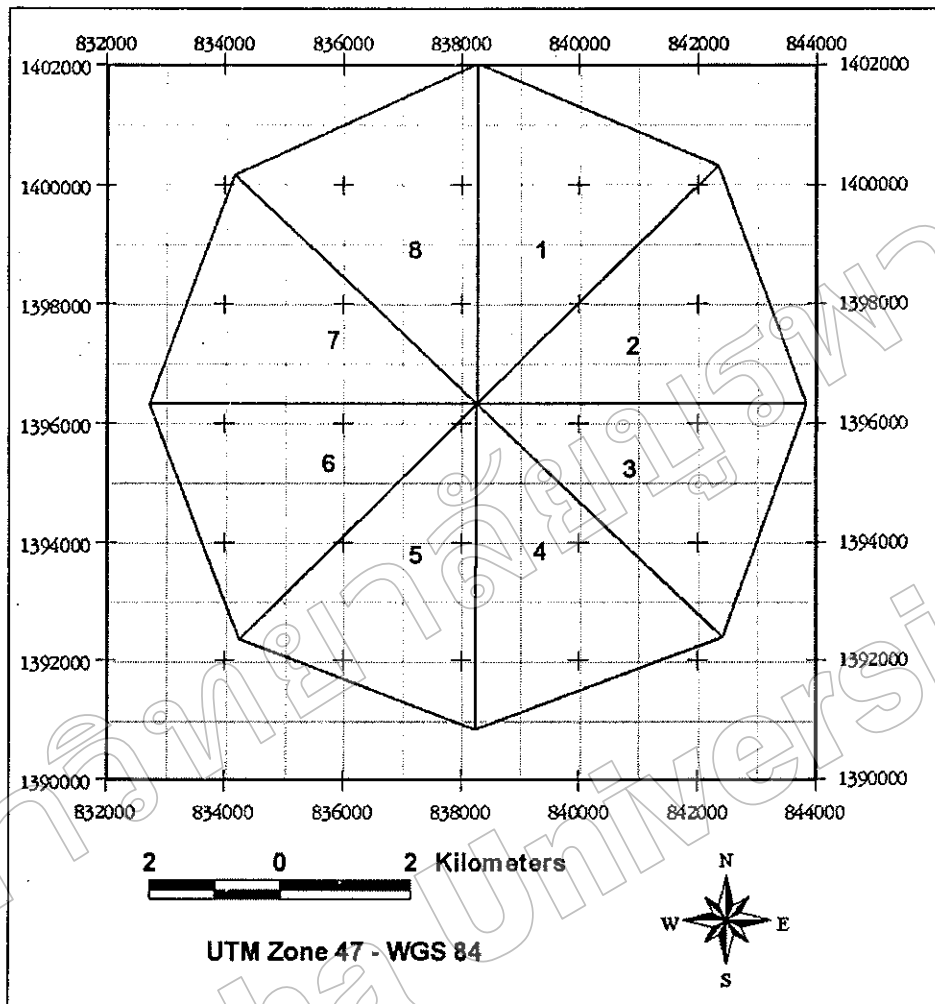


ภาพที่ 3-10 แสดงการกำหนดจุดศูนย์กลางของเมือง ที่บริเวณบ้านหลวงราชไมตรี ด้วยข้อมูลจากปี พ.ศ. 2495



