การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บริเวณชั้นตะวันออกของกรุงเทพมหานคร

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR LANDUSE AND LANDCHANGE STUDY AT EASTERN OF BANGKOK

นุชรี บุญนปลง

NUTCHAREE BOONPLANG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-973-9

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR LANDUSE AND LANDCHANGE STUDY AT EASTERN OF BANGKOK

นุจรี บุญแปลง
NUTCHAREE BOONPLANG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....43736
วัน, เดือน, ปี.....30 ก.ย. 2545

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2545

ISBN 974-648-973-9

APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FOR LANDUSE AND LANDCHANGE STUDY AT EASTERN OF BANGKOK

NUTCHAREE BOONPLANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002

ISBN 974-648-973-9

COPYRIGHT 2002
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาการใช้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร
นักศึกษา	นางสาวนุจรี บุญแปลง
รหัสประจำตัว	38065500
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	ปฐพีวิทยา
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.เชาวลิต ศิลปทอง
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ.2530-พ.ศ.2539 โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM บันทึกเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 วันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534 และวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการจำแนกข้อมูลแบบ Supervised Classification และทฤษฎีการจำแนกข้อมูล Maximum Likelihood Classifier ในพื้นที่ศึกษา 1485 ตารางกิโลเมตร ในการตรวจสอบความถูกต้องของการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับแผนที่จากตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ โดยใช้แผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมที่บันทึก วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539 เปรียบเทียบกับแผนที่อ้างอิงที่ได้จากการตีความจากภาพถ่ายทางอากาศที่บันทึกในปี พ.ศ.2539 มาตราส่วน 1:50000 พบว่า มีค่า overall accuracy เท่ากับ 75.87% และพบว่ามีความสับสนในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินโดยเฉพาะบริเวณที่เป็นนาข้าว เนื่องจากได้มีการจำแนกเอาประเภทการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย บริเวณน้ำขังเข้ามารวมในการใช้ที่ดินประเภทนาข้าว เนื่องจากระยะการเจริญเติบโตของข้าวมีอยู่หลายระยะ ทั้งช่วงหว่านข้าว ปักดำ ข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ และระยะการเก็บเกี่ยว ซึ่งแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีผลต่อลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน จากการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณที่ศึกษา พบว่า ประเภทการใช้ที่ดินเพื่อการทำนาปลูกข้าวมีพื้นที่ลดลงตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ส่วนการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยมี

แนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ทั้งนี้เนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น รวมถึงนโยบายของรัฐที่มุ่งขยายอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ที่ดิน โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล พบว่า พื้นที่ทำนาลดลงในช่วง พ.ศ.2530-2539 พบว่า พื้นที่ทำนาเปลี่ยนไปเป็นแหล่งน้ำ 269.36 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย 139.12 ตารางกิโลเมตร ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ 27.9 ตารางกิโลเมตร พื้นที่โล่งเตียน 16.66 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่อื่นๆ 36.81 ตารางกิโลเมตร ทั้งๆ ที่ พื้นที่ที่ปรากฏเป็นแหล่งน้ำ พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยบางบริเวณยังคงเป็นพื้นที่นาข้าวอยู่ เนื่องจากความสับสนจากการสะท้อนแสงของพื้นที่นาข้าวในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ทำให้บริเวณที่เป็นแหล่งน้ำจริงกับพื้นที่เตรียมแปลงสำหรับปลูกข้าว พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยกับบริเวณพื้นที่นาที่เตรียมการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวมีลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุคลุมดินที่ใกล้เคียงกันมาก ทำให้เกิดการสับสนในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่สำคัญ คือการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในบริเวณนั้นและนโยบายของรัฐบาลในการมุ่งขยายอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยมีเป้าหมายอยู่ที่ภาคอุตสาหกรรม การขนส่งและภาคบริการต่างๆ ซึ่งจะไปสนับสนุนให้เกิดการย้ายถิ่นเข้ามาประกอบอาชีพ

จากการศึกษาพบว่า เกิดความสับสนในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินที่เกิดจากการสะท้อนแสงที่คล้ายคลึงกันของวัตถุคลุมดินต่างชนิดกัน เช่น พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยกับพื้นที่ปลูกข้าวในระยะที่เก็บเกี่ยวหรือหลังการเก็บเกี่ยว การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขังกับพื้นที่ปลูกข้าวในระยะดำนา และพื้นที่ปลูกข้าวที่เจริญเติบโตเต็มที่และข้าวปกคลุมดินทั้งหมดกับไม้ยืนต้นและพืชพรรณ เป็นต้น

Thesis Title	Application of Remote Sensing Data and Geographic Information System for Landuse and Landchange Study at Eastern of Bangkok
Student	Miss Nutcharee Boonplang
Student ID.	38065500
Degree	Master of Science
Programme	Soil Science
Year	2002
Thesis Advisor	Dr.Chaowalit Silapathong
Thesis Co-advisor	Assoc.Prof.Dr. Sumitra Poovarodom

ABSTRACT

The Application of remote sensing data and geographic information system for landuse and landcover change at Eastern Bangkok, period from 1987 to 1996. A study area is 1485 km^2. The Landsat 5 TM data were recorded by Thailand Remote Sensing Center (TRSC), Nation Research Council of Thailand (Path 129, Row 051) on 9 December 1987, 18 January 1991 and 17 February 1996. The analysis classification of Landsat data was undertaken with computer plus manual assistance in the form of Supervised Classification algorithms and Maximum Likelihood Classifier. Error matrix was applied in this study for assessing landuse/landcover map accuracy by a comparison between classification result from remote sensing data on 1996 with aerial photographs of the study area that were acquired by Royal Thai Survey Department on 1996 (1:50000 scale). The overall accuracy levels for the 1996 image is 75.87%. Confusion between different landuse/land cover types can be observed in the error matrix table, especially paddy field. This has resulted from differences in spectral signatures of various surface covers and stages of growing agriculture. Some development land and water were misclassified as belonging to a paddy field. There is some confusion between development land and dry paddy field, because they have very similar spectral reflectance characteristics. And confusion occurs again between water and the stage before transplantation and therefor water bodies were misclassified as belonging to paddy field.

Geographic information system overlay techniques indicated that paddy field has decreased area by about 310 km^2 between 1987 and 1991, and 158 km^2 from 1991 to 1996. While the areal extent of development land has increased in study period due to a rapidly growing population and the state policy. From the decreased paddy field analysis, period from 1987 to 1996, a paddy field decreased to water bodies, development land, tree, bare soil and miscellaneous were 269.36 km^2, 139.12 km^2, 27.9 km^2, 16.66 km^2 and 36.81 km^2, respectively. In the fact that water bodies and development land still interpreted as paddy field due to the same of reflection.

The increasing population and political-economic institution are the reason for land use change in study area. Especially, political-economy, it support the immigration to work.

There are the confusion between one cover type and another that results from similarities in spectral signatures between some surface cover type due to natural vegetation.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาเกี่ยวกับระบบข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล ขั้นตอนและเทคนิคในการวิเคราะห์ รวมทั้งได้ตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องของวิทยานิพนธ์จาก ดร.เชาวลิต ศิลปทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ ทั้งเวลาและความรู้จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือแก้ไขและให้คำแนะนำในบางกรณีที่ข้าพเจ้ามีปัญหา รวมทั้งช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจวิธีการ การเรียงลำดับ และขั้นตอนการเขียนวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และบุคคลากรในภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านที่ให้กำลังใจ ให้ความห่วงใยในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณจงรักษ์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูล

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ-คุณแม่ ผู้ให้กำเนิด ให้การอบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ จนกระทั่งข้าพเจ้าประสบผลสำเร็จในการศึกษาและการทำงานจนถึงขณะนี้ ขอบคุณน้องชายที่ให้ความห่วงใยและให้กำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นุจรี บุญแปลง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 หลักการเบื้องต้นของการสำรวจจากระยะไกล 3

2.1.1 ความหมาย "การสำรวจข้อมูลระยะไกล" 3

2.1.2 แหล่งพลังงานและการแผ่รังสี 4

2.1.3 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ 7

2.1.4 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก 8

2.1.5 การสะท้อนพลังงานของพืช ดินและน้ำ 10

2.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 13

2.2 การทดสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม 18

2.2.1 การหาพื้นที่ทดสอบ 20

2.2.2 Confusion Matrix หรือ Error Matrix 21

2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 22

2.3.1 ความหมายของ "ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์" 22

2.3.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 23

2.3.3 การจัดการข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 24

2.3.4 โครงสร้างข้อมูลสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 การใช้ที่ดิน ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์..... 29

2.4.1 ความหมายของ "การใช้ที่ดิน" 29

2.4.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 31

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 37

บทที่ 3 กรุงเทพมหานครกับการใช้ที่ดิน 46

3.1 ความสำคัญ..... 46

3.2 พื้นที่ศึกษา 52

3.2.1 ลักษณะภูมิศาสตร์ 52

3.2.2 ดิน 53

3.2.3 น้ำผิวดินและน้ำบาดาล 54

บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย 57

4.1 อุปกรณ์และข้อมูล 57

4.2 วิธีการ 57

4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและการจัดการข้อมูลดาวเทียม 57

4.2.2 ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับผลการตีความภาพถ่ายทางอากาศ 61

4.2.3 ขั้นตอนที่ 3 การจัดการฐานข้อมูลและการศึกษาการเปลี่ยนแปลง .. 62

บทที่ 5 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล 65

5.1 ประเภทของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา 66

5.2 การตรวจสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับผลการตีความภาพถ่ายทางอากาศ 68

5.3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา 72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 79

บรรณานุกรม 84

ภาคผนวก ก ระบบการจำแนกการใช้ที่ดิน (Land Use Classification) 96

ตารางที่ 1 ระบบการจำแนกการใช้ที่ดิน (Land Use Classification) 97

ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM 106

แสดงรายละเอียดของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM

บันทึกวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 107

ภาพที่ 1 ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM แบนด์ 5 3 2 (RGB) ของบริเวณ

พื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 112

แสดงรายละเอียดของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM

บันทึกวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534 113

ภาพที่ 2 ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM แบนด์ 5 3 2 (RGB) ของบริเวณ

พื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534 118

แสดงรายละเอียดของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM

บันทึกวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539 119

ภาพที่ 3 ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM แบนด์ 5 3 2 (RGB) ของบริเวณ

พื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539 124

ภาคผนวก ค 125

ภาพที่ 1 แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2530 126

ภาพที่ 2 แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2534 127

ภาพที่ 3 แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2539 128

ภาคผนวก ง 129

รายงาน Metadata ระดับที่ 1 130

ประวัติผู้เขียน 142

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงข้อได้เปรียบและเสียเปรียบระหว่างโครงสร้างข้อมูลเชิงเส้นและข้อมูลเชิงกริด..... 28

4.1 แสดงรายละเอียดของของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM ที่ใช้ในการศึกษา 58

5.1 แสดงรายละเอียดของประเภทการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา 67

5.2 แสดงการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษาในปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 68

5.3 แสดงผลของการตรวจสอบความถูกต้องของผลการแปลและวิเคราะห์ข้อมูล
ดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับผลการแปลและตีความภาพถ่ายทางอากาศ 69

5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ระหว่าง พ.ศ.2530-2534,
พ.ศ.2534-2539 และ พ.ศ.2530-2539 73

5.5 สรุปการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่ศึกษา
ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 75

5.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2530-2534)..... 75

5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2534-2539)..... 76

5.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา (พ.ศ.2530-2539) 76

5.9 แสดงความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร)
บริเวณพื้นที่ศึกษาในช่วงปี พ.ศ.2530-2539 77

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงการแผ่พลังงานของเทหวัตถุที่อุณหภูมิต่างๆ 7

2.2 แสดงปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก 9

2.3 แสดงความสัมพันธ์ของการสะท้อนพลังงานของพืช ดินและน้ำ 11

3.1 แสดงพื้นที่ศึกษา 56

4.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา 64

5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย พื้นที่ปลูกข้าว (paddy field) เปรียบเทียบกับความหนาแน่นของประชากร (คนต่อตารางกิโลเมตร) ของแต่ละเขตและอำเภอในบริเวณพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ.2530-2539 79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ โดยมนุษย์เป็นผู้กำหนดลักษณะการใช้ที่ดินว่าจะเป็นไปในรูปแบบใด เช่น ใช้ทำการเกษตรกรรม ก่อสร้างอาคารบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม หรือสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เป็นต้น เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น หรือรัฐบาลมีนโยบายในการพัฒนาพื้นที่หรือมีนโยบายพัฒนาอุตสาหกรรม ทำให้บางพื้นที่ซึ่งประชาชนเคยมีความเป็นอยู่ที่เรียบง่ายกลายเป็นบริเวณที่ประชาชนมีชีวิตแบบสังคมเมืองซึ่งเป็นสังคมที่มีกิจกรรมที่ซับซ้อน มีการใช้ที่ดิน และมีการคมนาคมขนส่งที่หนาแน่นขึ้น ทำให้จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นและมีการอพยพของประชากรจากบริเวณอื่นเข้ามาเพื่อหางานทำ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหามากมายทั้งทางด้านกายภาพและสังคม (Higgs. 1979) จากการศึกษาของ Suvit, *et. al.* (1991) และ ปิติพงศ์ พึ่งบุญ ณ อยุธยา (2538) กล่าวว่า ประเทศไทยมีพื้นที่มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้ประโยชน์ในการเกษตร โดยส่วนใหญ่จะใช้ปลูกข้าว แต่ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาพื้นที่เหล่านี้เปลี่ยนไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ แทน เช่น กลายเป็นพื้นที่ชุมชน นิคมอุตสาหกรรม สถานที่ให้ความบันเทิง พักผ่อนหย่อนใจ สนามกอล์ฟ หรือรีสอร์ท เป็นต้น นอกจากนี้แล้วสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พื้นที่เกษตรถูกเปลี่ยนไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น คือปัญหาราคาข้าวตกต่ำ ปัญหาการควบคุมโรคและแมลง และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม นอกจากนั้นราคาที่ดินที่สูงขึ้นมากเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

กรุงเทพมหานคร ก็เช่นเดียวกับเมืองใหญ่ๆ ในส่วนอื่นของโลกที่การเจริญเติบโตของเมืองเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทั้งในการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของพื้นที่เขตเมือง ทำให้มีการเพิ่มที่อยู่อาศัยในรูปของบ้านจัดสรรขยายตัวออกไปด้านชานเมืองเกิดเป็นชุมชนย่อยๆ เกิดขึ้นและการขยายตัวนี้ได้เพิ่มขึ้นตามลำดับ รายงานแผนการใช้ที่ดินกรุงเทพมหานคร (2535) ซึ่งศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลปี 2527 พบว่าโรงงานอุตสาหกรรมมีแนวโน้มกระจายสู่เขตรอบนอกมากขึ้น เนื่องจากมีการคมนาคมสะดวกและมีทางหลวงเชื่อมกับจังหวัดต่างๆ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมสำหรับการทำนาและทำสวนผลไม้ เมื่อมีการกระจายโรงงานออกรอบนอก พื้นที่สำหรับอยู่อาศัยก็จะขยายตามออกไปด้วยเช่นกัน ทั้งนี้อัตราการขยายตัวขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยพื้นที่อยู่อาศัยจะถูกขยายไปในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะพื้นที่ทำนา การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว และการพัฒนาเมือง

ที่ปราศจากการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แน่ชัด ทำให้เกิดความสับสนและขัดแย้งกันระหว่างกิจกรรมต่างๆ รวมทั้งการกระจายตัวที่ไม่สมดุล ยังผลให้การให้บริการสาธารณูปโภคต่างๆ ไม่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาพื้นที่เพื่อเป็นที่พักอาศัย และ โรงงานอุตสาหกรรม ปะปนกันจนทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม (วิรัตน์ และคณะ. 2535; ปิติพงศ์ พึ่งบุญ ณ อยุธยา. 2538)

จากที่กล่าวมาแล้วจะพบว่า ปัญหาต่างๆ ของการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม คือ การขาดข้อสนเทศเกี่ยวกับการใช้ที่ดิน (land use information) ที่สำคัญ เช่น ประเภทของการใช้ที่ดิน ขอบเขตพื้นที่ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ตำแหน่งที่ตั้งของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และบริเวณพื้นที่ที่สามารถจะทำการพัฒนาได้ เป็นต้น ในอดีตนั้นข้อสนเทศเหล่านี้ส่วนใหญ่ได้มาจากภาพถ่ายทางอากาศ ที่มีกระบวนการทำงานช้าและมีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอนที่ใช้เวลา เมื่อได้ข้อสนเทศมาแล้วขั้นตอนการนำมาใช้ก็ยุ่งยาก และที่สำคัญคือข้อสนเทศที่ได้ไม่ทันต่อเหตุการณ์ แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาข้อมูลดาวเทียมซึ่งส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาเป็นแหล่งข้อมูลแทนภาพถ่ายทางอากาศ และนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลไม่เชิงพื้นที่ (non spatial data) มาใช้แก้ไขปัญหาความล่าช้าและเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการดำเนินงาน เพื่อให้ได้ข้อสนเทศเกี่ยวกับการใช้ที่ดินที่ทันต่อเหตุการณ์และยังสามารถที่จะปรับปรุงข้อสนเทศให้ทันสมัยอยู่เสมอ

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการนำเอาเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการศึกษาการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน รวมถึงลักษณะและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำแผนที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 บริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM และตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์
2. เพื่อจัดสร้างฐานข้อมูลการใช้ที่ดินของบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ.2530-2534, พ.ศ.2534-2539 และ พ.ศ.2530-2539

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเบื้องต้นของการสำรวจข้อมูลระยะไกล

2.1.1 ความหมาย การสำรวจข้อมูลระยะไกล

การสำรวจข้อมูลระยะไกล (remote sensing) หมายถึงการศึกษาเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกด้วยเครื่องมือ โดยเครื่องมือนั้นมิได้สัมผัสวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์นั้นๆ (Remote sensing is the science and art of obtaining information about an object, area or phenomenon through the analysis of data acquired by a device that is not in contact with the object, area or phenomenon under investigation) (Lillesand and Kiefer. 1994)

การสำรวจข้อมูลระยะไกล หมายถึง เทคนิคการได้รับข้อสนเทศของวัตถุโดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมโดยเครื่องมือพิเศษ "โดยเครื่องมือนั้นไม่ได้สัมผัสกับวัตถุที่ทำการสำรวจ" (Remote sensing is defined as the technique of obtaining information about objects through the analysis of data collected by special instruments that are not in physical contact with the objects of investigation. (Avery and Berlin. 1985)

การสำรวจข้อมูลระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งที่ใช้ในการบ่งบอก จำแนก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540)

การสำรวจข้อมูลระยะไกล หมายถึง การได้รับข้อสนเทศเกี่ยวกับวัตถุนั้นโดยไม่ได้สัมผัสกับวัตถุนั้นๆ (Remote sensing, in the simplest words, means obtaining information about an object without touching the object itself) (Gupta. 1991)

การสำรวจข้อมูลระยะไกล ประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ (สุรชัย รันตเสริมพงศ์. 2536)

1. กระบวนการได้รับข้อมูล (Data Acquisition) ที่ประกอบด้วย
   - แหล่งกำเนิดพลังงาน (energy sources)
   - การเคลื่อนที่ของพลังงาน หรือการแผ่พลังงานในชั้นบรรยากาศ
   - ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก
   - ระบบการบันทึกข้อมูล
   - ข้อมูลที่ได้รับทั้งในแบบข้อมูลเชิงตัวเลขและรูปภาพ

2. กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ประกอบด้วย

- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา (visual interpretation)
- การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (digital analysis)

2.1.2 **แหล่งพลังงานและการแผ่รังสี (Energy Sources and Radiation)** (พร้อมจิต ตระกูลดิษฐ์. 2533; สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. 2536 และ Lillesand and Kiefer. 1994)

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกลคือ คลื่นแสง ที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกล โดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นเองและส่งพลังงานนั้นไปสู่วัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing

ในระบบ Passive Remote Sensing ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่สำคัญที่สุดที่อยู่ในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีคลื่น (Wave Theory) ที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิค (harmonic) ที่มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่ง มีความเร็วเท่าแสง (c) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่า ความยาวคลื่น (λ) และจำนวนยอดคลื่นที่ผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่คลื่น (f) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่น คือ

$$\lambda = c/f$$

เมื่อ

λ = ความยาวคลื่น

c = ความเร็วคลื่น เท่ากับ $3 * 10^8$ เมตร/วินาที

f = ความถี่คลื่น, รอบ/วินาที หรือ Hertz

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) ประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้า และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ เป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีความยาวช่วงคลื่นหลายเมตรจนถึงเศษส่วนของพันล้านเมตร (nanometer) สามารถเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศในลักษณะเป็นคลื่นเท่าความเร็วแสง คือ 299,792.458 กิโลเมตร/วินาที หรือ $3*10^8$ เมตร/วินาที

แสงสว่างเป็นรูปหนึ่งของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แผ่รังสีตามทฤษฎีคลื่น ซึ่งพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ายังสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory) ซึ่งอธิบายถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุ กล่าวคือการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) หรือควอนต้า (Quanta) และพลังงานแต่ละควอนต้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่น ดังนี้

$$E = hf$$

เมื่อ E = พลังงาน 1 Quantum, Joules

h = ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck Constant), $6.626 * 10^{34}$ J.sec

f = ความถี่ของคลื่น

และสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง wave model และ Quantum model ของการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้ดังนี้

$$E = hc/\lambda$$

แสดงให้เห็นว่า พลังงานเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น นั่นคือ ความยาวคลื่นมากจะให้พลังงานต่ำ ซึ่งมีความสำคัญในการสำรวจข้อมูลระยะไกล ถ้าวัตถุใดส่งพลังงานคลื่นยาว เช่น ไมโครเวฟ จากพื้นโลกจะทำให้ยากต่อการบันทึกมากกว่าพลังงานในช่วงคลื่นสั้นกว่า เช่น thermal IR เนื่องจากพลังงานที่ได้จากคลื่นยาวจะต่ำมาก ดังนั้นในระบบบันทึกของช่วงคลื่นยาวมักจะต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้างและใช้เวลาในการบันทึกนานพอ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดของการสำรวจข้อมูลระยะไกล แต่อย่างไรก็ตามสสารทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าองศาสัมบูรณ์ (0 K หรือ -273 ^{o}c) จะมีการสั้นสะเทือนของโมเลกุลและเปล่งหรือแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งวัตถุที่พื้นผิวโลกจัดว่าเป็นแหล่งพลังงานที่มีขนาดและส่วนประกอบของช่วงคลื่นแตกต่างกันไป พลังงานที่วัตถุแผ่ออกมาจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของผิววัตถุนั้น สามารถคำนวณได้จากกฎของ Stefan-Boltzmann ดังนี้

$$W = OT^4$$

เมื่อ W = พลังงานที่แผ่ออกมาจากพื้นผิวของวัตถุ, Wm^{-2}

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุที่แผ่พลังงาน (^{o}K)