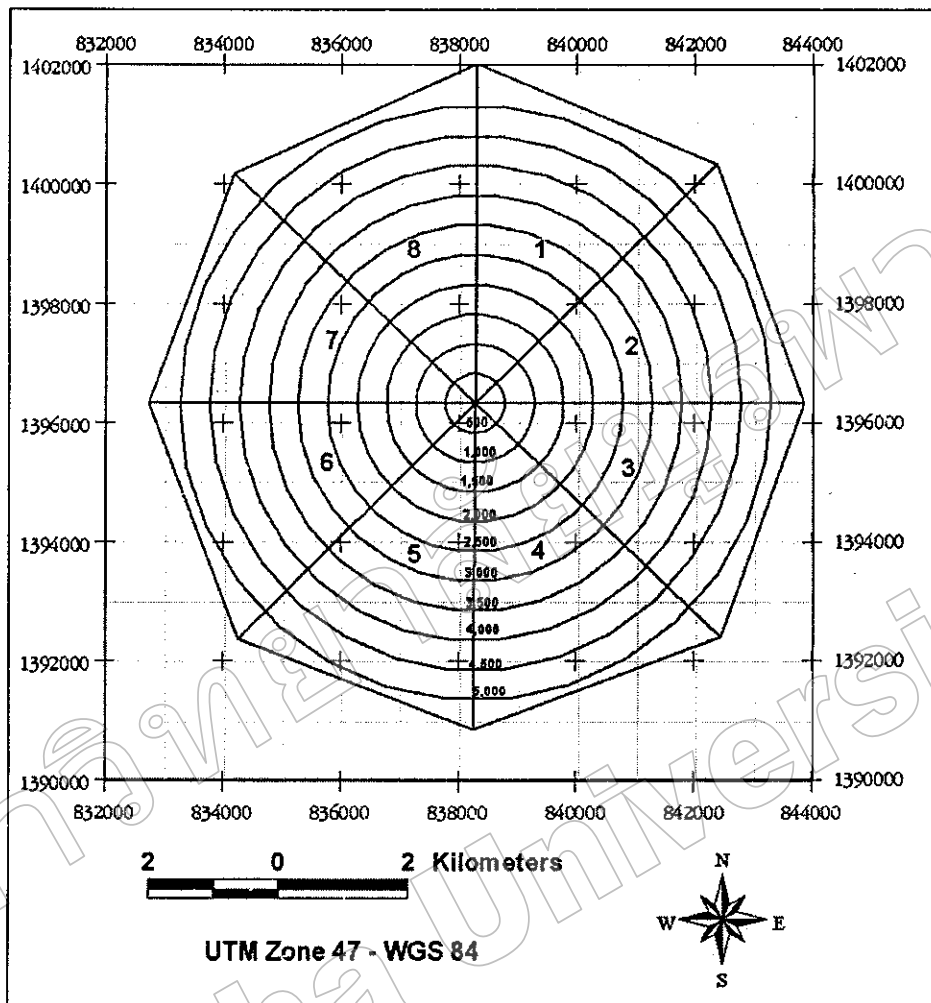
ภาพที่ 3-11 แสดงการสร้างวงกลมห่างกันวงละ 500 เมตร แทนระยะรัศมีจากศูนย์กลางเมือง

2.3.3 การสร้างเสี้ยวทิศทางการเจริญเติบโตของชุมชน ทำได้โดยการสร้างรูปแปดเหลี่ยมล้อมรอบวงกลมวงนอกสุด และแบ่งรูปแปดเหลี่ยมออกเป็นรูปสามเหลี่ยม จำนวน 8 รูป ตามค่ามุมทุก ๆ 45 องศา นับจากทิศเหนือเป็นหลัก เพื่อเป็นตัวแทนของทิศทางการขยายตัวโดยจัดทำในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม MapInfo Version 7.0 ในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) ประเภทรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) บันทึกไว้ในไฟล์ชื่อ Sector.tab ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 แสดงการสร้างรูปแปดเหลี่ยม แทนทิศทางตามเลี้ยวต่าง ๆ ของเมือง

2.3.4 นำผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 2.3.2 และ 2.3.3 มาซ้อนทับกัน (Overlay) โดยมีวงกลมทั้ง 10 วง เป็นตัวตั้ง และรูปสามเหลี่ยม 8 ชิ้น ตัดกับวงกลม ได้รูปหลายเหลี่ยม (Polygon) แบบเลี้ยววงกลม จำนวนทั้งหมด 80 รูป พร้อมทั้งตั้งชื่อให้สอดคล้องตามชื่อวง และรูปสามเหลี่ยมนั้น โดยใช้ โปรแกรม MapInfo Version 7.0 ทำให้ได้เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ที่เรียกว่า “Wind Rose Scheme” แล้วบันทึกไว้ในไฟล์ชื่อ WRS.tab ดังภาพที่ 3-13