O = Stefan-Boltzmann Constant, 5.6697 * 10^{-8} $Wm^{-2}K^{-4}$

พลังงานทั้งหมดที่แผ่ออกมาจากวัตถุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์กำลัง 4 ดังนั้นพลังงานที่แผ่ออกมาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยความจริงกฎนี้จะใช้ได้กับเทหวัตถุสีดำ (Black body) ซึ่งหมายถึง วัตถุหรือมวลๆ หนึ่งที่สามารถดูดกลืนพลังงานทั้งหมดที่ตกกระทบและจะแผ่พลังงานทั้งหมดที่ตกกระทบนั้นออกไปได้ทั้งหมด เทหวัตถุเป็นสิ่งสมมติขึ้นเพราะไม่มีสสารใดๆ ในโลกที่มีคุณสมบัติดังกล่าว แต่จะมีสภาพใกล้เคียงเท่านั้น

พลังงานที่แผ่ออกมาจะแปรผันกับอุณหภูมิของวัตถุและความยาวช่วงคลื่น นั่นก็คือ พลังงานที่แผ่ออกมาจะมีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่นหนึ่งและอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น และความยาวช่วงคลื่นจะเป็นอัตราส่วนกับอุณหภูมิ ตามกฎของ Wien's Displacement Law

$$\lambda m = A/T$$

เมื่อ λm = ความยาวช่วงคลื่นที่แผ่พลังงานสูงสุด, μm

A = 2898 μmK

T = อุณหภูมิ, ^{o}K

ดังนั้นสำหรับเทหวัตถุสีดำความยาวช่วงคลื่นที่แผ่พลังงานสูงสุดจะแปรผกผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของเทหวัตถุสีดำ และสามารถคำนวณหาพลังงานต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สำหรับความยาวคลื่นที่กำหนดจากกฎของ Planck คือ

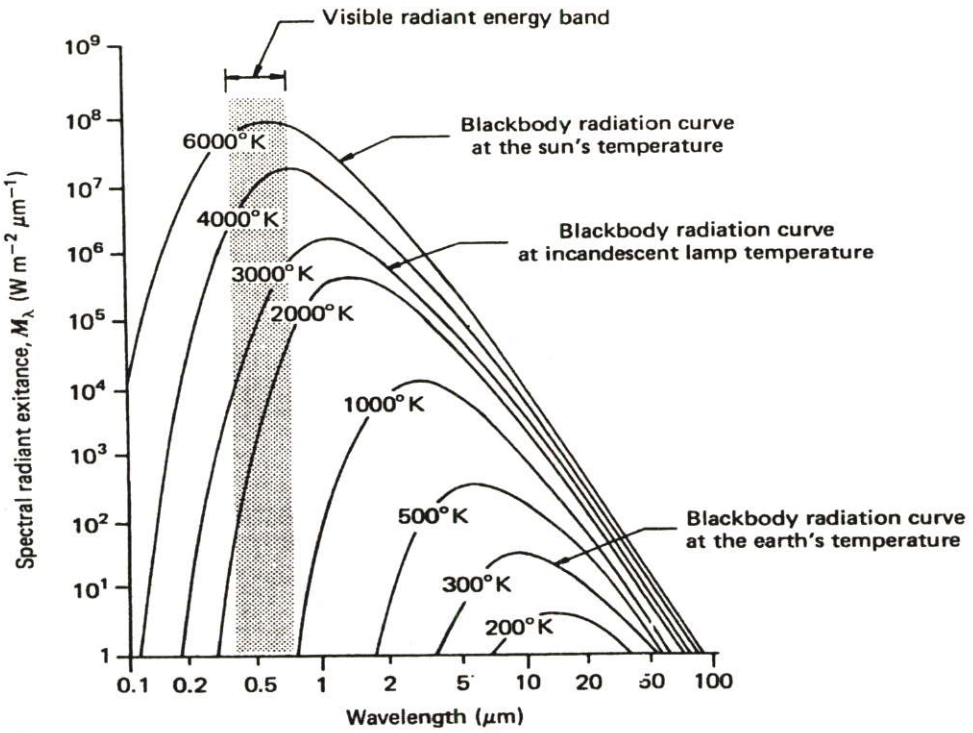
$$W_\lambda = C_1\lambda [\exp(C_2/\lambda T)^{-1}]^{-1}$$

เมื่อ C_1 = ค่าคงที่ 3.74 * 10^{-16} Wm^2

C_2 = ค่าคงที่ 1.44 * 10^{-2} m ^{o}K

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์, ^{o}K

W = พลังงานที่ความยาวคลื่นที่กำหนด



ภาพที่ 2.1 แสดงการแผ่พลังงานของเทหวัตถุที่อุณหภูมิต่างๆ

จากภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะแผ่พลังงานออกมามากขึ้นและเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดของเทหวัตถุที่มีการแผ่พลังงานสูงสุดจะเคลื่อนมาทางช่วงคลื่นสั้น

2.1.3 **ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ** (Energy interactions in the atmosphere)

พลังงานที่แผ่ออกจากแหล่งพลังงานจะผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก แล้วสะท้อนกลับสู่บรรยากาศอีกครั้ง ก่อนจะบันทึกโดย sensor พลังงานที่ผ่านชั้นบรรยากาศเป็นระยะทางหนึ่งซึ่งระยะทางนี้จะต่างกันมากน้อยตามระดับความสูงของ sensor ในชั้นบรรยากาศของโลกนี้จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพลังงานในด้านทิศทาง ความเข้ม ตลอดจนความยาวและความถี่ของช่วงคลื่น ทั้งนี้เพราะชั้นบรรยากาศประกอบด้วยฝุ่น ละออง ไอน้ำ และก๊าซต่างๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลื่นแสง 3 กระบวนการ คือ

- การกระจัดกระจาย (scattering)
- การดูดซับ (absorption)
- การหักเห (refraction)

ทำให้ปริมาณของพลังงานที่ตกกระทบผิวโลกน้อยลง

การกระจัดกระจาย (scattering) เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็กๆ ในบรรยากาศมีทิศทางการกระจายไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคและความยาวช่วงคลื่น แยกได้ 3 ประเภทคือ

1. Rayleigh Scatter
2. Mie Scatter
3. Nonselective Scatter

การดูดซับ (Absorption) จะตรงกันข้ามกับการกระจัดกระจาย คือผลของการดูดซับจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน การดูดกลืนพลังงานจะเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นบางช่วงเท่านั้น และตัวดูดพลังงานที่อยู่ในชั้นบรรยากาศที่สำคัญได้แก่ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน

การหักเห (Refraction) การหักเหเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านบรรยากาศที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการหักเหกำหนดโดยค่าดัชนีการหักเห ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสูญญากาศกับความเร็วของแสงในชั้นบรรยากาศนั้น ทำให้มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ปรากฏบนภาพ แต่สามารถปรับแก้ได้โดยกระบวนการปรับแก้ภาพภายหลัง

2.1.4 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก (Energy interaction with earth surface features)

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศมากระทบพื้นผิวโลกจะเกิดปฏิกิริยาหลัก 3 อย่าง คือ

- การสะท้อนพลังงาน (reflection; E_R)
- การดูดกลืนพลังงาน (absorption; E_A)
- การส่งผ่านพลังงาน (transmission; E_T)

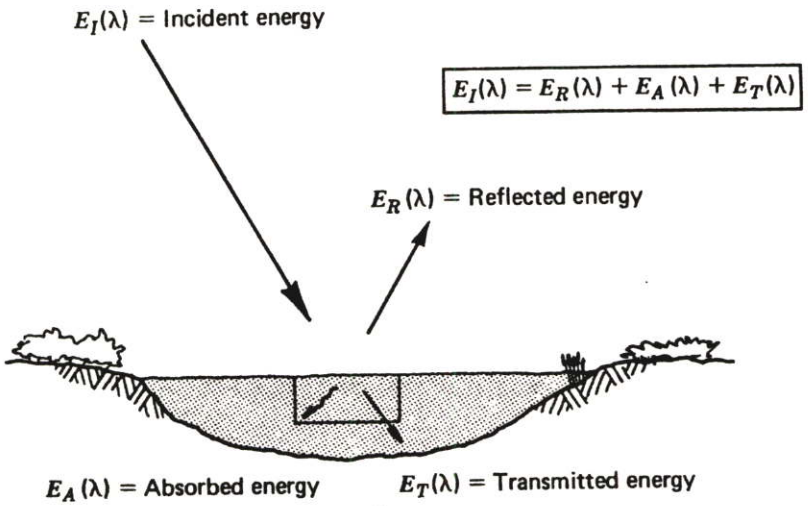
ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการสมดุลของพลังงาน (Energy Balance Equation) ได้ดังนี้

$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda)$$

เมื่อ $E_I(\lambda)$ = พลังงานที่ได้รับ

สัดส่วนของการดูดกลืน การส่งผ่าน การสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันตามลักษณะพื้นผิวโลก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุเป็นองค์ประกอบ เช่น ลักษณะพื้นผิว มุมตกกระทบของแสง ความสามารถและอัตราการสะท้อนแสงผิว ซึ่งทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุในภาพถ่ายได้ นอกจากนี้ ในวัตถุเดียวกันสัดส่วนของการเกิดปฏิกิริยาทั้ง 3 ก็จะแตกต่างกันตามความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบอีกด้วย วัตถุ 2 ชนิดอาจจะไม่แตกต่างกันในช่วงคลื่นหนึ่ง แต่จะสามารถแยกจาก

กันได้ในอีกช่วงคลื่นหนึ่ง ในช่วงคลื่นสายตามองเห็น ความแตกต่างทางด้านลายเซ็นต์เชิงคลื่นของวัตถุจะแสดงให้เห็นในรูปของสีต่างๆ เช่น การเห็นวัตถุเป็นสีเขียวเนื่องจากวัตถุนั้นสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียวมาก



ภาพที่ 2.2 แสดงปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก

ในการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ระบบการบันทึกพลังงานส่วนใหญ่จะบันทึกพลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุ (reflected energy) ดังนั้นการศึกษาเพื่อแยกชนิดของวัตถุจึงเป็นการศึกษาการสะท้อนพลังงานของวัตถุและ Energy Balance Equation สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - [E_A(\lambda) + E_T(\lambda)]$$

นั่นคือพลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุมีค่าเท่ากับพลังงานที่ตกกระทบวัตถุลบด้วยพลังงานที่ถูกดูดกลืนไว้และพลังงานที่ส่งผ่านวัตถุนั้น

ลักษณะพื้นผิวหน้าของวัตถุเป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงาน ซึ่งเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ

1. Specular reflector เป็นวัตถุที่มีพื้นหน้าเรียบ แสงที่ตกกระทบจะสะท้อนกลับหมดในทิศทางตรงกันข้ามและมุมสะท้อนพลังงานเท่ากับมุมตกกระทบ มักเกิดในช่วงคลื่นยาว

2. Diffuse reflector (or Lambertain) เป็นวัตถุที่มีผิวหน้าขรุขระ การสะท้อนพลังงานไม่เป็นระเบียบในทุกทิศทาง มักเกิดในช่วงคลื่นแสงสว่าง

3. การสะท้อนแบบผสม ที่วัตถุส่วนใหญ่ไม่เป็น specular หรือ diffuse reflector อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นลักษณะที่เกิดจริงตามธรรมชาติ

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลเป็นการวัดคุณสมบัติในการสะท้อนพลังงานแบบ Diffuse ของวัตถุบนพื้นผิวโลก ณ ช่วงคลื่นใดช่วงคลื่นหนึ่ง โดยวัดสัดส่วนของพลังงานที่สะท้อนจากพลังงานที่มาตกกระทบ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นความยาวคลื่นและเรียกว่า spectral reflectance

ส่วนการดูดซับพลังงานของผิวโลกจะเกิดเช่นเดียวกับชั้นบรรยากาศ ปริมาณการดูดซับขึ้นอยู่กับคุณสมบัติพื้นผิว ความยาวช่วงคลื่น เมื่อเกิดการดูดซับพลังงานแล้วจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปพลังงานความร้อน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่แผ่ออกมาในช่วง Thermal Infrared ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน

การส่งผ่านพลังงาน เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกับการดูดซับพลังงานที่ถูกถ่ายทอดต่อไป ซึ่งค่าการส่งผ่านพลังงานของมวลๆ หนึ่ง คือ สัดส่วนปริมาณพลังงาน ณ จุดซึ่งพลังงานเคลื่อนที่ไปต่อพลังงานที่ตกกระทบทั้งหมด ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติพื้นผิวและความยาวช่วงคลื่น

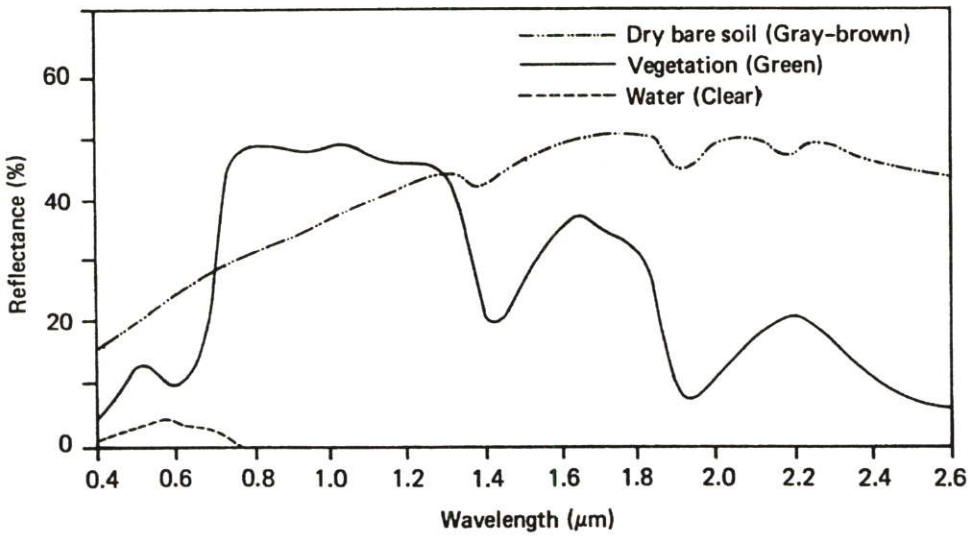
ดังนั้น พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อกระทบพื้นผิวใดๆ จะเกิดปรากฏการณ์ทั้ง 3 ลักษณะ ที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของการสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิดกับความยาวช่วงคลื่น เรียกว่า ลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature) ซึ่งช่วยในการเลือกช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลในสาขาต่างๆ

2.1.5 การสะท้อนพลังงานของพืช ดินและน้ำ (Spectral Reflectance of Vegetation, Soil and Water)

จากภาพที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการสะท้อนพลังงานที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆ กันของพืช ดินและน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งที่ปกคลุมพื้นผิวโลกเป็นส่วนใหญ่

1. ลักษณะการสะท้อนพลังงานของพืช ในช่วงที่สายตามองเห็น spectral reflectance curve ของพืชสีเขียวที่สมบูรณ์เป็นแบบ peak and valley ช่วงที่มีการสะท้อนพลังงานต่ำในช่วง visible เนื่องจาก pigment ในใบพืชคือสารคลอโรฟิลล์จะดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 0.45 μm. และ 0.65 μm. ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสีน้ำเงินและแดง และสะท้อนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 0.5 μm. ซึ่งเป็นช่วงความยาวคลื่นสีเขียว ทำให้มนุษย์มองเห็นพืชเป็นสีเขียว ในช่วง near infrared (0.7-1.3 μm.) การสะท้อนพลังงานเพิ่มมากขึ้นคือประมาณ 50% ของพลังงานที่ตกกระทบ ในช่วงนี้พืชจะดูดกลืนพลังงานต่ำสุด ลักษณะการสะท้อนพลังงานเกิดเนื่องจากโครงสร้างภายในของพืช (cell structure) เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีโครงสร้างภายในที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวัดการสะท้อนพลังงานในช่วงนี้จะทำให้แยกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชในช่วงความยาวคลื่นแสงสว่างจะใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกันการสะท้อนพลังงานที่

ความยาวคลื่น near infrared ของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบจะแตกต่างไปจากการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์



ภาพที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของการสะท้อนพลังงานของพืช ดินและน้ำ

2. ลักษณะการสะท้อนพลังงานของดิน จาก spectral reflectance curve ของดินมีลักษณะ peak and valley น้อยกว่าพืช ลักษณะการสะท้อนพลังงานของดินนั้นไม่ขึ้นอยู่กับความยาวช่วงคลื่น แต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงาน คือ

- ความชื้นในดิน
- ปริมาณอินทรียวัตถุ
- ปริมาณเหล็กออกไซด์
- ลักษณะเนื้อดิน
- ความขรุขระของผิวดิน

3. ลักษณะการสะท้อนพลังงานของน้ำ ลักษณะการสะท้อนพลังงานของน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวคลื่น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากธรรมชาติของน้ำและเนื่องจากสภาพต่างๆ ของน้ำว่ามีสิ่งเจือปนมากน้อยเพียงใด

ดาวเทียมสำรวจโลกเชิงปฏิบัติการจะโคจรอยู่เหนือชั้นบรรยากาศที่ระดับสูงกว่า 150 กิโลเมตร (ระดับที่ปราศจากแรงเหนี่ยวของชั้นบรรยากาศ) โดยแบ่งลักษณะวงโคจรได้ 2 ประเภท คือ (ดาราศรี ดาวเรือง. 2536)

1. วงโคจรแบบสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun-synchronous) ซึ่งเป็นลักษณะการโคจรที่สอดคล้องกับการโคจรของดวงอาทิตย์ โดยจะผ่านแนวละติจูดหนึ่งๆ ที่เวลาท้องถิ่นเดียวกัน ดาวเทียมประเภทนี้มักจะโคจรที่ระดับความสูงระหว่าง 300-1,500 กิโลเมตร มีวงโคจรใกล้ขั้วโลก

2. วงโคจรแบบอยู่กับที่ (Geosynchronous หรือ Geostationary) เป็นการโคจรในลักษณะที่สอดคล้องกับการหมุนของโลก ทำให้ดูเหมือนดาวเทียมลอยนิ่งอยู่เหนือตำแหน่งหนึ่งๆ บนผิวโลก จึงมักจะใช้เป็นดาวเทียมในด้านการสื่อสาร

ภาพที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติเป็นภาพที่มีลักษณะพิเศษตามคุณสมบัติของดาวเทียมที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้คือ

1. การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (synoptic view) ภาพจากดาวเทียมภาพหนึ่งๆ ครอบคลุมพื้นที่กว้างทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาการบันทึกภาพสั้นๆ ทำให้สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณกว้างขวางต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS และ TM ครอบคลุมพื้นที่ 170 x 185 กิโลเมตร หรือ 31,450 ตารางกิโลเมตร ภาพจากดาวเทียม SPOT ครอบคลุมพื้นที่ 3,600 ตารางกิโลเมตร เป็นต้น

2. การบันทึกภาพในหลายช่วงคลื่น (multispectral) ดาวเทียมสำหรับทรัพยากรธรรมชาติมีระบบกล้องที่บันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นและช่วงคลื่นนอกเหนือสายตามองเห็น ทำให้แยกวัตถุต่างๆ บนพื้นโลกได้อย่างชัดเจน เช่น ระบบ MSS และ MESSR มี 4 ช่วงคลื่น ระบบ TM มี 7 ช่วงคลื่น ระบบ HRV ขาว-ดำและสี มี 1 และ 3 ช่วงคลื่น ตามลำดับ

3. การบันทึกภาพบริเวณเดิม (repetitive coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมาจุดเดิมในเวลาท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ และในช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น LANDSAT จะกลับมาที่จุดเดิมทุกๆ 16 วัน ดาวเทียม SPOT จะโคจรกลับมาจุดเดิมทุกๆ 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลายๆ ช่วงเวลาที่ทันสมัย สามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนพื้นโลกได้เป็นอย่างดี และช่วยให้มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลที่ไม่มีเมฆปกคลุม

4. การให้รายละเอียดหลายระดับ ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติแต่ละดวงจะให้รายละเอียดหลายระดับ ทำให้สามารถเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ได้ เช่น ภาพจากดาวเทียม SPOT ขาว-ดำ ให้รายละเอียดของภาพ 10 เมตร ส่วนภาพสีให้รายละเอียด 20 เมตร ภาพจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ให้รายละเอียดภาพ 30 เมตร เป็นต้น

5. การให้ภาพสีผสม (False Color Composite : FCC) ภาพจากดาวเทียม 1 แบนด์ จะเป็นภาพขาว-ดำ แต่ภาพในหลายช่วงคลื่นสามารถนำมาซ้อนทับกันได้ครั้งละ 3 แบนด์ โดยกำหนดให้แต่ละแบนด์เป็นสีบวก (Additive Primary Color) 3 สีหลัก คือ สีน้ำเงิน (blue) สีเขียว (green) และ สีแดง (red) ทำให้ภาพจากดาวเทียมปรากฏสีต่างๆ ตามทฤษฎีสี