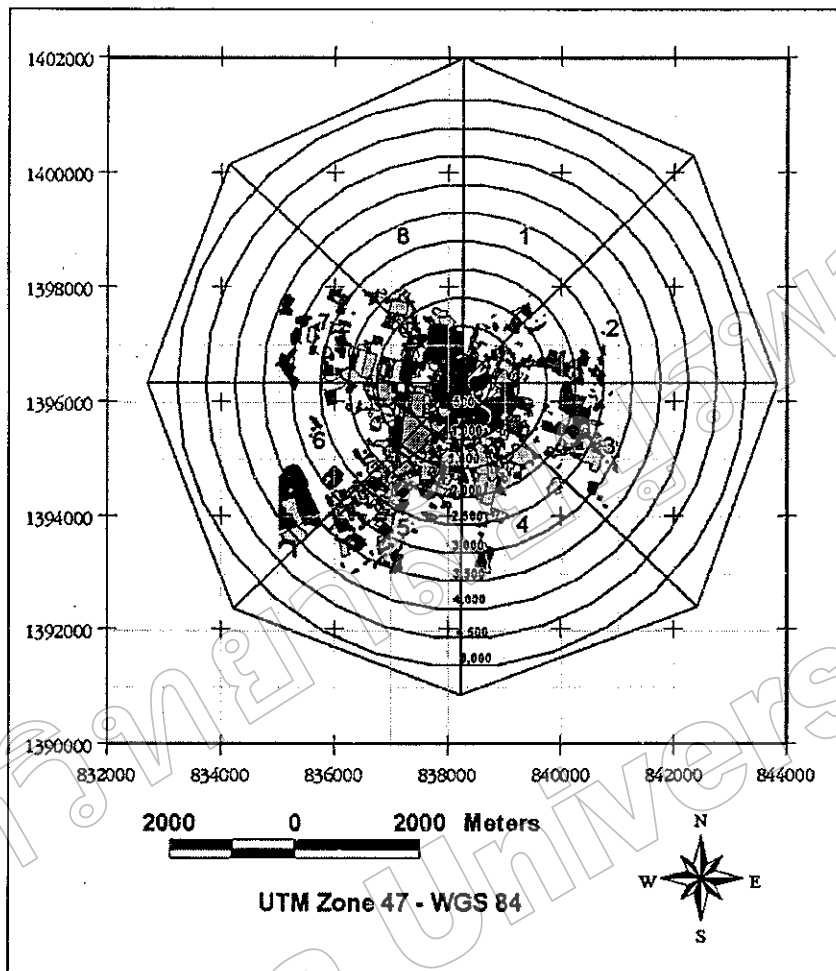


ภาพที่ 3-13 แสดงเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ ด้วยวิธี Wind Rose Scheme

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

3.1 นำข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์จาก ข้อ 2.1 และ 2.2 มาซ้อนทับกัน เพื่อหาทิศทางการเจริญเติบโต และรัศมีการตั้งถิ่นฐาน ที่วัดจากศูนย์กลางเมือง ออกไป ดังภาพที่ 3-14

จากนั้น คำนวณหาจำนวนหน่วยการเจริญเติบโตของเมือง ที่อยู่ในแต่ละวง และแต่ละสี่เหลี่ยมทิศทาง ด้วยคำสั่ง Update Column ได้ผลลัพธ์จากการนับจำนวนหน่วยการเจริญเติบโต จำแนกประเภทตามวงรัศมีและตามสี่เหลี่ยมต่าง ๆ ของเมือง ดังภาพที่ 3.15 นำไปใช้ประกอบการวิเคราะห์หาทิศทาง และรูปแบบการเจริญเติบโตของเมืองต่อไป พร้อมจัดทำกราฟเพื่อสะดวกแก่การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย สำหรับตารางแสดงผลการวิเคราะห์ แสดงไว้ในภาคผนวก



ภาพที่ 3-14 แสดงการซ้อนทับพื้นที่การขยายตัวของเมืองแต่ละปี ด้วยเครื่องมือ

Wind Rose Scheme

3.2 การซ้อนทับข้อมูลภาพถ่ายของเมือง โดยนำข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ได้จากกรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งประกอบด้วยชั้นข้อมูลจำนวนหลายชั้น มาจำแนกรายละเอียด และแสดงข้อมูลถนน แหล่งน้ำผิวดิน และเส้นชั้นความสูง เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์หาทิศทาง และรูปแบบการเจริญเติบโตของเมือง รวมทั้ง ประกอบการศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

3.3 การหาอัตราการเจริญเติบโตต่อหน่วยพื้นที่ คือการหาอัตราการเจริญเติบโตของชุมชนเมืองในแต่ละปี ต่อหน่วยพื้นที่ที่เมืองขยายตัวไป เนื่องจากการขยายตัวของวงรัศมีออกไปวงละ 500 เมตรนั้น เมื่อเทียบพื้นที่ของแต่ละวงรัศมี ($\text{Ring Area} = A_n$) แล้ว จะเห็นว่า วงนอกมีขนาดพื้นที่มากกว่าวงในเสมอ ตามสูตรการคำนวณหาพื้นที่วงแหวน ดังนี้