6. การเน้นคุณภาพของภาพ (Image Enhancement) ภาพจากดาวเทียมต้นฉบับสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากค่าระดับสีเทาของ histrogram ของภาพจากดาว

2.1.6 **การวิเคราะห์ข้อมูล** (Data Analysis)

วัตถุใดๆ พบพื้นผิวโลกจะมีความสามารถในการสะท้อน การดูดกลืน การส่งผ่าน และการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งเรียกลักษณะเฉพาะตัวนี้ว่า คุณลักษณะเชิงคลื่น (spectral characteristic) คุณลักษณะเหล่านี้ถูกนำมาใช้ในกระบวนการสำรวจข้อมูลระยะไกล โดยเฉพาะความสามารถในการสะท้อนและการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุที่มีเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเรียกว่า เครื่องวัดจากระยะไกล (remote sensor) หรือ เครื่องวัด (sensor) (ดาราศรี ดาวเรือง. 2533; สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540; Lillesand and Kiefer. 1994)

ข้อมูลภาพในลักษณะที่เป็นรูปภาพและข้อมูลภาพเชิงตัวเลข สามารถจะนำมาแปลและวิเคราะห์ข้อมูลได้โดยวิธี การตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) จะเป็นข้อมูลในเชิงคุณภาพ (qualitative) ที่ไม่สามารถวัดผลออกมาเป็นค่าที่แน่นอนได้ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขด้วยคอมพิวเตอร์ (digital analysis) เป็นข้อมูลในเชิงปริมาณ (quantitative) ที่สามารถแสดงผลออกมาเป็นค่าได้ (สุพรรณ กาญจนสุธรรม. 2536)

การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา (Visual Interpretation)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา หรือ การตีความข้อมูลภาพด้วยสายตา เป็นการตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยนำข้อมูล (data) และข้อสนเทศ (information) จากหลายๆ ด้านมาประกอบกันเพื่อช่วยระบุว่าสิ่งที่เห็นในภาพคืออะไร ผู้ตีความจะต้องมีคุณสมบัติประกอบกันหลายๆ อย่างๆได้แก่

1. ความรู้ภูมิหลัง (background)
2. ความสามารถของสายตา (visual activity)
3. ความสามารถของจิตใจ (mental activity)
4. ประสบการณ์ (experience)

หลักในการตีความ (Principle for Interpretation)

หลักในการตีความ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงานมากที่สุด ควรดำเนินการตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ตีความจากสิ่งที่เห็นชัดเจน เข้าใจและวินิจฉัยง่ายที่สุด (easy to difficulty)

2. ตีความจากสิ่งที่คุ้นเคยหรือพบเห็นในชีวิตประจำวันสิ่งที่อยู่ไกลตัวหรือสิ่งที่มี ความรู้น้อยควรทำการตีความในภายหลัง (around to far)

3. ตีความจากเรื่องทั่วๆ ไป เป็นกลุ่มใหญ่ แล้วจึงพิจารณาแยกรายละเอียดในแต่ละประเภท ในลักษณะที่เรียกว่า ตีความจากหยาบไปหาละเอียด (zone to sub-zone)

4. ตีความเรียงลำดับเป็นระบบให้ครบวงจร (complete cycle) เป็นแต่ละประเภทๆ ไป

5. ตีความโดยใช้ปัจจัยหรือข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันอันเป็นพื้นฐานที่จะวินิจฉัยข้อมูลได้อย่างถูกต้อง (data association)

ในการตีความของภาพถ่ายจากดาวเทียม สิ่งที่ปรากฏบนภาพคือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุนั้นๆ ที่แตกต่างไปจากวัตถุที่อยู่ข้างเคียง และเมื่อนำค่าการสะท้อนแสงที่ช่วงคลื่นต่างๆ มาประกอบกันเพื่อดูลายเซ็นเชิงคลื่นก็จะสามารถบอกได้ว่าวัตถุนั้นๆ คืออะไร ดังนั้นในการตีความจากภาพจึงอาศัยหลักเกณฑ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้คือ

1. ลักษณะความแตกต่างทางแสง ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของวัตถุที่แต่ละช่วงคลื่น และลักษณะพื้นผิวนั้นๆ ว่ามีความสม่ำเสมอมากน้อยเพียงใด และยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของมุมมองภาพถ่ายที่สัมพันธ์กับมุมสูงของดวงอาทิตย์ที่ทำให้เกิดความแตกต่างในลักษณะดังต่อไปนี้

1.1 ระดับความเข้ม สำหรับในภาพขาว-ดำ จะเป็นความแตกต่างในระดับความเข้มสีเทา จากสีขาวซึ่งมีการสะท้อนแสงสูงจนถึงสีดำซึ่งมีการสะท้อนแสงต่ำมาก แสดงถึงความสามารถในการดูดกลืนพลังงานในระดับที่มีมากกว่าการสะท้อน ในกรณีที่เป็นข้อมูลตัวเลขจะแสดงถึงความแตกต่างในระดับความเข้มจากค่า 255 ถึง 0 และจะทำให้เกิดเป็นความแตกต่างของสี

1.2 ระดับความหยาบ-ละเอียด เป็นความแตกต่างเนื่องจากสภาพของพื้นผิว ความละเอียดหรือหยาบของเนื้อภาพในอัตราที่มากน้อยแตกต่างกันไป ทำให้ช่วยแยกพื้นผิว 2 ประเภทที่มีระดับความเข้มหรือสีที่เหมือนกันแต่มีความหยาบละเอียดต่างกัน

1.3 การเกิดเงา เป็นปรากฏการณ์ที่สัมพันธ์กับมุมมองของดวงอาทิตย์ ทำให้พื้นผิวบางส่วนได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์น้อยมากหรือบดบังจนไม่ได้รับแสงเลย ความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศก่อให้เกิดเงาหรือส่วนมืด เน้นให้เห็นความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ มีประโยชน์

ในการศึกษาด้านธรณีสัณฐาน แต่ในขณะเดียวกันทำให้เกิดการสูญเสียรายละเอียดของภาพในส่วนที่ถูกบดบัง

2. ลักษณะความแตกต่างทางพื้นที่

2.1 รูปร่าง เป็นลักษณะที่ปรากฏตามรูปร่างของสภาพพื้น

2.2 ขนาด อยู่ในหน่วยความยาว ความกว้าง ความสูงและเนื้อที่ และอยู่ในสัดส่วนที่สัมพันธ์กับระดับบินถ่ายภาพดาวเทียม

2.3 รูปแบบการกระจายตัว

2.4 ความสัมพันธ์ทางตำแหน่ง และขนาดเทียบกับสิ่งข้างเคียง

2.5 รายละเอียดของภาพหรือขนาดของจุดภาพ ขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์สำรวจและจะเป็นตัวกำหนดขนาดและรูปร่างของพื้นผิวที่ปรากฏบนภาพ

3. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา

จากความสามารถของดาวเทียมในการย้อนกลับมาถ่ายภาพซ้ำทุกๆ หนึ่งช่วงเวลาที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถนำภาพคนละระยะเวลามาศึกษาเปรียบเทียบ

นอกจากจะอาศัยลักษณะต่างๆ ที่สำคัญ 3 ประการเพื่อใช้ประกอบการตีความภาพถ่ายแล้ว อาจจะใช้ข้อมูลอื่นๆ มาช่วยเสริม ได้แก่ ข้อมูลจากแผนที่ และข้อมูลที่ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยไว้แล้วในรูปแบบรายงาน หรือเอกสารเผยแพร่อื่นๆ เป็นต้น (ดาราศรี ดาวเรือง. 2533)

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis)

ข้อมูลดาวเทียมที่เป็นข้อมูลตัวเลขสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อทำการแปลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Sabin. 1996) ส่วนข้อมูลที่บรรจุอยู่ในเทปแม่เหล็กมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก หรือเรียกว่า picture elements หรือ pixel ที่จัดเรียงไปตามแถว (row) และคอลัมน์ (column) เรียกรูปสี่เหลี่ยมนี้ว่า raster โดยตำแหน่งจะอยู่ที่ xy coordinate system แต่ละ pixel ก็จะมีตัวเลขประจำเรียกว่า digital number (DN) ที่แสดงถึงค่าความเข้มของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนออกมาจากวัตถุนั้น โดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 คือเก็บในเลขฐานสอง 8 bit แต่บางกรณีจะเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1023 ในลักษณะ 10 bit/คำ ค่าตัวเลขที่สูงแสดงถึงระดับการสะท้อนพลังงานที่มาก คือมีระดับสีเทาค่อนไปทางขวา แต่ถ้าเป็นข้อมูลในย่านอินฟราเรดความร้อนจะกลับกัน โดยให้ค่าตัวเลขต่ำสุดแทนอุณหภูมิที่สูง (ดาราศรี ดาวเรือง. 2533)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย

1. การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

2. การปรุงแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล (pre-processing)

3. ขบวนการวิเคราะห์และจำแนกประเภทข้อมูลในเชิงสถิติ (statistical analysis and classification process)

4. การตกแต่งข้อมูลหลังการจำแนกประเภทข้อมูล (post-processing)

การปรุงแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล (pre-processing) หรืออาจจะเรียกว่า เป็นขั้นตอนการสร้างภาพกลับคืน และการแก้ไข/ปรับปรุงภาพ (image restoration and rectification) (PCI. 1997) กระบวนการในขั้นตอนนี้เป็นการแก้ไขความผิดพลาดทั้งด้านแสงและความผิดพลาดทางด้านเรขาคณิต (radiometric and geometric distortion) ในภาพ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการรับข้อมูล (image acquisition process) เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Lillesand and Kieffer. 1994)

ประเภทของความผิดพลาด (distortion) ที่พบในข้อมูลดาวเทียมแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- Systematic distortion เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคงที่ และสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น ความผิดพลาดที่เกิดจากการกวาดภาพ (scanner distortion) ความเอียงในการกวาดภาพ (scan skew) และความเร็วของการแกว่งกระจก (mirror vilocity) การแก้ไขความผิดพลาดประเภทนี้มักจะกระทำแล้วที่สถานีรับ (กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. 2533; กันยา ทิสยากร และคณะ. 2536; Sabin. 1996; PCI. 1997)

- Nonsystematic distortion เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นแบบไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเกิดขึ้นในช่วงไหน บางครั้งจะเรียกว่า random error ความผิดพลาดนี้เกิดจากความไม่คงที่ในด้านตำแหน่ง ความเร็วของดาวเทียม ความไม่สม่ำเสมอของชั้นบรรยากาศ (atmosphere fluctuation) ความไม่สม่ำเสมอของเครื่องบันทึก (sensor)

การจำแนกประเภทข้อมูล

การจำแนกประเภท (classification) หมายถึง การจัดระดับจุดภาพที่มีคุณลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่มๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกวัตถุประเภทต่างๆ ที่มีอยู่ในภาพออกจากกันเป็นระดับ ระดับเหล่านี้เรียกว่า ชนิดหรือประเภท (class) การจำแนกประเภททำโดยอาศัยคุณลักษณะเชิงคลื่นที่ชัดเจนของรูปลักษณ์ต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น และความหยาบละเอียด ฯลฯ ของรูปลักษณะ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540) และเป็นการวิเคราะห์ในเชิงสถิติ สามารถดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ

- การจำแนกประเภทแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)
- การจำแนกประเภทแบบควบคุม (Supervised Classification)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจำแนกประเภทแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)

เป็นการแยกประเภทโดยอาศัยลักษณะการจับกลุ่ม (clustering) ของข้อมูลที่มีการสะท้อนแสงคล้ายกัน หรือใกล้เคียงกัน แล้วใช้ค่าการสะท้อนของแต่ละกลุ่มในช่วงคลื่นต่างๆ ตั้งแต่ 3 ช่วงคลื่นขึ้นไปเป็นตัวกำหนดประเภทของกลุ่มในขั้นตอนการจำแนกประเภท การจำแนกแบบนี้จะใช้ข้อมูลภาพเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีการชี้แนะหรือกำหนดการจำแนกโดยผู้ใช้

การจำแนกประเภทแบบควบคุม (Supervised Classification)

วิธีนี้ผู้วิเคราะห์เป็นผู้เลือกพื้นที่ตัวอย่าง (training area) จากภาพของพื้นที่ประเภทต่างๆ ที่รู้อยู่แล้วว่าคืออะไร โดยอาจจะเลือกหลายๆ ตัวอย่างของแต่ละประเภทพื้นที่ก็ได้ เพื่อให้กลุ่มข้อมูลประเภทนั้นๆ มีการกระจายตัวดีขึ้น ตลอดจนเพื่อขจัดปัญหาความแตกต่างของแต่ละพื้นที่และความไม่สม่ำเสมอทางแสงและสัญญานรบกวนต่างๆ แล้วใช้วิธีทางสถิติหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูล เมื่อดำเนินการจนได้กลุ่มพื้นที่ตัวอย่างที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของแต่ละประเภทดีแล้วจึงใช้ค่าสถิติของพื้นที่ตัวแทนเป็นตัวกำหนดและตัดสินใจ (classifier) ในขั้นตอนแยกประเภทต่อไป

Training area คือ การกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างในแต่ละประเภทข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ที่ศึกษา ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างนี้อาจจะเก็บมาจากภาคพื้นดินหรือจากแผนที่หรือภาพถ่ายทางอากาศก็ได้ พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจะต้องมีประเภทข้อมูลเดียวล้วนๆ (homogeneous) ซึ่งสามารถดูได้จาก histrogram ในแต่ละแบนด์ว่ามียอดเดียวหรือไม่ ถ้ามีมากกว่าหนึ่งยอดจะใช้ไม่ได้ เพราะมีข้อมูลหลายประเภทปะปนกัน ซึ่งอาจจะต้องลดขนาดลงหรือเลือกใหม่

สำหรับขั้นตอนการจำแนกประเภทข้อมูลทุกจุดภาพของพื้นที่ศึกษา มีทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification Algorithm) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ใช้โดยทั่วไป คือ

1. Minimum Distance to Means Classifier
2. Parallelepiped Classifier
3. Maximum Likelihood Classifier

Maximun Likelihood Classifier การจำแนกประเภทข้อมูลแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด เป็นวิธีจำแนกประเภทในการสำรวจจากระยะไกลที่ได้รับความนิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง โดยพิจารณาค่า mean vector และ covariance matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบ Normal Distribution แล้วคำนวณค่า propability ของแต่ละจุดภาพว่าจะถูกจำแนกอยู่ในประเภทข้อมูลใด โดยมี equipropability contours เป็นรูป Ellipsoid วิธีการนี้เหมาะสำหรับการจำแนกประเภทในลักษณะที่มีการเหลื่อมซ้อนกันของกลุ่ม

ข้อมูล (อัฌชา ก.บัวเกษร. ไม่ทราบปีที่พิมพ์; ดาราศรี ดาวเรือง. 2533; กันยา ทิสยากร และคณะ. 2536; สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540; Richards. 1993; Sabins. 1996)

2.2 การทดสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม

การตรวจสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม เป็นการตรวจสอบผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับภาคพื้นดิน แผนที่ หรือภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งถือเป็นแผนที่อ้างอิง ผลของการทดสอบแสดงถึงระดับความเชื่อมั่นต่อผลการตีความและวิเคราะห์และสนับสนุนความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ (อัฌชา ก.บัวเกษร. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ ; Richards. 1993) ซึ่งอาจกำหนดให้มีการตรวจสอบเป็นจุด (point) หรือเป็นบริเวณพื้นที่ (area) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และสาขาวิชาในการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลนั้นๆ จุดหรือบริเวณพื้นที่นี้เรียกว่า บริเวณตัวอย่าง (sampling area) การเลือกบริเวณตัวอย่างที่ดีควรมีคุณสมบัติคือ

- ควรเป็นตัวแทนที่ดีของบริเวณที่ศึกษาทั้งหมด
- ควรอยู่ในประเภทข้อมูลทุกประเภทขึ้นอยู่กับอัตราส่วนมากน้อยของแต่ละประเภทข้อมูล

รูปแบบของความคลาดเคลื่อนที่จะมีผลต่อความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์มี 2 ประเภท คือ

1. ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการสุ่มตัวอย่าง (sampling error) เกิดเนื่องจากไม่ได้ทำการสังเกตหรือวัดค่าจากทุกหน่วยของประชากร ดังนั้นค่าที่ประมาณได้มักแตกต่างไปจากค่าที่แท้จริงของประชากรเสมอไม่มากก็น้อย ค่าที่ใช้วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนคือ ค่าความแปรปรวนจากกลุ่ม (sampling variance)

2. ค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ได้เกิดจากการสุ่ม (non-sampling error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดได้เสมอ แม้มีการสำรวจและเก็บข้อมูลจากทุกหน่วยของประชากร เกิดจากหลายสาเหตุทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ

ส่วนความคลาดเคลื่อนในขบวนการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลมีอยู่หลายแบบ สามารถแบ่งออกได้เป็น

- Data acquisition errors คือ ความคลาดเคลื่อนในการรับข้อมูล เกิดจากความโค้งของผิวโลก การเคลื่อนตัวของดาวเทียมไม่คงที่ และความเร็วของกระจกที่กวาดเก็บข้อมูล เป็นต้น หรือเรียกว่า geometric errors

- Data processing errors คือความคลาดเคลื่อนในการแปลง (convert) ข้อมูลดิบ (raw data) ให้แสดงผลออกมา (output) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์มีความคลาดเคลื่อนหลายอย่าง เช่น

1. การคำนวณขนาดของจุดภาพใหม่ (resampling)

2. การกำหนดพิกัดควบคุม (ground control point; GCP) ผิดพลาด

3. Scene dependent errors คือเกิดขึ้นภายในภาพเอง ซึ่งอาจเนื่องมาจากขนาดของจุดภาพที่ซ้อนกัน (overlap) และจุดภาพหนึ่งๆ มีประเภทข้อมูลหลายชนิดปนกัน

ประเภทของการประเมินความเที่ยงตรง

1. non-site-specific accuracy assessment ซึ่งการประเมินความเที่ยงตรงแบบนี้จะเป็นการเปรียบเทียบจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดินที่ได้จากการจำแนกข้อมูลกับจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของแต่ละประเภทการใช้ที่ดิน/วัตถุคลุมดิน ในพื้นที่ศึกษาเดียวกันที่หาได้จากข้อมูลสนามหรือจากภาพถ่ายทางอากาศ หรืออาจกล่าวว่า การประเมินวิธีนี้จะไม่ได้คิดถึงตำแหน่ง แต่จะคิดแต่เฉพาะพื้นที่ทั้งหมดเท่านั้น การประเมินแบบนี้ถ้าการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมและจากข้อมูลสนามหรือจากภาพถ่ายทางอากาศมีความผิดพลาดเท่ากันหรือใกล้เคียงกันค่าประเมินความเที่ยงตรงจะมีค่าสูงมาก ทำให้การสรุปผลออกมาผิดพลาดได้

2. site-specific accuracy assessment เป็นการประเมินตำแหน่งและประเภทของข้อมูลไปพร้อมๆ กัน (Fitzgerald and Lees. 1994) โดยอาศัยข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นข้อมูลหรือแผนที่ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม และอีกชุดเป็นข้อมูลที่เรียกว่า ข้อมูลอ้างอิง (reference data) หรือ ground truth ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ภาพถ่ายทางอากาศ หรือแผนที่เดิมที่มีอยู่แล้ว และนำมาเปรียบเทียบหน่วยตัวอย่าง (sample unit) จากข้อมูลทั้ง 2 ชุดผลของการเปรียบเทียบคือ จำนวนของหน่วยตัวอย่างที่ถูกต้องหรือการจำแนกประเภทข้อมูลเป็นประเภทเดียวกัน และจำนวนของหน่วยตัวอย่างที่ไม่ถูกต้องหรือการจำแนกประเภทข้อมูลจากข้อมูลทั้ง 2 ชุด ในตำแหน่งเดียวกันนั้นไม่ถูกต้อง โดยจะแสดงไว้ในตาราง Contingency Table หรือ Confusion Matrix หรือ Error Matrix ซึ่งเป็นตารางที่ประกอบด้วยตัวเลขที่วางเรียงอยู่ในแนวคอลัมน์และในแถว ตัวเลขนี้คือจำนวนหน่วยตัวอย่างที่ถูกกำหนดเฉพาะประเภทที่มีความสัมพันธ์กับประเภทที่แท้จริงที่ได้จากการพิสูจน์แล้วกับข้อมูลอ้างอิง โดยปกติคอลัมน์จะแทนด้วยข้อมูลอ้างอิง (reference data) ในขณะที่แถวเป็นข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลจากข้อมูลดาวเทียม Error Matrix เป็นประโยชน์และเป็นวิธีวิเคราะห์ความเที่ยงตรงที่ดี เพราะสามารถอธิบาย

- ความเที่ยงตรงทั้งหมด (overall accuracy)

- Producer's accuracy แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ว่าข้อมูลอ้างอิงได้รับการจำแนกอย่างถูกต้อง

- User's accuracy แสดงถึงความน่าจะเป็นว่าแต่ละประเภทของการใช้ที่ดินได้รับการจำแนกอย่างถูกต้อง

- error of inclusion หรือ commission error (ความผิดพลาดของข้อมูลที่จำแนกเกินมาหรือมีข้อมูลอื่นปลอมปนอยู่)

- error of exclusion หรือ omission error (ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกหายไปหรือตกหล่น)

ค่าเหล่านี้มีประโยชน์ต่อผู้ผลิตและผู้ใช้แผนที่ เพราะเป็นค่าที่วัดระดับความเที่ยงตรงของการจำแนกประเภทของวัตถุคลุมดินบนพื้นผิวโลกและการทำแผนที่โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล (Muller *et.al.* 1998)

2.2.1 **การหาพื้นที่ทดสอบ** (Test Area or Sampling Area)

การทดสอบความเที่ยงตรงของแผนที่ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมให้สมบูรณ์จะต้องทำการพิสูจน์ทุกๆ พิกเซลของแต่ละประเภทข้อมูล แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถกระทำได้ ดังนั้นจึงนำพื้นที่ทดสอบ (test area) มาใช้ในการประเมินความเที่ยงตรงแทน ในการเลือกพื้นที่ทดสอบสิ่งที่สำคัญคือต้องให้ได้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด มีอยู่ 3 วิธีคือ

1. การใช้พื้นที่ทดสอบจาก training data หรือ training area จากวิธีการจำแนกข้อมูลแบบ Supervised Classification เพื่อประเมินความเที่ยงตรง วิธีนี้มีความลำเอียงและให้ค่าตัวเลขความเที่ยงตรงสูงมาก ข้อดีที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีนี้คือ ตัวเลขนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นเอกพันธ์ (homogeneous) ของ training area และความสามารถในการแยกลายเซ็นเชิงคลื่นของ training area ในแต่ละประเภท และ สามารถบอกได้ว่า training area ที่เลือกนั้นดีหรือไม่ แต่ไม่ใช่ค่าสถิติที่ดีในการทดสอบความเที่ยงตรงของแผนที่

2. ผู้วิเคราะห์เป็นผู้กำหนดพื้นที่ทดสอบที่มีความเป็นเอกพันธ์ วิธีนี้เป็นการประเมินความเที่ยงตรงที่ดีกว่าการใช้ training area คือระหว่างที่มีการเลือก training area พบว่า ผู้วิเคราะห์มักมีความตั้งใจในการกำหนดพื้นที่มากกว่าความต้องการสำหรับเป็น training area โดยครึ่งหนึ่งอาจจะสุ่มเลือกและใช้สำหรับเป็น training area และส่วนที่เหลือใช้สำหรับเป็นพื้นที่ทดสอบ แต่เนื่องจากทุกๆ พื้นที่ถูกเลือกโดยผู้วิเคราะห์คนเดียวกันและใช้ข้อสนเทศชุดเดียวกัน จึงมีความลำเอียงเกิดขึ้น

3. การสุ่มเลือกพิกเซลหรือพื้นที่ทดสอบ วิธีนี้เป็นการสุ่มเลือกตัวอย่างจึงมีความลำเอียงน้อยกว่า 2 วิธีแรก มีวิธีการสุ่มเลือกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะธรรมชาติของพื้นที่ศึกษาและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ประเภทของการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ดีในขบวนการสุ่มตัวอย่างทางภูมิศาสตร์ (geographic sampling) อาจใช้ข้อมูลเป็นจุด (points) เส้น (lines) หรือพื้นที่ (areas) แต่การเลือกสุ่มแบบที่เป็นกลุ่มพิกเซลจะดีกว่าพิกเซลเดี่ยวๆ เนื่องจากการปฏิบัติทำได้ยากในการกำหนดตำแหน่งพิกเซลเดี่ยวๆ ในภาคสนามหรือบนภาพถ่ายทางอากาศ นอกจากนี้ยังช่วยลดงานทดสอบลงอีกด้วย และวิธีการสุ่มตัวอย่างสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. Random Sample
2. Systematic Sample
3. Stratified Sample
   - 3.1 random point sample
   - 3.2 stratified random areal
   - 3.3 systematic aligned
   - 3.4 stratified systematic unaligned
   - 3.5 One sample two-stage (Hierarchical)
   - 3.6 Traverses แบบ systematic และ

ในการทดสอบความถูกต้องการแปลและวิเคราะห์ผล ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างเป็นขั้นตอนที่สำคัญ แต่ละวิธีก็มีวิธีในการสุ่มตัวอย่างเพื่อจะเลือกพื้นที่ตัวอย่าง หรือพื้นที่ทดสอบ และในการจะเลือกวิธีสุ่มตัวอย่างสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือลักษณะธรรมชาติของพื้นที่ศึกษา และจำนวนประเภทข้อมูลที่ทำการจำแนกเพื่อทำแผนที่ (Schowengerdt. 1983)

2.2.2 Confusion Matrix หรือ Error Matrix

เป็นวิธีการประเมินความถูกต้องในการวิเคราะห์ที่นิยมใช้มาก โดยการสุ่มเลือกพื้นที่ตัวอย่างจากแผนที่ที่ได้จากการจำแนกจากคอมพิวเตอร์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่อาจได้มาจากการสำรวจภาคพื้นดิน จากภาพถ่ายทางอากาศ ซึ่งจากการเปรียบเทียบนี้ทำให้สามารถประมาณเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตัวอย่างที่ได้จากแต่ละระดับ (class) ในข้อมูลดาวเทียมที่ได้รับการจำแนกถูกต้องและทราบถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการจำแนก นอกจากค่า overall accuracy ยังประกอบด้วย

Error of Omission หมายถึง ค่าความผิดพลาดที่ผู้จำแนกข้อมูล จำแนกข้อมูลตกหล่นจากประเภท (class) ที่แท้จริง ซึ่งตัวเลขที่อยู่ในคอลัมน์จะเป็นตัวเลขที่แสดงถึงความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกตกหล่น

Error of Commision หมายถึง ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากผู้ทำการจำแนก ได้จำแนกข้อมูลที่เป็นของประเภทอื่นเข้ามารวมในประเภทที่ทำการทดสอบ ซึ่งตัวเลขที่อยู่ในแถว (row) เป็นตัวเลขที่เกิดจากผู้จำแนกได้รวมข้อมูลของระดับอื่นเข้ามารวมอยู่ในระดับที่สนใจทดสอบ

Producer's accuracy หมายถึง ตัวเลขที่เชื่อได้ว่าผู้วิเคราะห์จำแนกข้อมูลในแผนที่เป็นระดับ A ซึ่งตรงกับข้อมูลอ้างอิงที่จำแนกเป็นระดับ A เหมือนกัน ในการใช้แผนที่ค่า Producer's accuracy เป็นค่าที่มีความสำคัญมาก (Congalton, 1991) หรือบางครั้งเรียกว่า class accuracy

User accuracy หมายถึง ค่าความถูกต้องของระดับ A ที่ผู้วิเคราะห์จำแนกเป็นระดับ A บนแผนที่ (thematic map)

2.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.3.1 ความหมายของ "ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์"

Burrough (1988) ได้ให้ความหมายว่า ชุดเครื่องมือที่มีความสามารถในการเก็บ (collecting) รักษา (storing) ค้นหา (retrieving) การแปลงข้อมูล (transforming) และแสดงผล (displaying) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) ที่ปรากฏอยู่ตามธรรมชาติ (real world)

แก้ว นวลฉวี และ สุภัค วงษ์ปาน (2536) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ (collecting) ไว้ในฐานข้อมูล (storing) และนำข้อมูลออกมาใช้ (retrival) ดัดแปลงแก้ไขและวิเคราะห์ (manipulation and analysis) และแสดงผลการวิเคราะห์ (display/output) ข้อมูลนี้สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในปัญหาเกี่ยวกับการวางแผนการใช้ทรัพยากรเชิงพื้นที่

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ (2537) ให้ความหมายว่า ระบบฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาเพื่อที่จะรวบรวม จัดเก็บ จัดการและแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial information) และข้อมูลคำอธิบายที่เกี่ยวข้อง (related attributes)

Goodenough (1988) ได้ให้ความหมายว่า เป็นระบบที่ใช้ในการจัดการข้อมูลในเชิงพื้นที่ (spatial) และไม่เชิงพื้นที่ (aspatial) หรือข้อมูลเชิงบรรยาย (descriptive)

ESIR (1992) กล่าวว่า เป็นระบบที่ประกอบไปด้วยฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีฐานข้อมูลที่บรรจุข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะต่างๆ

อาจกล่าวได้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึงระบบที่สามารถรวบรวมข้อมูลในเชิงพื้นที่และไม่เชิงพื้นที่ แล้วทำการจัดเก็บ เพื่อนำมาจัดการตามวัตถุประสงค์เรื่องหนึ่งเรื่องใดโดยเฉพาะ และสามารถที่จะแสดงผลข้อมูลที่ได้จากผิวโลกที่เป็นจริงของการจัดการออกมาได้ โดยข้อมูลภูมิศาสตร์จะบรรยายถึงสิ่งต่างๆ ในโลกที่เป็นจริงในเรื่องของ 1.) ตำแหน่งทางระบบพิกัดซึ่งเป็นที่รู้จัก 2.) ลักษณะประจำ (attribute) ที่ไม่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง (เช่น สี ราคา และ pH เป็นต้น) และ 3.) การเกี่ยวโยงกันทางพื้นที่ (ความสัมพันธ์ทางโทโพโลยี) ซึ่งสามารถบรรยายให้เห็นว่าสิ่งต่างๆ เหล่านี้เชื่อมโยงกันอย่างไร

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นฐานข้อมูลชนิดหนึ่ง (database system) ที่มีคุณสมบัติเฉพาะสำหรับข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatially referenced data) ในปัจจุบันระบบสามารถที่จะเก็บและจัดการข้อมูลไม่เชิงพื้นที่ (non-spatial data) และออกแบบให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ และคุณสมบัติที่สำคัญของสารสนเทศก็คือ การปรับปรุงความสามารถของคนในการตัดสินใจ (สมพร สง่าวงศ์. 2541)

2.3.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (The component of a Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware)
2. ชุดของซอฟต์แวร์สำหรับทำงาน (Computer Software)
3. องค์กรที่ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1. คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware)

องค์ประกอบของฮาร์ดแวร์ทั่วไปที่ใช้สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit ; CPU) ที่เชื่อมต่อกับหน่วยขับจานบันทึกข้อมูล เพื่อเตรียมพื้นที่ว่างสำหรับเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมต่างๆ

1.2 เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) หรืออุปกรณ์อื่นๆ ใช้สำหรับแปลงข้อมูลจากแผนที่และเอกสารต่างๆ ให้อยู่ในรูปดิจิตอล เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถอ่านได้

1.3 เครื่องวาดรูป (Plotter) หรือเครื่องมือแสดงผลอื่นๆ เพื่อใช้สำหรับแสดงผลการประมวลผล

1.4 เครื่องขับเทป (Tape driver) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือโปรแกรมบนเทปแม่เหล็ก หรือสำหรับการสื่อสารกับระบบอื่นๆ

1.5 จอภาพ (Visual display unit) เป็นหน่วยแสดงภาพที่ผู้ใช้จะใช้ในการติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องการฮาร์ดแวร์ที่มีคุณสมบัติดังนี้

1. กราฟิคสี (Colour graphic) เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ใช้แผนที่เป็นหลัก จึงต้องการอุปกรณ์แสดงภาพซึ่งสามารถแสดงรายเส้นได้ เมื่อลายเส้นมากขึ้นก็จึงจำเป็นต้องจำแนกด้วยสี

2. มีจานแม่เหล็กเพื่อเก็บฐานข้อมูลในการเก็บแผนที่และคำอธิบายต่างๆ (attributes) ซึ่งสัมพันธ์กับจุด เส้น และพื้นที่ ดังนั้นปริมาณความจุของจานแม่เหล็กจะต้องมีมากพอสำหรับบันทึกและค้นหาข้อมูลได้รวดเร็ว

3. มีขีดความสามารถในการคำนวณ (Computing power) ข้อสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับแผนที่ ทำให้คอมพิวเตอร์ต้องทำหน้าที่ในการคำนวณอย่างมากมายจากข้อมูลที่เก็บไว้บนจานแม่เหล็ก โดยเฉพาะข้อมูลส่วนที่เป็นแผนที่

2. ชุดของซอฟต์แวร์สำหรับทำงาน (Computer software)

องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยซอฟแวร์ทางเทคนิคพื้นฐาน 5 หน่วย ประกอบด้วยหน่วยคำสั่งย่อย 5 หมวด คือ

1. หน่วยสำหรับนำเข้าข้อมูล (data input) เพื่อการนำเข้าข้อมูลและการตรวจสอบข้อผิดพลาด

2. หน่วยจัดการฐานข้อมูล (database management)

3. หน่วยแสดงผลและรายงาน (displaying and reporting)

4. หน่วยปรับเปลี่ยนและแปลงข้อมูล (data transformation)

5. หน่วยเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือกับผู้ใช้ (query input)

3. องค์กรที่ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบย่อยทางเทคนิคทั้ง 5 ระบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะทำหน้าที่ควบคุมวิธีการดำเนินการสารสนเทศภูมิศาสตร์ แต่ก็ไม่อาจรับประกันได้ว่า ระบบนั้นๆ จะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องติดตั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสภาพแวดล้อมทางองค์กรที่เหมาะสม

2.3.3 การจัดการข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (สมพร สง่าวงศ์. 2541)

1. การค้นหาข้อมูล (data acquistion)

ข้อมูลที่ใช้ประกอบในการสร้างฐานข้อมูลประกอบด้วย แผนที่ ตาราง ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น

2. การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ (pre-processing) ประกอบด้วย

2.1 การเปลี่ยนรูปแบบ (format conversion) สามารถกระทำได้ 2 ลักษณะ คือ

- การเปลี่ยนโครงสร้างภายในของตัวข้อมูล (data structure conversion) เช่น เปลี่ยนจากราสเตอร์เป็นเวคเตอร์

- การเปลี่ยนข้อมูล analog เป็น digital ที่อ่านได้ด้วยคอมพิวเตอร์

2.2 การลดความหลากหลายของข้อมูล (data reduction and generalization)

เนื่องจากฐานข้อมูลที่มีความซับซ้อนของข้อมูลหลายชนิดเกินไป การลดความหลากหลายสามารถทำได้โดย

- การเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนของข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data)

- การปรับปรุงวิธีการนำเสนอข้อมูล โดยการลดจำนวนจุด และการลดระดับของรายละเอียดในข้อมูล

3. การแก้ไขความคลาดเคลื่อน (error detection)

ขึ้นอยู่กับความสามารถของซอฟต์แวร์ในการแก้ไขความคลาดเคลื่อนต่างๆ เช่น การเกิดช่องว่าง (gap) เส้นรอบรูปปิดไม่สนิท (polygon not closed) การเกิดความเหลื่อม (slivers) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการ digitize

4. การรวมเข้าด้วยกัน (merging)

เป็นวิธีการสร้างวัตถุที่มีความซับซ้อนจากจุดพื้นฐานต่างๆ เช่น เวคเตอร์ สร้างขึ้นโดยการเชื่อมต่อจุดต่างๆ เข้าด้วยกันเป็นเส้นตรง หรือเส้นรอบรูป สร้างขึ้นโดยเชื่อมเส้นตรงเข้าบรรจบกัน ในระหว่างเกิดขบวนการค่าคุณลักษณะต่างๆ และข้อมูลไม่เชิงพื้นที่ก็สามารถใส่เข้าไปได้

5. การต่อขอบเข้าด้วยกัน (edge matching)

เกิดขึ้นในกรณีที่พื้นที่ศึกษาไม่ครอบคลุมแผนที่แผ่นเดียว จะกระทำโดยการต่อขอบเข้าด้วยกันโดยอาศัยรายละเอียดจากแผนที่ที่มีความสัมพันธ์กันและสร้างรายละเอียดขึ้นใหม่ ดังนั้นขอบของแผนที่แต่ละแผ่นก็จะหายไป และได้ข้อมูลใหม่ที่มีรายละเอียดเชื่อมต่อกัน

6. การแก้ไขความคลาดเคลื่อน (rectification and registration)

rectification การจัดรูปข้อมูลดิบเพื่อให้ข้อมูลเชิงพื้นที่มีความสัมพันธ์กับระบบภูมิศาสตร์หนึ่งๆที่กำหนด ส่วน registration จะคล้ายกับ rectification แต่ไม่ต้องอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์

2.3.4 โครงสร้างข้อมูลสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แตกต่างจากข้อมูลด้านอื่นๆ คือ เป็นข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากกว่า เนื่องจากมีข้อสนเทศด้านตำแหน่งที่อ้างถึงด้วยระบบพิกัดมาตรฐาน ความเชื่อมโยงทางโทโพโลยี และลักษณะประจำของสิ่งบันทึก ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์เหล่านี้จะถูกเก็บรวบรวมไว้ในลักษณะฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ (geographic database) ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเป็น

การเก็บรวบรวมข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference data) ที่ทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นโมเดลแห่งความจริง

องค์ประกอบที่สำคัญของข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ตำแหน่ง (geographic position) และ คุณลักษณะ (attribute) ส่วนชนิดของข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และ ข้อมูลคุณลักษณะสัมพันธ์ (attribute data)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data)

เป็นข้อมูลที่อ้างอิงถึงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ และการที่จะชี้เฉพาะเกี่ยวกับตำแหน่งมักจะใช้ระบบพิกัดเป็นตัวกำหนด สำหรับพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก ระบบตำแหน่งที่ง่ายที่สุดคือระบบกริด (regular square grid) สำหรับพื้นที่ใหญ่จะใช้โปรเจคชั่น (projection) เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง ระบบที่นิยมใช้ในการกำหนดตำแหน่งในปัจจุบันคือ 1) Geographic coordinate (latitude, longitude) และ 2) UTM (Universal Transvers Mercator; x,y)

ชนิดของข้อมูลเชิงพื้นที่ มี 3 ชนิด คือ จุด (points) เส้น (lines) และ พื้นที่ (areas or polygons)

1. ข้อมูลจุด (points) เป็นรูปแบบของชนิดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ธรรมดาที่สุด ไม่มีขนาด (0 dimentional objects) มีเพียงตำแหน่งในพื้นที่ แต่ไม่มีความยาว

2. ข้อมูลเส้น (lines) เป็นวัตถุที่มีขนาด มีตำแหน่งในพื้นที่ ตลอดจนมีความยาว

3. ข้อมูลพื้นที่ (areas or polygons) หมายถึงวัตถุที่มีสองมิติ ซึ่งนอกจากจะมีตำแหน่งแล้ว ยังมีความยาวและความกว้างอีกด้วย

จากลักษณะโครงสร้างของข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ รูปแบบเชิงเส้น (vector model) และ รูปแบบเชิงกริด (raster model)

รูปแบบเชิงเส้น (vector model)

โครงสร้างชนิดนี้ ตำแหน่งของจุด เส้น และพื้นที่จะถูกกำหนดค่อนข้างถูกต้อง โดยใช้กลุ่มของพิกัด (series of coordinae pairs) โดย

- จุด ถูกกำหนดโดยพิกัด x,y เพียงคู่เดียวและมีชื่อประกอบ
- เส้น ถูกกำหนดโดยพิกัด x,y มากกว่า 1 คู่ และมีชื่อประกอบ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสามารถกำหนดโดยใช้จำนวนจุดที่ไม่จำกัด แต่ในทางปฏิบัติการเก็บข้อมูลเส้นทำได้ไม่ง่ายนัก ดังนั้นเส้นจึงถูกสร้างขึ้นด้วยส่วนประกอบย่อยของเส้น (line segment)

- พื้นที่ หรือ polygon ถูกกำหนดโดยกลุ่มของระบบพิกัดและมีชื่อประกอบ โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของพิกัดมีค่าเหมือนกัน

การนำเข้าข้อมูลแบบเส้นที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ การดิจิไตซ์ข้อมูลจากแผนที่เข้าสู่ระบบและการใช้เครื่องกวาดตรวจ วิธีนี้จะได้ข้อมูลเร็วกว่าการดิจิไตซ์ โดยจะสแกนแผนที่ให้ได้เป็นภาพราสเตอร์ก่อนแล้วจึงใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แปลงภาพเชิงกริดไปเป็นเชิงเส้นอีกครั้ง แต่วิธีนี้ก็มีข้อจำกัดคือ

1. ในแต่ละหน่วยภาพของแผนที่ควรมีความสม่ำเสมอในเรื่องสี ถ้าสีมีความแตกต่างตัวโปรแกรมก็จะกำหนดให้เป็นหน่วยอื่น ทำให้เกิดความผิดพลาด

2. ภาพต้นฉบับไม่ควรประกอบด้วยเส้นแบ่งขอบเขตระหว่างหน่วยของแผนที่ หรือประกอบไปด้วยรายละเอียดปลีกย่อยอื่นๆ

3. แผนที่ต้นฉบับต้องสะอาด

รูปแบบเชิงกริด (raster model)

ประกอบด้วยช่องกริดที่เรียงกัน 1 ผืน ช่องกริดเหล่านี้บางครั้งเรียกว่า จุดภาพหรือองค์ประกอบของภาพ (picture elements) แต่ละช่องกริดอ้างอิงด้วยลำดับแถวและสดมภ์ และมีตัวเลขแสดงชนิดหรือค่าของลักษณะประจำที่แสดงในแผนที่ โครงสร้างข้อมูลชนิดนี้ง่ายแก่การจัดเก็บด้วยคอมพิวเตอร์ และถือว่าพื้นผิวสองมิตินั้นแสดงด้วยข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ไม่ใช่ค่าต่อเนื่อง แต่ประกอบด้วยค่าที่แสดงด้วยรหัสตัวเลขเป็นตัวๆ เรียงต่อกัน จึงมีผลต่อปริมาณความยาวและเนื้อที่เป็นอย่างมาก ส่วนรายละเอียดหรือมาตราส่วนของข้อมูลเชิงกริด คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดของกริดในฐานข้อมูลและขนาดของกริดบนพื้นดิน

จุดจะถูกแสดงด้วยตำแหน่งของพิกเซล 1 อัน และถูกกำหนดโดย แถว (row) และคอลัมน์ (column)

สัญลักษณ์ (legend) ใช้อธิบายว่าแต่ละชื่อนั้นเป็นตัวแทนของ digital number อะไร

เส้นและพื้นที่ในระบบนี้จะถูกกำหนดด้วยกลุ่มของพิกเซลที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งแทนค่า 1 ค่า โครงสร้างชนิดนี้จะไม่มีความแตกต่างพื้นฐานในเรื่องของการเก็บข้อมูลที่เป็นจุด เส้น หรือพื้นที่

แหล่งข้อมูลของข้อมูลเชิงกริด

1. การแปลงจากข้อมูลเชิงเส้น (vector to raster conversion
2. การสแกนข้อมูลพื้นที่ (scanning)
3. ข้อมูลภาพดาวเทียม (satellite image)