MapInfo Professional [WIS 2 Browser]

File Edit Tools Objects Query Table Options Browse Window Help

Ring	Radius	Dist. Units	Area	Area Units	Sector	Name	No. 2486	No. 2519	No. 2518	No. 2523	No. 2533	No. 2535	No. 2546
01	500	meters	779,884.12	square meters	7	7,500	260	367	422	436	437	437	437
01	500	meters	779,884.12	square meters	5	5,500	343	483	456	455	439	439	439
01	500	meters	779,884.12	square meters	8	8,500	398	473	477	480	455	455	455
01	500	meters	779,884.12	square meters	4	4,500	425	408	428	428	398	398	394
01	500	meters	779,884.12	square meters	3	3,500	112	247	264	254	247	245	185
01	500	meters	779,884.12	square meters	2	2,500	134	260	300	300	296	283	228
01	500	meters	779,884.12	square meters	1	1,500	250	349	355	356	333	333	333
01	500	meters	779,884.12	square meters	6	6,500	308	428	437	434	435	435	435
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	7	7,1000	202	538	584	641	652	651	610
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	5	5,1000	498	754	1,088	1,186	1,243	1,243	1,243
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	8	8,1000	952	1,226	1,241	1,230	1,375	1,350	1,117
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	4	4,1000	713	968	1,080	1,141	1,145	1,145	1,143
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	1	1,1000	35	94	189	250	280	340	321
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	3	3,1000	861	926	1,022	1,067	1,109	1,103	1,080
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	2	2,1000	23	74	587	700	840	1,006	1,072
02	1,000	meters	2,336,868.88	square meters	6	6,1000	39	317	886	1,107	1,191	1,181	1,181
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	7	7,1500	83	437	525	572	1,185	1,411	1,516
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	5	5,1500	213	310	1,407	1,589	1,840	1,914	1,977
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	8	8,1500	100	254	448	526	1,023	1,080	1,073
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	4	4,1500	50	121	562	1,029	1,714	1,771	1,783
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	1	1,1500	92	0	27	35	51	299	299
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	3	3,1500	133	212	368	434	652	840	874
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	2	2,1500	8	0	127	146	297	803	824
03	1,500	meters	3,898,412.22	square meters	6	6,1500	118	629	1,815	1,877	1,914	2,001	2,001
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	7	7,2000	0	0	54	54	992	1,291	1,374
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	5	5,2000	119	277	1,020	1,371	2,364	2,461	2,607
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	8	8,2000	0	0	30	109	894	904	902
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	4	4,2000	16	95	227	883	1,852	2,106	2,218
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	1	1,2000	0	0	5	0	87	265	265
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	3	3,2000	14	0	73	113	157	854	1,018
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	2	2,2000	8	183	254	254	307	920	920
04	2,000	meters	5,457,747.02	square meters	6	6,2000	153	214	370	411	1,184	1,451	1,434

records 1 - 32 of 80

ภาพที่ 3-15 แสดงลักษณะตารางของ Wind Rose Scheme และผลการนับจำนวนหน่วย
การเจริญเติบโต

$$A_n = \pi (r_n^2 - r_{n-1}^2)$$

เมื่อ A_n คือ พื้นที่ของวงแหวน วงที่ n
 r คือ ระยะรัศมีจากศูนย์กลางเมือง (เมตร)

ส่วนพื้นที่การขยายตัวของชุมชน (Settlement Area = S_n) ได้จากการนำจำนวนหน่วยการเจริญเติบโต (Growth Unit) มาคูณกับขนาดพื้นที่ 225 ตารางเมตร หรือจากตารางกริดขนาด 15 เมตร คูณ 15 เมตร นั่นเอง และอัตราส่วนการขยายตัวของชุมชน ต่อหน่วยพื้นที่ คือ การหาพื้นที่การขยายตัวของชุมชน เทียบกับ พื้นที่ของวงแหวนแต่ละวง (S_n / A_n) นั่นเอง โดยการคำนวณและแสดงผลลัพธ์ในรูปตารางข้อมูล ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel พร้อมจัดทำกราฟ เพื่อประกอบการวิเคราะห์ผลต่อไป สำหรับตัวอย่างการคำนวณ แสดงไว้ในภาคผนวก ก