ควอดทรี (quardtree) เป็นการจัดรูปแบบของการเก็บข้อมูลเชิงกริดที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งพื้นที่เป็นตารางกริด ซึ่งมีขนาด 2^n x 2^n ช่อง โดยแต่ละช่องในพื้นที่จะถูกแบ่งเป็น 4 ช่องย่อยๆ เรื่อยไปจนกระทั่งพื้นที่ส่วนหนึ่งเป็นภูมิภาค (region) หนึ่งๆ ประกอบด้วยแผ่นสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดต่างกันเรียงต่อกันเป็นรูปร่างของภูมิภาคพอดี สี่เหลี่ยมจตุรัสแผ่นที่เล็กที่สุดจะเท่ากับ 1 ช่องกริด หรือ 1 พิกเซล

ควอดทรีมีข้อได้เปรียบหลายอย่างเหนือวิธีเก็บรายละเอียดแบบเชิงกริดวิธีอื่นๆ คือ สามารถคำนวณคุณสมบัติพื้นฐานของภูมิภาคได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ สามารถปรับตามความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการบันทึกได้ แต่ปัญหาที่สำคัญของควอดทรีคือการแปลงข้อมูลเบื้องต้นเป็นโครงสร้างควอดทรีไม่มีผลลัพธ์ที่ตายตัว ภูมิภาค 2 แห่งที่มีรูปร่างและขนาดเหมือนกันอาจมีโครงสร้างควอดทรีแตกต่างกัน ลักษณะเด่นอีกประการของควอดทรีคือข้อได้เปรียบในด้านความสามารถในการปรับรายละเอียดที่ต้องการบันทึก

โครงสร้างเชิงเส้นและเชิงกริดมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่เหมาะสม เช่น โครงสร้างราสเตอร์มีความเหมาะสมเกี่ยวกับความผันแปรของปรากฏการณ์ในพื้นที่ ส่วนโครงสร้างแบบกริดจะมีความเหมาะสมสำหรับวิเคราะห์โครงข่าย (network analysis) ซึ่งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของทั้ง 2 โครงสร้างสามารถสรุปได้ ดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อได้เปรียบและเสียเปรียบระหว่างโครงสร้างเชิงเส้นและเชิงกริด

โครงสร้างเชิงกริด (Raster Model)
<u>ข้อดี</u>
1. โครงสร้างข้อมูลง่าย
2. การวางซ้อนและการรวมข้อมูลแผนที่กับข้อมูลการสำรวจระยะไกลทำได้ง่าย
3. การวิเคราะห์ทางพื้นที่ในแบบต่างๆ ทำได้ง่ายและง่ายต่อการแสดงความผันแปรในเชิงพื้นที่
4. การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ง่ายเพราะหน่วยพื้นที่แต่ละหน่วยมีรูปร่างและขนาดเท่ากัน
5. เทคโนโลยีราคาถูกและกำลังมีการพัฒนาอย่างจริงจัง
<u>ข้อเสีย</u>
1. ข้อมูลกราฟิกมีขนาดใหญ่
2. การใช้ช่องกริดใหญ่เพื่อลดปริมาตรข้อมูลทำให้สูญเสียโครงสร้างข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์และเป็นการสูญเสียข้อสนเทศอย่างมาก
3. แผนที่เชิงกริดจะหยาบและไม่สวยเท่ากับแผนที่ที่เขียนด้วยเส้น

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

4. การสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงทำได้ยาก
5. การแปลงเส้นโครงแผนที่ต้องใช้เวลามาก เว้นแต่จะใช้ขั้นตอนวิธีหรือฮาร์ดแวร์พิเศษ
6. มักมีความคลาดเคลื่อนทางรูปร่างและพื้นที่

โครงสร้างเชิงเส้น (Vector Model)

ข้อดี

1. แสดงโครงสร้างข้อมูลเชิงปรากฏการณ์ได้ดี
2. โครงสร้างข้อมูลกะทัดรัด
3. ความเชื่อมโยงทางโทโพโลยีสามารถทำได้ครบถ้วนด้วยการเชื่อมโยงแบบเครือข่าย
4. มีความถูกต้องในเชิงกราฟิก
5. สามารถทำการค้นคืน การแก้ไข และการวางนัยทั่วไปกับข้อมูลกราฟิกและลักษณะประจำได้
6. สามารถทำการแปลงโปรเจคชั่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสีย

1. โครงสร้างข้อมูลซับซ้อน
2. การรวมแผนที่แบบเวคเตอร์หลายๆแผ่นหรือรวมแผนที่เวคเตอร์และราสเตอร์ด้วยวิธีวางซ้อนมีความยุ่งยากมาก
3. การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ยาก เพราะแต่ละหน่วยของแผนที่มีโครงสร้างโทโพโลยีต่างกัน
4. การแสดงภาพและการเขียนเป็นแผนที่เสียค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะเมื่อต้องการแสดงสีและสัญลักษณ์ที่มีคุณภาพสูง
5. ความแปรผันทางด้านพื้นที่สูงจึงไม่เหมาะในการใช้แสดงผล

ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ. 2537; Meijering, et.al. (1994); van Westen (1995)

2.4 การใช้ที่ดิน ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.4.1 ความหมายของ "การใช้ที่ดิน"

ความหมายของคำว่า การใช้ที่ดิน (landuse) หมายถึง ทุกๆ พื้นที่ที่ใช้สำหรับเป็นที่อยู่อาศัย เป็นพื้นที่สำหรับทำฟาร์มจนถึงสนามกอล์ฟ เป็นที่ตั้งบ้านเรือนจนถึงร้านอาหาร และที่ตั้ง

โรงพยาบาลจนถึงสุสาน (Land use includeds "everthing land is used for by residents of the country, from farms to golf courses, houses to fast food establishments, hospitals to gravyards.") (Jackson. 1981) นอกจากนี้ยังมีคำว่า land cover ที่มักใช้ควบคู่ไปกับคำว่า land use ซึ่งหมายถึง พืชพรรณและสิ่งก่อสร้างคลุมอยู่บริเวณผิวดิน (land cover refers to 'the vegetational and artifical constructions covering the land surface.) (Burley. 1971)

ที่ดิน (land) เป็นทรัพยากรที่มีความสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์และพืช เพราะดินเป็นแหล่งผลิตอาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรค และนอกจากนั้นที่ดินก็มีบทบาทต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะในประเทศด้อยพัฒนาและประเทศที่กำลังพัฒนา ทรัพยากรที่ดินจัดเป็นทรัพยากรที่จำกัด หามาทดแทนไม่ได้ และไม่สามารถหามาเพิ่มเติมให้เพียงพอแก่ความต้องการ เพื่อบำบัดความต้องการของประชากรในประเทศที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

Barlowe (1978) กล่าวว่า เศรษฐกิจของหลายๆ ภูมิภาคขึ้นอยู่กับทรัพยากรที่ดิน โดยเฉพาะที่ดินสำหรับการทำฟาร์ม ทุ่งหญ้าสำหรับเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่ป่าไม้ การจัดการทรัพยากรที่ดินได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมจะทำให้ระบบเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของคนในท้องถิ่นดีขึ้น แต่การจัดการทรัพยากรดินเป็นงานที่ค่อนข้างยากและสลับซับซ้อน ที่ต้องอาศัยนโยบายที่สำคัญอยู่ 2 ประการคือ 1. การใช้ประโยชน์สูงสุดและดีที่สุด (highest and best use) แนวโน้มของการเป็นเจ้าของที่ดิน การจัดสรรที่ดิน รวมถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการใช้ที่ดิน โดยทั่วไปแล้ว การใช้ที่ดินไปในทางอุตสาหกรรมและทางการค้าจะได้ผลประโยชน์ตอบแทนสูงกว่าการใช้ทำอย่างอื่น และ 2. สามารถใช้ได้อย่างหลากหลาย (multiple use) หมายถึงสามารถนำที่ดินนั้นมาใช้ได้หลายวัตถุประสงค์ (และเป็นการเปิดโอกาสให้เกิดความขัดแย้งด้วยเช่นกัน) เช่นบริเวณที่เป็นป่าสามารถใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ เป็นบริเวณที่เก็บกักน้ำ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าและในขณะเดียวกันก็เป็นแหล่งผลิตไม้ด้วย

ในอดีตประชากรส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชนบท United Nation (1974) สำรวจพบว่า ในปี 1800 ประชากรของโลก 3% อาศัยอยู่ในเมือง จากนั้นปี 1900 เพิ่มขึ้นเป็น 14% และจำนวนเมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังปี 1950 ถึง 40% ในปี 1974 และเกือบถึง 50% ในปี 1991 หลังจากนั้นการปฏิวัติอุตสาหกรรมและการพัฒนาเส้นทางการคมนาคมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากชนบทพัฒนาเป็นเมืองมากขึ้น ทำให้เกิดการสร้างที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม เขตเศรษฐกิจการค้าต่างๆ ตามมามากมาย (Douglas. 1994) ในการตั้งชุมชนสำหรับเป็นที่อยู่อาศัยจะมีการนำเอาวัตถุต่างๆ เข้ามาใช้ในการอุปโภคและบริโภค และมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพื่อวัตถุประสงค์อื่นซึ่งต้องการพื้นที่มาก นอกจากนี้ยังมีการผลิตของเสียออกจากชุมชน ปลดปล่อยไปในบรรยากาศ ทำให้เกิดการปนเปื้อนบริเวณผิวดินและน้ำใต้ดิน ส่งผลให้กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีแนวโน้มที่จะรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ (United Nation. 1974) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนี้ นอกจากเกิด

จากกิจกรรมของมนุษย์แล้วยังเกิดจากกระบวนการทางกายภาพตามธรรมชาติ แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากมนุษย์จะมีความสำคัญมากกว่าและเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ซึ่งตัวอย่างที่เห็นชัดคือการสูญเสียป่าฝนเขตร้อน และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ที่เป็นเรื่องที่มีการกล่าวถึงกันมากในกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์ทางด้านสิ่งแวดล้อมและนักวางแผนในทศวรรษนี้ (IGBP. 1997) ในอดีตที่ผ่านมาการวางแผนการพัฒนาเมืองมักจะจำกัดเป้าหมายอยู่ที่การเจริญเติบโตของเมืองเท่านั้น แต่ไม่ได้วางแผนถึงขั้นตอนการเจริญและวางแผนรับมือแรงกดดันที่เกิดจากการพัฒนาเมือง และขาดการจัดการและการพัฒนาพื้นที่ที่อยู่รอบๆ เมือง ซึ่งบริเวณนี้จะเปลี่ยนเป็นเมืองในเวลาต่อมา แต่พบว่า บริเวณนี้มักจะไม่ได้รับการพัฒนา การกำหนดเขต การวางแผนทางด้านสาธารณูปโภคต่างๆ ไว้รองรับ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแผนการพัฒนาและเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร เป็นสาเหตุของการพัฒนาที่ไม่มีแบบแผน ได้แก่ ประชากรไม่มีที่ดินเป็นของตนเอง การเกิดสลัมหรือการเข้าไปสร้างที่อยู่อาศัยในที่ดินของรัฐเพื่อให้ได้สิทธิถือครองอย่างถูกต้อง (Brouwer, *et.al.* 1990; Ramesh and Krishnan. 1992) เมื่อขาดการวางแผนเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของประชากร สิ่งที่ติดตามมาของการขยายของเมืองคือที่เรียกว่า urban impact ก็เกิดขึ้นตามมามากมาย ทั้งในพื้นที่เอง รอบๆ เมือง พื้นที่ที่อยู่ทางตอนใต้ของเมือง และพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลออกไป

ส่วนในประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2537-2538 มีประชากรเพิ่มขึ้นถึง 61 ล้านคน ในช่วงนี้อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงถึง 8.4% ในช่วง 2 ปีที่ผ่านมา ผลของการพัฒนาอย่างรวดเร็วทำให้ทรัพยากรธรรมชาติ พื้นที่ป่าไม้มีขนาดลดลง โดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ทางการเกษตร ทั้งโดยวิธีที่ถูกต้องตามกฎหมายและไม่ถูกต้องตามกฎหมาย หรือพัฒนาไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆ คุณภาพของดินและน้ำก็ลดลง

ในปี พ.ศ. 2534 ประเทศไทยมีพื้นที่ทางการเกษตรประมาณ 42% ของพื้นที่ทั้งหมด (212,912 ตารางกิโลเมตร) ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือ 26.64% (136,688 ตารางกิโลเมตร) จาก 40.77% ในปี พ.ศ.2518 ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคม

2.4.2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

คุณลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม (socio-economical characteristics) ประกอบขึ้นมาจากคุณลักษณะของประชากร สถานะทางเศรษฐกิจ การศึกษา เทคโนโลยี และนโยบาย องค์ประกอบเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในแง่ของการเป็นแรงขับเคลื่อน (driving forces) ที่ส่งผลกระทบและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น (IGBP. 1997) ในรายงานบางฉบับกล่าวว่า แรงขับเคลื่อนที่มนุษย์ทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ

ประชากร ความมั่งคั่ง (affluence) และเทคโนโลยี หรือ ประชากร การผลิต และการบริโภค หรืออาจจะเป็นประชากร ความต้องการทรัพยากร และการกระจายของมลภาวะ เป็นต้น แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแรงขับเคลื่อนเพียง 4 ประการเท่านั้น คือ

1. ประชากรและรายได้ที่เปลี่ยนไป
2. การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี
3. นโยบายทางเศรษฐกิจของรัฐบาล
4. ทัศนคติทางวัฒนธรรม หรือ ความเชื่อทางวัฒนธรรมและทัศนคติ

ประชากรและรายได้

เป็นที่ยอมรับกันมานานแล้วว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนประชากรและทรัพยากรสิ่งแวดล้อมส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเกิดการขัดแย้งกันในพื้นที่ หรืออาจจะกล่าวได้ว่า อัตราการเพิ่มจำนวนของประชากรมีมากกว่าความสามารถของโลกในการจะผลิตอาหารและสิ่งที่จำเป็นแก่การดำรงชีวิต (Ehrlich. 1968)

แม้ว่าประชากรจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ก็ยังมีตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องด้วยอีก 2 ตัวแปร คือ ความสามารถของเทคโนโลยี และ ระดับการบริโภค ดังนั้นปฏิกิริยาระหว่างตัวแปร 3 ตัวแปรคือ ประชากร การบริโภคของประชากร 1 คน (หรือความมั่งคั่ง) และเทคโนโลยี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Commoner. 1972)

ส่วนรายได้ต่อคนของประชากรก็เป็นตัวอย่างหนึ่งของกระบวนการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่เป็นตัวแปรหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของรายได้ทำให้เกิดความต้องการสินค้าและบริการเปลี่ยนแปลงไป ต้องการที่อยู่อาศัยที่ดีขึ้น ต้องการการคมนาคมที่สะดวกและสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรที่อาศัยอยู่ในเมือง นอกจากนี้ยังเกิดการอพยพของประชากรในชนบทเข้าเมือง ทำให้ความต้องการสิ่งอุปโภค บริโภคและสาธารณูปโภคเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน สิ่งที่ติดตามมาคือจะต้องมีการผลิตอาหารเพื่อใช้บริโภคเองและผลิตเพื่อการส่งออกเพื่อแลกเปลี่ยนกับอาหารที่นำเข้าให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น (Sage. 1994) และพื้นที่ที่สำคัญที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินคือ ป่าที่ถูกทำลายและเปลี่ยนไปเป็นทุ่งหญ้าสำหรับเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ทำการเกษตรหรือการลดน้อยถอยลงของผลผลิตในพื้นที่ ซึ่งเป็นปัญหาที่ปรากฏให้เห็นทั่วไป

เทคโนโลยีหรือการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี

ความหมายของ "เทคโนโลยี" ในที่นี้จะหมายถึงสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (manmade objects) ซึ่งสิ่งประดิษฐ์เหล่านี้เกิดจากระบบที่ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ (เช่น เครื่องจักรกล โรงงานผลิต

เป็นต้น) ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น แรงงาน พลังงาน วัตถุดิบและทรัพยากรอื่นๆ เป็นต้น และส่วนของซอต์ฟแวร์ เช่น ความรู้ และทักษะ หรือที่เรียกว่า เทคนิค ซึ่งในทางเศรษฐกิจเรียกว่า ความรู้พื้นฐาน ได้แก่ ข้อสนเทศ ทักษะ และขบวนการหรือวิธีการ หรือระบบการจัดการ ที่ต้องการนำมาสร้างสิ่งประดิษฐ์ ส่วนเทคนิคนั้นจะรวมไปถึงขั้นตอนการใช้สิ่งประดิษฐ์นั้น (Sage. 1994)

สิ่งหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีคือ ความสามารถในการผลิตของแรงงานทางการเกษตร ส่วนความแตกต่างในความสามารถในการให้ผลผลิตของพื้นที่แสดงถึงความแตกต่างถึงระบบการทำงานและขั้นตอนการพัฒนาทางการเกษตร (Richard. 1990) ซึ่งเทคโนโลยีในที่นี้จะมองในรูปของการเปลี่ยนแปลงของ

1. เทคโนโลยี/เครื่องจักรกล เช่น รถแทรกเตอร์ และเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยเคมี เป็นต้น
2. การเปลี่ยนแปลงทางด้านชีววิทยา เช่น พืชพรรณชนิดใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง
3. การเปลี่ยนแปลงของสังคม/องค์กรใหม่

Grubler (1994) กล่าวว่า มีแรงผลักดันหลายอย่างที่ทำให้รูปแบบการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลง เช่น การเจริญเติบโตของประชากร การเพิ่มขึ้นของสังคมเมือง ความต้องการที่เปลี่ยนไปเนื่องจากมีรายได้สูงขึ้น และการเพิ่มขึ้นของผลผลิตทางการเกษตรของนานาชาติ เป็นต้น แต่ในทางกลับกันการเปลี่ยนแปลงประชากรและสังคมก็เป็นตัวชักนำให้มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเช่นกัน

<u>นโยบายทางเศรษฐกิจของรัฐบาล</u>

นโยบายทางเศรษฐกิจของรัฐบาลที่สำคัญและเป็นแม่บทสำหรับการพัฒนาประเทศคือ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2504 โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อพัฒนายกระดับความเจริญของประเทศให้สูงขึ้น และเพื่อแก้ไขปัญหาความยากจนที่มีอยู่ให้หมดไป โดยการกระจายรายได้อย่างทั่วถึงและเป็นธรรม ทำให้มีการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในกระบวนการผลิตอย่างกว้างขวาง ในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 1 และ 2 มีวัตถุประสงค์มุ่งเน้นเฉพาะการเจริญเติบโตของผลผลิตมวลรวมและการเพิ่มพูนรายได้ประชาชาติอย่างรวดเร็ว ส่วนแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 3, 4 และ 5 รัฐมุ่งเน้นการรักษาเสถียรภาพทางเศรษฐกิจและการฟื้นฟูเศรษฐกิจของประเทศ (นิพัทธ พุกกะณะสูต. 2538) จากแผนพัฒนาฯ ฉบับต่างๆ ที่ผ่านมา พบว่าเศรษฐกิจไทยเปลี่ยนแปลงไปโดยภาคอุตสาหกรรมและบริการมีอัตราการขยายตัวสูงมาก ส่วนภาคเกษตรมีการขยายตัวต่ำ มีการเคลื่อนย้ายแรงงานจากภาคเกษตรกรรมมายังภาคอุตสาหกรรมและบริการ และกระจุกตัวอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทำให้เมืองมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว จากดัชนีความเป็นเมืองเอกชี้ให้เห็นว่ากรุงเทพมหานครมีประชากรมากกว่าประชากรของจังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นเมืองใหญ่อันดับ 2 ของประเทศกว่า 20 เท่าตัว ทั้งนี้เนื่องจากกรุงเทพและ

ปริมณฑลเป็นศูนย์กลางการอพยพและย้ายถิ่น เป็นศูนย์กลางทางด้านอุตสาหกรรมและบริการ เป็นศูนย์กลางการลงทุน เป็นศูนย์กลางการส่งสินค้าออกที่สำคัญ และเป็นศูนย์กลางการคมนาคมขนส่ง ยิ่งอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูงขึ้นเท่าใดปัญหาความเป็นเมืองก็จะทวีความรุนแรงมากขึ้นตามลำดับ (จารุมา อัชกุล. 2538)

วัฒนธรรมและการเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรม

"วัฒนธรรม" Spencer (1976) ได้ให้ความหมายไว้ว่า วัฒนธรรมประกอบด้วย อุดมคติ ค่านิยม ความเชื่อ ความรู้ ศิลปะ กฎหมายและขนบประเพณี ซึ่งได้รับการถ่ายทอดจากคนรุ่นหนึ่งไปสู่คนอีกรุ่นหนึ่งในสังคมหนึ่งๆ ซึ่งในที่นี้อาจจะรวมถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่เป็นนามธรรมที่ควบคุมวิถีการดำรงชีวิตของสังคม แต่วัฒนธรรมจะต้องมีการถ่ายทอดไปยังคนอีกรุ่นหนึ่ง แสดงให้เห็นว่าวัฒนธรรมเป็นสิ่งที่ยึดถือไว้อย่างถาวร อย่างน้อยก็หนึ่งช่วงอายุคน

ในส่วนของการใช้ที่ดิน Rockwell (1994) กล่าวว่า ผลกระทบของวัฒนธรรมต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไม่สามารถแยกได้อย่างชัดเจนถึงผลกระทบโดยตรง แต่สามารถมองได้ในทางอ้อมโดยผ่านการเจริญเติบโตของประชากร นโยบาย กฎหมายและสถาบันอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ความเคลื่อนไหวทางสังคมและอุปสงค์และการบริโภค เขาเชื่อว่าวัฒนธรรมมีผลโดยตรงต่อแต่ละปัจจัยซึ่งมีผลอย่างรุนแรงต่อที่ดิน

ผลของวัฒนธรรมต่อการเจริญเติบโตของประชากรและการเปลี่ยนแปลงจากชนบทเป็นเมืองใหญ่ คุณค่าและทัศนคติมีผลกระทบต่อขนาดของประชากรและอายุการแต่งงาน อัตราการเกิดของประชากร ช่องว่างระหว่างวัย และอัตราการตายของประชากรก็มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของประชากร ซึ่งตรงกับความเห็นของ Stott (1969) ที่กล่าวว่า ปัจจัยหนึ่งมี่เห็นได้ชัดที่เป็นตัวจำกัดจำนวนประชากรมนุษย์คือวัฒนธรรม เช่นเดียวกับ Ehrlich and Ehrlich (1970) ก็ยืนยันว่าการเจริญเติบโตของประชากรซึ่งเป็นแรงขับอันดับแรกที่มีผลต่อการเสื่อมถอยของสภาพแวดล้อมเป็นผลผลิตพื้นฐานของคุณค่า (values) และ ทัศนคติ (attitudes)

ส่วนผลกระทบของวัฒนธรรมต่ออุปสงค์และการบริโภค สามารถอธิบายได้ว่า คุณค่า และแบบอย่างมีผลโดยตรงต่ออุปสงค์ ซึ่งในที่นี้จะหมายถึงความต้องการวัตถุพื้นฐานสำหรับการดำรงชีวิตและความเหมาะสมเพื่อให้บรรลุถึงมาตรฐานในการดำรงชีวิต และการเปลี่ยนแปลงอุปสงค์เป็นก้าวสำคัญสำหรับการลดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเสื่อมถอยของสภาพแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ

Anderson, *et.al* (1972) และ Treitz, *et.al.* (1992) กล่าวว่า ในประเทศที่พัฒนาแล้ว ธุรกิจสมัยใหม่ การรับรู้และมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอในงานหรือธุรกิจเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยในการตัดสินใจ ข้อมูลการใช้ที่ดินก็เช่นกัน Michalak (1993) กล่าวว่า การเฝ้าติดตามการเปลี่ยน

แปลงการใช้ที่ดินเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดการทรัพยากร การวางแผน หรือการวางนโยบายในส่วนภูมิภาค โดยเฉพาะในปัจจุบันมีความสำคัญเพิ่มขึ้น เพื่อที่จะใช้แก้ไขปัญหาสลัม ปัญหาการเจริญเติบโตของเมือง การขยายตัวรอบๆ เมือง การวางแผนการสร้างถนนและระบบขนส่งต่างๆ นอกจากนี้ข้อมูลการใช้ที่ดินยังเป็นข้อมูลพื้นฐานการวิเคราะห์กระบวนการทางสิ่งแวดล้อมและปัญหา เพื่อให้เข้าใจดีมากขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมการดำรงชีวิตเปลี่ยนแปลงไป ในอดีตที่ผ่านมาหลายๆ หน่วยงานต่างเก็บข้อมูลเกี่ยวกับดินของตนเอง บางครั้งพบว่า เป็นการทำงานซ้ำซ้อน หรือข้อมูลที่เก็บมานั้นมีความเฉพาะเจาะจงมากหรือไม่สามารถนำมาใช้ได้อีกในเวลาต่อมา แม้ว่ามีวัตถุประสงค์ในการใช้อย่างเดียวกัน

นอกจากนี้วิธีการเก็บข้อมูลแบบเก่า (conventional methods) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดิน จะใช้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ความถูกต้อง ความแม่นยำค่อนข้างต่ำและให้ข้อมูลในบริเวณเล็กๆ เท่านั้น (Luong. 1993) Samarakoon, *et.al.* (1995) กล่าวว่าข้อมูลวัตถุคลุมดินและการใช้ที่ดินมักได้จากการสำรวจภาคพื้นดิน หรือจากภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดินเป็นวิธีที่ง่ายและไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญมาก แต่ใช้เวลามากและทำได้ค่อนข้างลำบาก ส่วนวิธีใช้ภาพถ่ายทางอากาศเป็นวิธีที่นิยมมากเมื่อหลายศตวรรษที่ผ่านมา เช่น Jensen, *et.al.* (1983) ใช้ภาพถ่ายทางอากาศและการแปลภาพด้วยสายตา จากนั้นก็นำแผนที่ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายทางอากาศมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศและแผนที่ที่มีอยู่เดิม ซึ่งวิธีนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ใช้เวลานาน ทำให้หน่วยงานไม่สามารถปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยได้บ่อยครั้ง นอกจากนี้มนุษย์ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนของข้อมูลในการวิเคราะห์และใช้ในขั้นตอนการแปล (Webber and Coskunoglu. 1990)

ต่อมาดาวเทียมสำรวจทรัพยากรได้รับการพัฒนาให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น มีรายละเอียดข้อมูลสูงขึ้น มีส่วนกระตุ้นให้มีการใช้ข้อมูลในการศึกษาในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านป่าไม้ การเกษตร ธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ การทำแผนที่ และด้านการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตลอดจนการทำแผนที่แสดงขอบเขตการใช้ที่ดินแต่ละประเภท การนำข้อมูลดาวเทียมมาใช้มีทั้งวิธีการแปลด้วยสายตาและการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลวัตถุคลุมดินและการใช้ที่ดินที่มีความถูกต้อง แม่นยำและทันสมัยอยู่เสมอ เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่กว้างใหญ่ สามารถกลับมาถ่ายภาพบริเวณเดิมได้ ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปดิจิตอล และมีความสม่ำเสมอของข้อมูล (Samarakoon, *et.al.* 1995) ช่วยในการศึกษาลักษณะของการใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดินบริเวณเมือง รวมถึงบริเวณชานเมือง (Ehlers, *et. al.* 1990) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์การเปลี่ยนแปลงการตามธรรมชาติ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลจากดาวเทียมที่มีอยู่ในอดีตกับปัจจุบัน (Luong. 1993)

ในการวางแผนแก้ปัญหาต่างๆ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็ต้องการข้อสนเทศที่เหมาะสมกับเวลา และมีความถูกต้องเกี่ยวกับวัตถุคลุมดินและการใช้ที่ดิน แต่การสำรวจและการทำแผนที่แบบเก่าก็ไม่สามารถที่จะให้ข้อสนเทศที่เหมาะกับเวลา และคุ้มค่าแก่การลงทุน ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ การแก้ไขวิธีการรับข้อมูล ซอฟต์แวร์ที่ดีขึ้นและที่สำคัญคือราคาของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ที่ต่ำลง ทำให้มีการออกแบบและพัฒนาเทคนิคใหม่ๆ สำหรับกระบวนการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่และการนำเข้าข้อสนเทศจากการสำรวจจากระยะไกลมาใช้ร่วมกับแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อสามารถเพิ่มศักยภาพในด้านคุณภาพ ความมีประสิทธิภาพ ความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน และคุ้มค่าแบการลงทุนในกระบวนการติดตามการใช้ที่ดิน (Lindgren. 1985; De Bruijn. 1987; Barnsley. 1988)

ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นการแสดงถึงการแปลงข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์มาเป็นข้นสนเทศการใช้ที่ดิน มีงานหลักๆ ที่สำคัญอยู่ 3 งาน ในการแปลงข้อมูลดิบไปเป็นแผนที่การใช้ที่ดิน คือ 1. การนำเข้าข้อมูล 2. งานวิเคราะห์ข้อมูล และ 3. งานแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์

การนำเข้าข้อมูล ข้อมูลการจากการสำรวจจากระยะไกลที่นำมาใช้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งข้อมูล คือ ข้อมูลแบบอนาล็อกจากภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลแบบดิจิตอลจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งในขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลสามารถแบ่งออกได้อีก 5 ขั้นตอนย่อย คือ

- การแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลดิจิตอล (digital conversion)
- การแก้ไขความถูกต้องของข้อมูลและการซ้อนทับข้อมูล
- การจำแนกประเภทข้อมูลแบบที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ (unsupervised classification)
- การจำแนกประเภทข้อมูลแบบที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณค่าทางสถิติ (supervised classification)
- การประเมินความถูกต้องแม่นยำ (accuracy assessment)

เมื่อสำเร็จทั้ง 5 ขั้นตอนนี้จะได้แผนที่วัตถุคลุมดินที่อยู่ในรูปดิจิตอลและสามารถนำไปใช้ร่วมกับฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อื่นๆ ได้

ส่วนการสร้างฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีขั้นตอนที่สำคัญได้แก่ การนำเข้าข้อมูลที่อยู่ในรูปแผนที่ ข้อมูลทางสถิติ รวมถึงข้อมูลจากการสำรวจภาคพื้นดิน จากนั้นจึงนำข้อมูลเหล่านี้มารวมกับฐานข้อมูลดิจิตอลอื่นๆ ที่มีอยู่ ในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วยการแปลงข้อมูลไปอยู่ในรูปดิจิตอล การให้รหัสและลงทะเบียนข้อมูล การแก้ไขและการแปลงข้อมูล

งานวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจะปฏิบัติในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยชั้น (layer) ชั้นของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ประกอบด้วยข้อสนเทศที่เกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศที่เฉพาะของแต่ละชั้น และก่อนที่จะนำเอาชั้นเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์จะต้องใส่ค่าพิกัดและระบบอ้างอิงให้แก่ข้อมูลเหล่านั้นก่อน และต้องกำหนดรูปแบบของการเก็บข้อมูล (vector/raster หรืออื่นๆ) ให้เหมาะสมและส่งเสริมกระบวนการวิเคราะห์ในระบบ

ในขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สิ่งที่สำคัญคือความแตกต่างของข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่จะต้องมีอย่างน้อย 2 ระดับ (class) ใน 2 เวลาที่แตกต่างกัน จากนั้นการใช้วิธีการคำนวณเพื่อหาพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง/ไม่เปลี่ยนแปลง สุดท้ายก็จะได้ข้อสนเทศการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป

การแสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะอยู่ในรูปแผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และข้อสนเทศทางด้านสถิติที่อยู่ในรูปข้อมูลดิจิตอล แผนที่ที่เป็นกระดาษ และตารางทางสถิติ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Treitz, *et.al.* (1992) กล่าวว่า เขตเมือง (urban area) โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ขอบหรือรอบนอกของเมือง (rural-urban fringe) จะมีการเปลี่ยนการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็วหรือเร็วมากในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยพื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นที่เกษตรหรือที่โล่ง จะเปลี่ยนไปเป็นหมู่บ้านและเขตเศรษฐกิจหรืออุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินในลักษณะนี้จะส่งผลกระทบต่อหน่วยงานที่บริหารเขตเมืองนั้น ได้แก่ ปัญหาความต้องการสาธารณูปโภคพื้นฐานเพิ่มขึ้น (เช่น การกระจายของการประปา ระบบการกำจัดของเสีย การคมนาคมขนส่ง และสาธารณูปโภคอื่นๆ) การขาดแคลนพื้นที่ที่จะทำการเกษตรและสถานพักผ่อนหย่อนใจ ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดผลกระทบต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น บริเวณที่เป็นที่ลุ่มน้ำขัง หรือบริเวณที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า เป็นต้น ในการที่นักผังเมืองจะวางผังเพื่อพัฒนาพื้นที่และวางแผนสำหรับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่จึงต้องอาศัยข้อสนเทศที่ทันสมัย (Higgs. 1979; Ehlers, *et.al.* 1990; Freitz, *et.al.* 1992) เพื่อเป็นพื้นฐานความเข้าใจถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะการขยายของเขตที่อยู่อาศัยการพัฒนาเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนมากแล้วการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะมองเห็นได้ชัดเจนโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศโดยอาศัยเทคนิคการแปลภาพด้วยสายตา แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีอยู่เดิม และข้อมูลแผนที่ (Jensen, et.al. 1983) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยเทคนิคนี้มีการทำมานานแล้ว เช่น Lo and Wu (1984) ได้ใช้ภาพถ่ายทางอากาศในปี 1956, 1967 และ 1980 ในการติดตามพัฒนาการและการเจริญของ

เมือง Kwun Tong ในฮ่องกง Adeniyi (1980) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศหลายช่วงเวลาร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ในการติดตามการเจริญเติบโตของเมือง Lagos ประเทศไนจีเรีย และ Richter (1969) ศึกษาลำดับการเปลี่ยนแปลงของเมืองโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น

ต่อมาวิวัฒนาการทางด้านการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลโดยเฉพาะข้อมูลที่ได้จากการบันทึกด้วยดาวเทียมและเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์เริ่มเข้ามามีบทบาทอย่างมากในการศึกษาและติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยอาศัยคุณสมบัติพิเศษของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยดาวเทียมแต่ละดวง (สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. 2536; ดาราศรี ดาวเรือง และคณะ. 2538) ซึ่งได้แก่

- การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (Synoptic view) คือข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมครอบคลุมพื้นที่กว้าง ทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่องในระยะเวลาการบันทึกสั้นๆ และสามารถนำไปศึกษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณกว้างขวางต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ

- การบันทึกข้อมูลได้หลายช่วงคลื่น (Multispectral) เนื่องจากดาวเทียมมีระบบบันทึกข้อมูลที่สามารถบันทึกข้อมูลบริเวณเดียวกันได้หลายช่วงคลื่น ทั้งในช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็นและนอกเหนือสายตามนุษย์มองเห็น ทำให้แยกวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลกได้อย่างชัดเจน

- การบันทึกข้อมูลซ้ำบริเวณเดิม (Repetitive Coverage) เนื่องจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากเหนือลงใต้ และกลับมาบันทึกข้อมูลบริเวณเดิมในเวลาท้องถิ่นที่คงที่ และในช่วงเวลาที่แน่นอน ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลบริเวณเดิมได้ในหลายช่วงเวลาด้วยกัน นั่นคือในแต่ละบริเวณจะมีข้อมูลที่ทันสมัยอยู่เสมอ ซึ่งสามารถนำข้อมูลในหลายช่วงเวลาเหล่านี้มาเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนพื้นโลกได้อย่างดี และช่วยให้มีโอกาสที่จะได้ข้อมูลที่ไม่มีเมฆปกคลุม

- การให้รายละเอียดหลายระดับ ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมแต่ละดวงให้รายละเอียดหลายระดับ ทำให้สามารถเลือกข้อมูลที่มีรายละเอียดเหมาะสมไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์

- การให้ภาพสีผสม (False Colour Composite) เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียมในช่วงคลื่นเดียวกันจะให้ข้อมูลลักษณะขาว-ดำ แต่ถ้านำข้อมูลมาซ้อนทับกัน 3 ช่วงคลื่น (หรือ 3 แบนด์) ก็สามารถทำให้เกิดภาพสีได้ โดยทั่วไปจะให้สีในลักษณะเช่นเดียวกับการเกิดสีของฟิล์มสีอินฟราเรด หรือจะให้สีอื่นๆ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์

- การเน้นคุณภาพของข้อมูล (Image Enhancement) ข้อมูลต้นฉบับจากดาวเทียมสามารถนำมาปรับปรุงให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปแล้วในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละบริเวณ ข้อมูลที่ปรากฏให้เห็นทั่วไปอย่างเช่น การใช้ที่ดิน อาคารสิ่งก่อสร้าง ถนนหนทาง ไม่เพียงพอที่จะใช้วางแผนเพื่อแก้ปัญหาในปัจจุบัน ทำให้นักวางแผนหันมาอาศัยคุณสมบัติของข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลมาช่วยในการวางแผน เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติเหมาะสมหลายประการ เช่น สามารถบันทึกข้อมูลได้หลายช่วงระยะเวลา หลายช่วงคลื่น หรือในบางกรณีสามารถบันทึกข้อมูลที่ให้รายละเอียดสูงเกือบเท่าภาพถ่ายทางอากาศ ทำให้ข้อมูลจากดาวเทียมเป็นประโยชน์อย่างมากในด้านการจำแนก และติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการประโยชน์ของพื้นที่ในปัจจุบัน (ประสพชัย นามลาพุทธา. 2536) Higgs (1979) กล่าวว่าข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งข้อมูลที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่เมือง และเริ่มจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการทำความเข้าใจและแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับเมืองและพื้นที่นอกเมือง โดยเฉพาะข้อมูลจากดาวเทียมที่มีคุณสมบัติของการกลับมาบันทึกข้อมูลบริเวณเดิมในเวลาที่กำหนด และสามารถบันทึกข้อมูลครอบคลุมพื้นที่กว้าง นอกจากนี้แล้วดาวเทียมในยุคที่ 2 (second generation) ยังได้พัฒนาให้บันทึกข้อมูลได้รายละเอียดที่สูงขึ้น เช่น ดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM มีรายละเอียดของภาพ 30 เมตร ดาวเทียม SPOT ระบบ MLA มีรายละเอียดของภาพ 20 เมตร และดาวเทียม SPOT ระบบขาวดำ มีรายละเอียดของภาพ 10 เมตร เป็นต้น ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีประสิทธิภาพ และสามารถนำมาปรับปรุงข้อสนเทศให้ทันสมัย เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนพัฒนาสิ่งแวดล้อมของเมือง รวมถึงบริเวณชานเมือง (Ehlers, *et.al.* 1990) นอกจากนี้ข้อมูลดาวเทียมยังให้รายละเอียดถึงโครงสร้างสาธารณูปโภค ซึ่งได้แก่ แหล่งน้ำ การคมนาคม ที่อยู่อาศัย แหล่งทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ใช้วิเคราะห์และประเมิน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณและคุณภาพของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในปัจจุบันว่า สอดคล้องและเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่กำหนดไว้หรือไม่ มีพื้นที่ซึ่งใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติไม่ถูกต้องและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ใดในปริมาณมากน้อยเพียงใด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมประกอบกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินสถานการณ์ (ประสพชัย นามลาพุทธา. 2536) นอกจากนี้ข้อมูลจากดาวเทียมยังมีการบันทึกและจัดเก็บไว้ในรูปแบบตัวเลข ทำให้สะดวกในการใช้เป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภายหลังจากที่ผ่านขบวนการจำแนกแล้ว (Petersen, *et.al.* 1995)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึงระบบที่สามารถป้อนข้อมูล จัดเก็บข้อมูล จัดการข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์หรือข้อมูลทางพื้นที่ (ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2538; Rajan. 1991; Congalton and Green. 1995) นอกจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะใช้ได้ผลและมีประสิทธิภาพในการเก็บและจัดการกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลแล้ว ยังสามารถจัดเก็บและจัดการข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวกับพื้นที่และไม่เกี่ยวกับพื้นที่ได้อีกด้วย และระบบยัง

เปิดโอกาสให้มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลให้ทันสมัยได้ง่ายและรวดเร็ว จากคุณสมบัติที่ส่งเสริมกันระหว่างการใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลในการปรับปรุงข้อสนเทศของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อพิสูจน์ศักยภาพการสกัดข้อมูลจากข้อมูลการสำรวจระยะไกล ถือว่าเป็นประโยชน์หลักของการใช้เทคโนโลยีทั้งสองนี้ร่วมกัน (Krishnamurthy, *et.al.* 1993) นอกจากนี้การแสดงข้อมูลที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังสามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งบนผิวโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Burrough, 1986) ซึ่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสภาพพื้นที่สามารถหาหรือวัดได้จากแผนที่ โดยการดิจิไตซ์ การสแกนหรือหาจากการสำรวจในภาคสนามโดยการใช้เครื่องมือในการสำรวจที่เรียกว่า เครื่องมือวัดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS) (Petersen, *et.al.* 1995)

Krishnamurthy, *et.al.* (1993) กล่าวว่า หัวใจสำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือความหลากหลายของข้อมูลที่สามารถหาได้จากการสำรวจในสนาม จากภาพถ่ายทางอากาศ จากการสำรวจด้วยดาวเทียม แผนที่ภูมิประเทศและแผนที่เฉพาะด้าน รวมถึงเอกสารและข้อมูลอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ โดยข้อมูลเหล่านี้จะมีคุณลักษณะพิเศษคือสามารถหาได้ง่าย (availability) ใช้ร่วมกับข้อมูลอื่นได้ (compatibilty) เป็นข้อมูลที่เชื่อถือได้ (reliability) เป็นข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (flexibitity) มีความเหมาะสม (timeliness) สามารถนำมาใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องได้ (processibility) และเป็นข้อมูลที่มีเหตุผลและเป็นไปได้ในสภาพความเป็นจริง (sensibility) ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้จะพบได้จากข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล

ในการศึกษาเกี่ยวกับการแยกประเภทของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน Westmoreland and Stow (1994) ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจระยะไกลร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินให้ทันสมัยขึ้น จากการศึกษาพบว่า มี 2 กระบวนการเข้ามาเกี่ยวข้องกันคือ กระบวนการตรวจ (detection) และการวิเคราะห์แยกแยะ (delineation) พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การแบ่งแยกประเภทการใช้ที่ดิน พบว่า 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสามารถแบ่งแยกประเภทการใช้ที่ดินได้ 19 ประเภท

Ehlers, *et.al.* (1990) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ในการวิเคราะห์การเจริญของพื้นที่และการวางแผนในท้องถิ่น โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ให้ได้ผลที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับเขตเมืองและการพัฒนาพื้นที่รอบนอกของรัฐ Maine พบว่า การใช้วิธี Unsupervised Classification ในการจำแนกประเภทข้อมูลร่วมกับเทคนิคการตีความหมายข้อมูลจากดาวเทียมสามารถใช้วิเคราะห์การใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดินและรูปแบบการพัฒนาหรือการเจริญของท้องถิ่นได้ โดยมีความแม่นยำสำหรับการตรวจวัดความเจริญสูงถึง 93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้มาใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะทำให้สามารถวัดพื้นที่และวิเคราะห์รูปแบบ

การกระจายตัวของพื้นที่และฐานข้อมูลนี้สามารถนำมาปรับปรุงข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้ทันสมัยอยู่เสมอ

Hung (1994) ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณจังหวัดปทุมธานี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เก็บข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคมไว้สำหรับเป็นฐานข้อมูล และใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS ปี พ.ศ.2529 ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT บันทึกในปี พ.ศ.2532, LANDSAT ระบบ TM บันทึกในปี พ.ศ.2533, พ.ศ.2535 และ SPOT บันทึกปี พ.ศ.2536 พบว่า ในบริเวณที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวไปเป็นพื้นที่ปลูกไม้ผลและสิ่งก่อสร้าง ส่วนปัจจัยที่ส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินคือปัจจัยเกี่ยวกับเศรษฐกิจและสังคม โดยเฉพาะการสร้างถนน จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปเป็นสิ่งก่อสร้างและสวนผลไม้จะขยายไปตามเส้นทางที่เพิ่มขึ้น

Vibulsresth, *et.al.* (1991) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกข้าวไปเป็นพื้นที่อื่นๆ อันเนื่องจากมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วบริเวณชานเมืองทางเหนือของกรุงเทพมหานคร ในช่วงปี พ.ศ.2522 ถึง พ.ศ.2532 โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS (แบนด์ 4,5 และ7) มาตราส่วน 1:1,000,000 บันทึกวันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ.2522, LANDSAT ระบบ TM เป็นข้อมูลภาพ geocoded แบนด์ 2, 3 และ 4 มาตราส่วน 1:125,000 บันทึกวันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ.2532 แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางที่ 5137 I, II, III และ IV และ ระวางที่ 5136 I, IV และข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM แบนด์ 3, 5 และ 4 และแบนด์ 2, 3 และ 4 มาตราส่วน 1:500,000 บันทึกวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2533 LANDSAT 5 ระบบ TM แบนด์ 3, 5 และ 4 มาตราส่วน 1:500,000 บันทึกวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ.2533, LANDSAT 5 ระบบ TM แบนด์ 2, 3 และ4 และ 3, 5 และ 4 บันทึกเดือนมกราคม พ.ศ.2530 และ SPOT ระบบ PLA ภาพ geocoded มาตราส่วน 1:50,000 ตรงกับแผนที่ระวาง 5137 III บันทึกวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ.2531 สิ่งที่ได้จากการศึกษาคือแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน มาตราส่วน 1:125,000 และในรอบ 10 ปี โดยที่มีการเปลี่ยนแปลงจากนาข้าวไปเป็นพื้นที่อื่นร้อยละ 26.2 ของพื้นที่ศึกษา และพบว่า ข้อมูลดาวเทียมจะมีประโยชน์มากในการนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยเฉพาะข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ที่บันทึกด้วยระบบ TM ส่วนข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ที่บันทึกด้วยระบบ MSS เหมาะกับการนำไปในวิเคราะห์หาบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่

ในปัจจุบันมีการนำเครื่องมือวัดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (GPS) ไปใช้ร่วมกับการสำรวจข้อมูลระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การใช้เครื่องมือวัดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (GPS) การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล และระบบสารสนเทศ

ภูมิศาสตร์ เพื่อสร้างข้อมูลพื้นฐานตัวเลข สำหรับการจัดการทรัพยากรชายฝั่งทะเลในเกาะ Sapelo รัฐ Georgia ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:5,000 แผนที่การใช้ที่ดิน และ แผนที่วัตถุคลุมดิน มาตราส่วน 1:24,000 และแบบจำลองระดับความสูงเชิงตัวเลขของเกาะและบริเวณที่เป็นโคลนที่อยู่รอบเกาะ ในช่วงเวลา 40 ปี ตั้งแต่ปี 1953-1993 ซึ่งการสำรวจเกาะนี้มีอุปสรรค์คือในสภาพภูมิประเทศที่เป็นโคลน มีน้ำขึ้น-ลงทำให้เข้าไปทำการสำรวจได้ลำบาก ขาดแผนที่ที่ทันสมัยและบนเกาะมีหมุดหลักฐานถาวรไม่เพียงพอสำหรับการทำแผนที่ภูมิประเทศ จึงมีการนำเอาเครื่องมือวัดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (GPS) ภาพถ่ายทางอากาศที่ระดับความสูง 2,438 เมตร (มาตราส่วน 1:16,000) และที่ระดับความสูง 3,657 เมตร (มาตราส่วน 1:24,000) และการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อหาโครงข่ายจุดควบคุมที่มีความถูกต้อง เพื่อนำไปทำแผนที่ภูมิประเทศต่อไป แล้วนำโครงข่ายจุดควบคุมมาสร้างภาพถ่ายโมเสคที่อยู่ในรูปตัวเลข ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่ก่อให้เกิดความสะดวกต่อการจัดการแหล่งทรัพยากรธรรมชาติชายฝั่ง และจากเทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยการซ้อนทับของข้อมูลแต่ละชั้น ทำให้ทราบว่า ขนาดของเกาะมีขนาดเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เฮกตาร์ต่อปี ระหว่างปี 1953 ถึง ปี 1974 และเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เฮกตาร์ต่อปี ตั้งแต่ปี 1974 จนถึงปี 1933 (Gibbons. 1992; Welch, *et.al.* 1993)

นอกจากนี้การศึกษาถึงความถูกต้องแม่นยำของแผนที่ที่ผลิตขึ้นมาได้ก็มีความสำคัญ เนื่องจากในปัจจุบันมีหน่วยงานหลายๆ หน่วยงานใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ในการวางแผนและการตัดสินใจในการจัดการ ทำให้มีความต้องการใช้แผนที่เฉพาะที่อธิบายถึงการใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดินมากขึ้น และมีหลายหน่วยงานเช่นกันที่ผลิตและแบ่งปันกันใช้ข้อมูล แต่ละหน่วยงานก็มีข้อจำกัดในหลายๆ ด้าน เช่น งบประมาณ เวลาและการฝึกฝน ทำให้แผนที่ที่ผลิตได้มีคุณภาพแตกต่างกันไปด้วย Maling (1989) กล่าวว่า แผนที่เป็นแบบจำลองอย่างง่ายที่แสดงถึงสภาพความเป็นจริงของผิวโลกและความถูกต้องแม่นยำของแผนที่ก็จะขึ้นอยู่กับวิธีการและความเอาใจใส่ในการผลิตที่ถูกบังคับด้วยปัจจัยหลายๆ อย่าง รวมทั้งทฤษฎีในการจำแนกประเภทข้อมูล คุณภาพของข้อมูล ขนาดของหน่วยแผนที่ มาตราส่วนที่แสดงและความชำนาญของผู้ที่แปลและตีความภาพถ่ายทางอากาศ หรือผู้วิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม Dicks and Lo (1990) กล่าวว่า แผนที่การใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดินทุกแผนที่จะมีความผิดพลาดในตัวของมันเอง ดังนั้นแผนที่ควรจะได้รับการวิเคราะห์หาความความถูกต้องก่อนที่จะถูกนำไปใช้ Fung and Ledrew (1988) และ Congalton (1991) กล่าวว่า ตัวเลขของการประเมินค่าความถูกต้องแม่นยำสามารถใช้ประเมินความถูกต้องแม่นยำการจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียมได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้วิธีเปรียบเทียบกันระหว่างแผนที่ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลจาก

ดาวเทียมกับข้อมูลภาคสนามหรือภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้อง (Hord and Brooner. 1976)

Sangawongse (1995) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแอ่งเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat –5 TM พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ด้วย นอกจากนี้ยังได้มีการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำแผนที่ที่ได้จากการศึกษา โดยได้ทำ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการประเมินความเป็นเอกพันธ์ของพื้นที่ตัวอย่าง วิธีนี้ความถูกต้องของพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลภาพปี ค.ศ. 1988 และ ค.ศ.1991 มีค่าประมาณ 97 และ 96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าตัวเลขนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นเอกพันธ์ของข้อมูลบริเวณที่เป็นพื้นที่ตัวอย่างของทั้ง 2 ปี ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการประเมินความถูกต้องข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียมเทียบกับข้อมูลภาคสนาม ใช้จุดตัวอย่างทั้งหมด 166 จุด ในการทำ error matrix พบว่า ค่า overall accuracy ของปี ค.ศ.1988 และ ค.ศ.1991 มีค่าเท่ากับ 82 และ 85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบอีกว่ามีความสับสนระหว่างประเภทของการใช้ที่ดินและวัตถุคลุมดินที่แตกต่างกันในตาราง error matrix ที่มีสาเหตุมาจากความสามารถในการสะท้อนแสงที่แตกต่างกันของวัตถุคลุมดินแต่ละชนิด

เช่นเดียวกับการศึกษาของ Treitz et. al. (1992) ที่ศึกษาการใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการทำแผนที่วัตถุคลุมดินและการใช้ที่ดินบริเวณชานเมืองโตรอนโต ประเทศแคนนาดา โดยใช้ข้อมูล SPOT HRV 2 ช่วงเวลา และพบว่า ค่า Overall Kappa coefficient ของบริเวณ training area มีค่าประมาณ 82.2% ส่วนของพื้นที่ทดสอบมีค่าเท่ากับ 70.3% และมีความสับสนระหว่างบริเวณที่เป็น cleared land และบริเวณก่อสร้าง ทำให้ค่า omission error สูงถึง 42.7% และ 33.0% ตามลำดับ และค่า commission error มีค่าเท่ากับ 81.2% และ 18.2% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นที่โล่งเตียน (cleared land) และบริเวณก่อสร้างจะคล้ายคลึงกันมากและมักปรากฏว่ามีพื้นที่โล่งเตียนพื้นที่กว้างๆ ปรากฏอยู่ในบริเวณก่อสร้างอีกด้วย

Forst (1981) และ Barr (1992) กล่าวว่าปัญหาหลักของความถูกต้องแม่นยำในการผลิตแผนที่การใช้ที่ดินที่แตกต่างไปจากความจริงเนื่องจาก บริเวณพื้นที่เมืองประกอบด้วยกิจกรรมการใช้ที่ดินของชุมชนที่แตกต่างกัน (หรือประเภทของวัตถุคลุมดินแตกต่างกัน) เช่น กิจกรรมของประชากรในพื้นที่ ประเภทของพืชพรรณ และแหล่งน้ำ ซึ่งมีคุณลักษณะการสะท้อนแสงแตกต่างกัน ทำให้การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลที่ปรากฏอยู่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (Erb. 1977; Carter, *et.al*, 1975; Owe and Ormsby. 1984; Milazzo, *et.al.*, 1984) นอกจากนี้ยังมีบางปัญหาที่พบว่าทำให้ระดับความถูกต้องแม่นำลดลง Barnsley and Barr (1992) กล่าวว่า การใช้ข้อมูลจากเครื่องมือบันทึกข้อมูล (sensor) ที่ให้รายละเอียดสูงขึ้น ไม่ได้ให้ค่าความ

ถูกต้องแม่นยำในการจำแนกประเภทข้อมูลสูงเสมอไป ทั้งนี้พบว่า ในบางกรณีเกิดจากปัญหา scene noise สูง ที่เกิดขึ้นเนื่องจากธรรมชาติที่แตกต่างกันของลักษณะการสะท้อนแสงที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมของเมือง ดังนั้นในการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อให้ได้ผลของการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินถูกต้องแม่นยำประสบผลสำเร็จ ควรทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ในฤดูเดียวกัน ภายใต้สภาวะการณ์ที่คล้ายคลึงกัน (Murai et.al., 1990)

Toll (1985) กล่าวว่า ระบบบันทึกของมูล TM เป็นระบบบันทึกที่ให้รายละเอียดข้อมูลสูง (30 เมตร) แต่ความถูกต้องแม่นยำในการนำแจกประเภทข้อมูลลดลง เนื่องจากมีความแตกต่างของประเภทข้อมูลเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างระบบบันทึกข้อมูล TM และ MSS พบว่า ค่า overall accuracy ของการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นจาก 74.8% เป็น 83.2% เหตุที่ทำให้การจำแนกประเภทแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างกันของระบบบันทึกข้อมูล TM และ MSS ที่ประกอบด้วย 1. รายละเอียดของข้อมูล (30 เมตร สำหรับ TM และ 80 เมตร สำหรับ MSS) 2. ระดับความเข้มของสี (256 ระดับ สำหรับ TM และ 64 ระดับ สำหรับ MSS) และ 3. ช่วงความยาวคลื่น (TM มี 7 แบนด์ ใน 4 ช่วงคลื่นหลัก และ 4 แบนด์ ใน 2 ช่วงคลื่นของ MSS)

ในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลจะกระทำโดยการเปรียบเทียบแผนที่ที่ได้จากการจำแนกจากดาวเทียมกับข้อมูลอ้างอิงอิสระอีกชุดที่มีรายละเอียดมากกว่า วิธีการเก็บตัวอย่าง ขนาดของตัวอย่าง ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างของแต่ละวิธีการเก็บตัวอย่างมีหลายวิธี แต่ละวิธีก็มีผลต่อค่าการประเมินความถูกต้อง Congalaton (1991) กล่าวว่า ในการประเมินความถูกต้อง การวางแผนเก็บตัวอย่างมีผลต่อความน่าเชื่อถือของการประเมินความถูกต้อง ซึ่งการเก็บตัวอย่างจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง คือ 1. หน่วยของการเก็บตัวอย่าง (เช่น พิกเซล หรือโพลีกอน) 2. วิธีการเก็บตัวอย่าง (เช่น สุ่มเก็บ) และ 3. ขนาดของตัวอย่าง Muller et al. (1998) กล่าวว่า การวางแผนในการเก็บตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์มีผลต่อการประมาณค่าความถูกต้องการการจำแนกประเภทข้อมูลและการนำไปใช้ประโยชน์ ความผิดพลาดเกี่ยวกับตำแหน่งระหว่างข้อมูลอ้างอิงและแผนที่ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมก็เป็นจุดสำคัญที่จะทำให้เกิดความลำเอียงในกระบวนการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล และความผิดพลาดในด้านตำแหน่งในข้อมูลอ้างอิงก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเช่นกัน และเมื่อนำเอาแผนที่ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลดาวเทียมไปซ้อนทับกับข้อมูลอ้างอิงเพื่อทำการประเมินความถูกต้อง ข้อผิดพลาดทางด้านตำแหน่งก็ยังคงอยู่ในแผนที่อ้างอิงและทำให้ค่าการประเมินไม่ถูกต้อง

ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะทำโดยใช้ข้อมูล 2 ช่วงเวลามาเปรียบเทียบกับ ดังนั้นข้อมูลจากทั้ง 2 ช่วงเวลาควรจะมีคุณลักษณะของข้อมูลต่างๆ โดยเฉพาะลักษณะที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ที่จะทำให้ได้ผลของการ

จำแนกประเภทการใช้ที่ดินมีความถูกต้อง เพื่อลดความผิดพลาดในการติดตามการเปลี่ยนแปลง (Sangawongse, 1995) โดย Jensen (1981) ได้แนะนำว่า ปัจจัยสำคัญที่ควรจะรับไว้พิจารณาเมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน คือความคุ้นเคยกับพื้นที่ศึกษา คุณภาพของข้อมูลและวิธีการหรือทฤษฎีติดตามการเปลี่ยนแปลง

Hord and Brooner (1976) กล่าวถึงองค์ประกอบ 3 ประการ ที่กำหนดคุณภาพของแผนที่เฉพาะ (Thematic map) ได้แก่ ความผิดพลาดในตำแหน่งของขอบเขต คุณสมบัติทางเรขาคณิตของแผนที่และการจำแนกประเภทข้อมูล ความผิดพลาดทั้ง 3 นี้จะมารวมกันในขั้นตอนของการซ้อนทับข้อมูล โดยความผิดพลาด 2 ประการแรก เกิดขึ้นในขั้นตอนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แต่ความผิดพลาดทั้ง 2 ประการนี้เป็นความผิดพลาดที่มีอยู่แล้วในข้อมูลดิบตั้งแต่เดิม และความผิดพลาดในขั้นตอนของการจัดการจะเพิ่มขึ้นจาก data capture และ manipulation ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Walsh et. al., 1987) เช่นเดียวกับ Newcomer and Szajgin (1984) ที่กล่าวว่า ความผิดพลาดในขั้นตอนการจัดการ อาจจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความผิดพลาดเนื่องจากตำแหน่ง และจากการจำแนกประเภทข้อมูล และรวมกันเป็นส่วนประกอบของทุกแผนที่ที่จะซ้อนทับ

บทที่ 3
กรุงเทพมหานครกับการใช้ที่ดิน

3.1 ความสำคัญ

การพัฒนาประเทศในช่วงที่ผ่านมา ทำให้กรุงเทพมหานครขยายตัวจากเมืองหลวงขนาดเล็กกลายเป็นมหานครขนาดใหญ่แห่งหนึ่งของโลกในปัจจุบัน และมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้เจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว โดยเป็นทั้งศูนย์กลางการบริหารราชการ ธุรกิจการค้า การบริการต่างๆ ตลอดจนเป็นแหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งจ้างงานที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ผลของการพัฒนาเศรษฐกิจโดยส่วนรวมของประเทศในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นร้อยละ 7-8 ต่อปี และในช่วงปี พ.ศ.2529-2532 ราคาผลผลิตได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประกอบกับอัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 ของการส่งออกทั้งหมด ส่งผลให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจของชาติเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ในระดับร้อยละ 11.6 ต่อปี

เมื่อพิจารณาถึงภาพในอนาคตของการเติบโตของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) มีแนวโน้มว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 9.5 ขณะที่อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของทั้งประเทศเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 8.2 จึงพอสรุปได้ว่า กรุงเทพ-มหานครจะยังเป็นศูนย์กลางของความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจโดยส่วนรวมของประเทศต่อไป

สิ่งที่ผลักดันให้เศรษฐกิจของประเทศเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงประเทศเข้ากับเศรษฐกิจโลก ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศเข้าสู่ประเทศกึ่งอุตสาหกรรม ซึ่งแต่เดิมเศรษฐกิจของไทย ตลอดจนการส่งออกยังต้องพึ่งพาการเกษตรเป็นสำคัญ แต่เนื่องจากการขยายการเกษตรทำได้โดยการขยายพื้นที่ทำกินเป็นส่วนใหญ่ ต่อมาความจำกัดของพื้นที่บีบให้ประเทศไทยเริ่มหาทางเลือกอื่นในอันที่จะรักษาอัตราการเจริญเติบโตของประเทศไทยให้คงอยู่ต่อไป การส่งเสริมอุตสาหกรรมอย่างจริงจังจึงเริ่มขึ้น และในช่วงหลังทศวรรษที่ผ่านมาจึงให้ภาพชัดเจนว่า สินค้าส่งออกได้เป็นแหล่งเงินตราต่างประเทศที่สำคัญและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มความสำคัญขึ้นเรื่อยๆ นอกเหนือจากปัจจัยการผลิตภาคอุตสาหกรรมที่เป็นส่วนผลักดันการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศแล้ว การขยายตัวของภาคบริการและการลงทุนจากต่างประเทศยังเป็นอีกปัจจัยหลึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของประเทศ ภายใต้การ

เปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศ กรุงเทพมหานครจึงยังคงมีบทบาทเป็นศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและการจ้างงานที่สำคัญของประเทศต่อไป

การดำรงบทบาทความเป็นศูนย์กลางการเจริญเติบโตของกรุงเทพมหานครนับแต่อดีตเป็นต้นมานั้น สืบเนื่องจากกรุงเทพมหานครมีปัจจัยที่เอื้ออำนวยและได้เปรียบกว่าเมืองอื่น ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ความเหมาะสมในด้านทำเลที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ระหว่างสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา อันเป็นแม่น้ำสายหลักของประเทศ โดยมีทางออกสู่อ่าวไทยที่สามารถออกสู่ทะเลหลวงเพื่อการติดต่อค้าขายกับต่างประเทศได้อย่างสะดวก บริเวณที่ตั้งของกรุงเทพมหานครยังเป็นจุดศูนย์กลางของประเทศที่สามารถเชื่อมโยงการคมนาคมติดต่อกับภูมิภาคอื่นของประเทศได้โดยสะดวกอีกด้วย

ในยุคสมัยแรกๆ ของกรุงรัตนโกสินทร์ กิจการพาณิชย์ทั้งภายในและภายนอกประเทศยังต้องอาศัยการติดต่อค้าขายทางเรือเป็นหลัก ต่อมาวิวัฒนาการทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการสื่อสารเจริญขึ้น การติดต่อค้าขายจึงสามารถกระทำได้หลายทาง อย่างไรก็ตามปัจจุบันกรุงเทพมหานครก็ยังคงดำรงความเหมาะสมและความได้เปรียบกว่าทางด้านภูมิศาสตร์อยู่ ดังจะเห็นได้จากกรุงเทพมหานครเป็นที่ตั้งของท่าเรือขนส่งสินค้าที่ยังคงมีบทบาทสำคัญในการติดต่อค้าขายกับต่างประเทศ มีสนามบินพาณิชย์นานาชาติที่ทันสมัยเป็นที่ยอมรับและมีความสำคัญในภูมิภาคเอเชีย มีถนนหลายสายที่สามารถเชื่อมโยงการคมนาคมติดต่อกับภูมิภาคอื่นของประเทศได้สะดวก

2. ความเป็นศูนย์กลางทางการเมืองและการปกครอง กรุงเทพมหานครคงความเป็นเมืองหลวงมานานกว่า 200 ปี นับตั้งแต่พระบาทสมเด็จประพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก รัชกาลที่ 1 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ได้ทรงสถาปนากรุงเทพมหานครเป็นราชธานี ในปี พ.ศ.2325 เป็นต้นมา ดังนั้นสถาบันหลักที่สำคัญของประเทศอันได้แก่ ชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ จึงล้วนแต่สถาปนาและก่อตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครทั้งสิ้น ซึ่งรวมถึงองค์กรและหน่วยงานหลักในการบริหารและปกครองประเทศ ได้แก่ กระทรวง ทบวง กรม ต่าง กรุงเทพมหานครจึงเป็นศูนย์กลางและเป็นจุดเริ่มต้นของการบริหารการปกครองประเทศมาโดยตลอดนับแต่อดีต

ปัจจุบันลักษณะการบริหารและการปกครองประเทศยังมีรูปแบบเป็นการรวมอำนาจ (centralization) มากกว่าการกระจายอำนาจ (decentralization) ราชการส่วนภูมิภาคจึงยังคงต้องพึ่งพาราชการส่วนกลาง โดยกระทรวง ทบวง กรมต่างๆ อยู่ ลักษณะการบริหารและการปกครองดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบันจึงทำให้กรุงเทพมหานครดำรงความเป็นศูนย์กลางทางการเมืองและการปกครองอยู่ต่อไป

3. ความเป็นศูนย์กลางการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมีความได้เปรียบในฐานะที่เป็นเมืองหลวงและเป็นที่ตั้งของสถาบัน องค์กร และหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนเป็นศูนย์กลางการคมนาคมและการสื่อสารที่ทันสมัย กรุงเทพมหานครจึงเป็นแหล่งรับความรู้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีใหม่ๆ จากต่างประเทศอยู่เสมอ ทำให้กรุงเทพมหานครกลายเป็นศูนย์กลางทางการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ ความเป็นศูนย์กลางดังกล่าวสามารถยืนยันได้จากการมีสถาบันศึกษาทุกระดับตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครในสัดส่วนที่ต่างจากเมืองอื่นเป็นจำนวนมาก สถาบันอุดมศึกษาชั้นนำของประเทศส่วนใหญ่ล้วนแต่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานครทั้งสิ้น นอกจากนั้นกรุงเทพมหานครยังเป็นแหล่งศึกษาค้นคว้าและทดลองของวิทยาการใหม่ๆ อีกด้วย

องค์ประกอบสำคัญดังกล่าว ทำให้กรุงเทพมหานครดำรงความเป็นศูนย์กลางและยังคงบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศต่อไป

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (2530-2534) คาดว่ากรุงเทพมหานครและปริมณฑลจะยังคงขยายตัวเติบโตต่อไปและมีประชากรเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1 ล้านคน ในปี พ.ศ.2534 ได้กำหนดมาตรการผังเมืองและการวางแผนบริการขั้นพื้นฐานให้สอดคล้องกับอัตราความหนาแน่นและขนาดของประชากร โดยแบ่งพื้นที่ 4 บริเวณ คือ 1. พื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจชั้นในเป็นพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 12 เขต ได้แก่ เขตพระนคร ป้อมปราบฯ ปทุมวัน สัมพันธวงศ์ บางรัก ดุสิต พญาไท ธรบุรี คลองสาน บางกอกน้อย บางกอกใหญ่ และยานนาวา 2. พื้นที่ชายเมืองที่กำลังขยายตัวเป็นพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 8 เขต คือ พระโขนง บางเขน บางกะปิ ห้วยขวาง บางขุนเทียน ภาษีเจริญ ตลิ่งชัน ราษฎร์บูรณะ 3. พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม ได้แก่พื้นที่เขตปริมณฑลใกล้กรุงเทพมหานคร และ 4. พื้นที่กรุงเทพมหานครรอบนอกเป็นพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 4 เขต คือ มีนบุรี หนองจอก ลาดกระบังและหนองแขม

ผลของการพัฒนาประเทศในช่วงปี พ.ศ.2530-2533 ทำให้ประชากรเมืองเติบโตมากกว่าร้อยละ 6.7 ต่อปี และประชากรเหล่านี้ได้กระจุกตัวเป็นอย่างมากอยู่ในกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียง ทำให้กรุงเทพมหานครกลายเป็นเมืองที่มีประชากรหนาแน่นตัดอันดับ 1 ใน 15 ของโลก สถิติจำนวนประชากรในกรุงเทพมหานครจากสำนักงานกลางทะเบียนราษฎร ในปี พ.ศ.2533 มีจำนวนถึง 5.54 ล้านคน และจากการคาดการณ์จำนวนประชากรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) ประชากรในกรุงเทพมหานครจะเพิ่มจาก 6.3 ล้านคน ในปี พ.ศ.2536 เป็น 6.7 ล้านคน ในปี พ.ศ.2539 ซึ่งยังไม่นับรวมประชากรจากจังหวัดอื่นๆ ที่หลั่งไหลเข้ามาประกอบอาชีพในกรุงเทพมหานครในลักษณะที่เข้ามาอยู่ชั่วคราวอีกกว่า 2 ล้านคนเกือบทุกปี จากตัวเลขดังกล่าวเป็นข้อยืนยันได้ว่า ความแออัดของกรุงเทพมหานครมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

การเติบโตอย่างรวดเร็วของกรุงเทพมหานครและการขยายตัวของประชากรในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมาหลายประการ โดยเฉพาะปัญหาการเติบโตของชุมชน การใช้ที่ดินว่างเปล่าในเขตชั้นในและเกิดความคับคั่ง การติดขัดของการจราจร ปริมาณรถโดยสารประจำทางไม่เพียงพอ ปัญหาน้ำท่วม แผ่นดินทรุด บริการประปาไม่ทั่วถึง ตลอดจนการขาดแคลนที่อยู่อาศัยของคนจน การแผ่ขยายของชุมชนแออัดและความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมซึ่งมีแนวโน้มที่จะยิ่งทับถมทวีรุนแรงยิ่งขึ้นในอนาคต สภาพปัญหาของกรุงเทพมหานครอาจสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะการเติบโตของชุมชนและการใช้ที่ดินยังไม่มีระเบียบและขาดประสิทธิภาพ การขยายตัวอย่างรวดเร็วของเมืองได้เติบโตไปตามแนวถนนสายหลัก (ribbon development) ทำให้มีพื้นที่ว่างเปล่าระหว่างถนนสายหลักที่ยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมาก เนื่องจากขาดแคลนแผนชี้นำการพัฒนาที่ชัดเจน การพัฒนาเมืองจึงเป็นไปตามกลไกตลาด กล่าวคือ

- พื้นที่ชั้นในมีการพัฒนาอาคารสูงเป็นสำนักงานและอาคารชุดพักอาศัยจำนวนมาก เฉพาะในปี พ.ศ.2532 โครงการชุดเพิ่มขึ้นกว่า 180 โครงการ และพื้นที่อาคารเขตชั้นในเพิ่มขึ้นถึง 5.4 ล้านตารางเมตร เป็นพื้นที่อาคารเพื่อธุรกิจการค้าถึง 2.5 ล้านตารางเมตร จึงเพิ่มภาระให้รัฐในการขยายบริการสาธารณูปโภคสาธารณูปการในบริเวณนี้อีกมาก

- ความต้องการที่ดินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้เกิดการเก็งกำไรที่ดิน เมื่อประกอบกับปัญหาการจัดบริการพื้นฐานไม่เพียงพอก่อให้เกิดการกว้านซื้อที่ดินที่คาดว่าจะมีการขยายโครงข่ายบริการพื้นฐาน ทำให้ที่ดินบริเวณนั้นแพงขึ้น ความต้องการที่ดินที่ถูกลงทำให้การขยายตัวแผ่ลามไปในบริเวณชานเมืองที่ห่างจากใจกลางเมืองมากขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2531 ถึงปัจจุบัน อัตราการเพิ่มของราคาที่ดินบริเวณชานเมืองสูงถึงร้อยละ 30 ต่อปี ขณะที่บริเวณชั้นในเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 ต่อปี

- การขยายตัวของชุมชนและอุตสาหกรรมล้ำที่ดินเกษตรกรรมในบริเวณชานเมืองอย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่เมืองส่วนขยายใหม่ร้อยละ 70 อยู่ห่างจากใจกลางเมืองกว่า 20 กิโลเมตร ส่งผลกระทบต่อปัญหาการจัดบริการสาธารณูปโภคสาธารณูปการให้เพียงพอกับการขยายตัวดังกล่าว ทั้งทำให้ต้นทุนการจัดการบริการพื้นฐานมีราคาสูงเนื่องจากต้องให้บริการตามแนวยาวของถนน นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ว่างหรือพื้นที่ตาบอดในบริเวณนี้เป็นจำนวนมาก ซึ่งต้องขยายบริการพื้นฐานเพื่อเปิดพื้นที่ดังกล่าวให้มีการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ

- กรุงเทพมหานครยังขาดการชี้นำการใช้ที่ดินที่มีประสิทธิภาพ ในช่วงที่ผ่านมาได้ออกกฎหมายควบคุมการใช้ที่ดินเฉพาะในบางบริเวณ เช่น การกำหนดเขตอนุรักษ์อาคารที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ และกำหนดพื้นที่สีเขียว เป็นต้น ซึ่งกฎหมายดังกล่าวไม่เพียงพอที่จะตอบ

สนองการพัฒนาเมืองให้เป็นระเบียบและมีแบบแผนที่ดีได้ ยังจำเป็นต้องใช้ผังเมืองรวมและผังเมืองเฉพาะ เพื่อประสานการใช้ที่ดินและโครงข่ายบริการพื้นฐานในทิศทางการพัฒนาที่เหมาะสม

2. ปัญหาด้านการจราจร เป็นปัญหาที่อยู่ในขั้นวิกฤติในระดับที่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศโดยส่วนรวม ซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการขาดแคลนโครงข่ายในการขนส่งอย่างเป็นระบบครบวงจร การขนส่งสาธารณะไม่มีประสิทธิภาพ การควบคุมปริมาณรถส่วนบุคคลมิได้ดำเนินการอย่างจริงจัง มีปัญหาความขัดแย้งซ้ำซ้อนของโครงการใหญ่ และปัญหาการประสานงานไม่เป็นเอกภาพ กล่าวคือ

- สภาพปัญหาการจราจรในพื้นที่เขตชั้นในกรุงเทพมหานครติดขัดทั้งวันเนื่องจากการกระจุกตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ขาดระบบขนส่งมวลชนแบบแยกเฉพาะที่จะช่วยบรรเทาความคับคั่งของการจราจรและโครงข่ายถนนไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการรองรับปริมาณการจราจรจากทางด่วน

- พื้นที่ชานเมืองที่กำลังขยายตัวยังขาดถนนสายรองเชื่อมต่อโครงข่ายหลัก ทำให้ปริมาณการจราจรบนถนนสายหลักคับคั่ง แม้เอกชนจะดำเนินการก่อสร้างถนน ซอย ในโครงการหมู่บ้านจัดสรร แต่ก็ยังไม่เป็นระเบียบและขาดการประสานงานเข้ากับโครงข่ายถนนสายหลักอย่างเป็นระบบ

- การเชื่อมโยงระหว่างจังหวัดปริมณฑลและจังหวัดอื่นโดยเฉพาะภาคตะวันออกกับกรุงเทพฯ มีมากขึ้นทำให้ปริมาณการจราจรในกรุงเทพฯสูงขึ้น

3. สภาพแวดล้อมในเมืองเสื่อมโทรม เนื่องจากการขยายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและชุมชนเมืองมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกรุงเทพฯ โดยไม่มีมาตรการควบคุมและจัดการสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ทำให้ปัญหาสภาวะแวดล้อมเสื่อมโทรมในเมืองโดยเฉพาะพื้นที่ชั้นในและพื้นที่เขตอุตสาหกรรมรอบนอกมีแนวโน้มทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น ทั้งในด้านปัญหาน้ำเสีย ขยะมูลฝอย มลพิษทางอากาศและเสียง ตลอดจนสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในเมืองเป็นอย่างมาก

- ปริมาณน้ำเสียในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมากกว่า 1.4 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน เกิดจากชุมชนร้อยละ 73.2 และอีกร้อยละ 26.8 จากโรงงานอุตสาหกรรม หากไม่มีการลงทุนบำบัดน้ำเสียคาดว่าแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (นนทบุรี-สมุทรปราการ) จะเน่าเสียทั้งบริเวณ

- ปริมาณตกค้างของขยะมูลฝอยในกรุงเทพฯประมาณ 1,000 ตันต่อวัน ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสีย ซึ่งมีค่าความสกปรกสูงกว่าน้ำเสียจากชุมชนถึง 30 เท่า ส่วนกากสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมขณะนี้มีประมาณ 1.9 ล้านตัน กว่าร้อยละ 70 เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และความสามารถในการกำจัดกากสารพิษดังกล่าวมีเพียงร้อยละ 2 เท่านั้น

- ความแออัดและมลพิษทางอากาศและเสียงที่เกิดจากปัญหาการจราจรอยู่ในขั้นอันตรายต่อสุขภาพอย่างรุนแรง กรุงเทพฯ นับเป็นหนึ่งในสิบของเมืองที่มีอากาศเสียรุนแรงที่สุดในโลก ปริมาณสารตะกั่ว คาร์บอนมอนนอกไซด์และฝุ่นละอองเพิ่มสูงขึ้น 4-5 เท่าตัว ใน 5 ปีที่ผ่านมา และผลการตรวจวัดระดับสารตะกั่วในเลือดของคนกรุงเทพฯ สูงกว่าที่พบในสหรัฐอเมริกาและยุโรปถึง 3 เท่า

4. การคาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค และการเกิดปัญหาแผ่นดินทรุดและภาวะน้ำท่วม การขยายตัวของเมืองเนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจ ส่งผลให้การบริการประปาของรัฐไม่ทันต่อความต้องการในพื้นที่ชานเมืองและปริมณฑลรอบนอก นักลงทุนจึงหันไปใช้แหล่งน้ำบาดาลมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาแผ่นดินทรุดและภาวะน้ำท่วมติดตามมา ส่งผลกระทบต่อการปนเปื้อนของมลพิษในน้ำใต้ดินด้วย

- การบริการประปาสามารถผลิตได้วันละ 2.8 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ให้บริการประชาชน 6.2 ล้านคน หรือร้อยละ 85 ของประชากรในเขตบริการ ครอบคลุมพื้นที่ 580 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 71 ของพื้นทีทั้งหมด แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำประปาซึ่งมีถึง 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยเฉพาะในพื้นที่ชานเมืองและปริมณฑลรอบนอกที่เป็นย่านอุตสาหกรรมหลายแห่ง ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมขุดน้ำบาดาลขึ้นมาใช้เอง เป็นสาเหตุของปัญหาแผ่นดินทรุดในขั้นวิกฤติประมาณปีละ 5-15 เซนติเมตร

- กรุงเทพฯ มีระดับพื้นดินทั่วไปสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1 เมตร มีความเสียหายจากน้ำท่วมหนักทุกปี เนื่องจากระบบระบายน้ำไม่มีประสิทธิภาพ และมีการถมคูคลองเพื่อก่อสร้างถนนและหมู่บ้านจัดสรรกันมากจนทำให้การชะลอการไหลของน้ำไม่ได้ผล

5. ปัญหาเกี่ยวกับทรัพยากรมนุษย์และคุณภาพชีวิต ถึงแม้ว่าอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจส่วนรวมของประเทศจะขยายไปอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา แต่ปัญหาความยากจนในเขตเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพฯ กลับเพิ่มมากขึ้น ทั้งเนื่องจากในขณะเศรษฐกิจรุดหน้าไปทำให้แหล่งงานเพิ่มมากขึ้น พร้อมทั้งดึงดูดแรงงานจากชนบทเข้าสู่เมืองมากขึ้น แรงงานเหล่านี้ได้กระจุกตัวกันอยู่ในชุมชนแออัดซึ่งแผ่ขยายมากขึ้นในกรุงเทพมหานคร ผลที่ตามมาก่อให้เกิดปัญหานานาประการ กล่าวคือ

- ปัญหาด้านสวัสดิการสังคม (welfare problems) ได้แก่ การขาดแคลนที่อยู่อาศัยไม่มีความมั่นคงในที่ดินและสภาพแวดล้อมทางกายภาพในบริเวณที่พักอาศัยเสื่อมโทรม ไม่ได้รับบริการที่จำเป็นจากรัฐ เช่น บริการทางด้านศึกษา ตลอดจนด้านสาธารณสุขต่างๆ ไม่เพียงพอ ทำให้ครอบครัวที่ยากจนขาดโอกาสในการได้รับการศึกษา และมีความเสื่อมโทรมทางด้านสุขภาพอนามัย ปัญหาเหล่านี้ส่วนใหญ่สะสมอยู่ในชุมชนแออัด ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากถึง 981 ชุมชนในเขตกรุงเทพฯ

- ปัญหาด้านประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งไม่ใช่ปัญหาทางด้านสวัสดิการสังคม (non-welfare problems) ได้แก่ การขาดทักษะความรู้และฝีมือในการทำงาน (working skills) ที่จะสนองตอบการขยายตัวอย่างรวดเร็วของเมือง ทำให้ได้รับค่าจ้างต่ำ ขณะที่ค่าครองชีพสูงขึ้น

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13° 31′ 53 ″ ถึง 13° 58′ 64 ″ เหนือ และเส้นแวงที่ 100° 39′ 80″ ถึง 101° 00′ 00″ ตะวันออก รวมพื้นที่ทั้งหมด 1728 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยเขตปกครอง คือ จตุจักร บางเขน มีนบุรี หนองจอก บึงกุ่ม ประเวศ ลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร อ.บางปะกง อ.บางบ่อ อ.บางพลี อ.เมือง สมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ อ.บางน้ำเปรี้ยว อ.บ้านโพธิ์ อ.เมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ดังภาพที่ 3.1

พื้นที่ศึกษาอยู่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม มีความสูงต่ำต่างกันเล็กน้อย โดยเฉลี่ยความสูงประมาณ 2.31 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยเฉพาะปากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางไม่เกิน 1.5 เมตร บริเวณนี้เรียกอีกอย่างว่า บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำตอนล่าง หรือบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ พื้นที่ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของบริเวณนี้ ซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนที่หนานับตั้งแต่หัวของสามเหลี่ยมประมาณเส้นรุ้งที่ 15° เหนือ ในเขตจังหวัดนครสวรรค์-ชัยนาท ต่อเนื่องลงมาถึงอ่าวไทย

3.2.1 ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศบริเวณที่ทำการศึกษา จัดอยู่ในประเภทฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savannah = Aw) (Koppen, 1981) ได้รับอิทธิพลของลมมรสุม คือมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดอยู่ระหว่าง เดือน พฤศจิกายน ถึงกุมภาพันธ์ ตลอดช่วงนี้จะมีอากาศเย็น และแห้งแล้งจากแผ่นดินใหญ่ในประเทศจีนพัดเข้ามาสู่ประเทศไทย และมรสุมตะวันออกเฉียงใต้พัดอยู่ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน จึงนำเอากระแสอากาศอุ่นและชื้นจากมหาสมุทรอินเดียเข้ามาทำให้ฝนตกทั่วไปในประเทศไทย ก่อให้เกิดความชุ่มชื้นให้แก่แผ่นดินและพืชพรรณ นอกจากนั้นยังมีกระแสลมพัดจากทะเลจีนใต้เข้าสู่อ่าวไทย และประเทศไทยทางทิศใต้และทิศตะวันออกเฉียงใต้ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน ซึ่งเป็นระยะที่มีอากาศร้อน และแล้งทั่วประเทศ

จากลักษณะลมมรสุมดังกล่าวมาแล้วทำให้มีฤดูกาลที่ชัดเจน 3 ฤดู คือ

1. ฤดูฝน : เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม ประมาณ 6 เดือน
2. ฤดูหนาว : เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง กลางเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณ 3 เดือน
3. ฤดูร้อน : เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ประมาณ 3 เดือน

3.2.2 ดิน (soil)

ลักษณะทางธรณีวิทยาของชั้นดินในกรุงเทพมหานคร กรุงเทพฯ ตั้งอยู่บนที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา มีความยาวประมาณ 300 กิโลเมตร กว้างโดยเฉลี่ย 50-150 กิโลเมตร จากหลักฐานทางธรณีวิทยาเชื่อว่า ที่ราบลุ่มนี้เกิดจากการเคลื่อนตัวจมต่ำลงของเปลือกโลกในบริเวณนี้ตั้งแต่สมัยธรณีวิทยายุคที่สาม (Tertiary) หรือ 7 ล้านปีที่แล้วมา ในระยะแรกนั้นชายฝั่งทะเลมีอาณาเขตลึกเข้าไปจนถึงจังหวัดอุตรดิตถ์ ต่อมาภายหลังอิทธิพลของน้ำฝนได้พัดพาตะกอนจากบริเวณภูเขาทางภาคเหนือลงมาสะสมกันเป็นเวลานาน ทำให้เกิดแผ่นดินงอกขยายลงไปทางใต้และเกิดที่ราบใหญ่ดังปัจจุบัน

จากการเจาะสำรวจพบว่า ดินชั้นล่างของบริเวณกรุงเทพฯ เป็นพวกตะกอนหินและตะกอนทรายที่พัดพามาทับถมกันบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาในสมัยธรณีวิทยายุคที่สี่ (Quarternary) หรือเมื่อ 2 ล้านปีที่แล้วมา ในสมัยนั้นปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเลอยู่เหนือเขตกรุงเทพฯ ขึ้นไป ตะกอนเหล่านี้ทับถมกันเป็นชั้นๆ สลับกันระหว่างชั้นของทราย หินกรวด ดินเหนียวปนทราย และทรายละเอียด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวงจรการผุกร่อนและการกัดเซาะของหินบริเวณภูเขาต้นน้ำ

บริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างเป็นอาณาบริเวณของดินตะกอนกว้างและลึกมาก สันนิษฐานว่า เป็นแอ่งรูปกรวยตัดครึ่ง ดินตะกอนชั้นบนสุดเป็นดินอ่อน มีส่วนประกอบของเม็ดดินเป็นดินเหนียวเสียเป็นส่วนใหญ่ ชั้นดินนี้หนาประมาณ 15-20 เมตร ปกคลุมปากอ่าวไทยบริเวณตั้งแต่จังหวัดชลบุรี ไปจนถึงจังหวัดราชบุรี และขึ้นไปทางเหนือถึงจังหวัดอยุธยา ดินในชั้นดินอ่อนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นตอนบนของชั้นดิน หนาประมาณ 3-5 เมตร จากผิวดินลงไป เกิดจากการตกตะกอนของน้ำทะเลในอ่าวไทย ซึ่งขึ้นลงอยู่ตลอดเวลา ผสมกับตะกอนดินที่ถูกพัดพามาจากภาคเหนือของประเทศ นำมาทิ้งไว้ในขณะเกิดน้ำท่วม ดินส่วนที่เหลือจากความลึกประมาณ 5-12 เมตร เป็นดินที่เกิดจากการตกตะกอนของน้ำทะเลเป็นส่วนใหญ่ อายุของดินอ่อนชั้นบนนี้ประมาณไม่เกิน 10,000 ปี ดินยังอยู่ในสภาพอ่อนถึงอ่อนมาก พร้อมที่จะไหลและยุบตัวได้มากเมื่อมีแรงมากระทบ ส่วนในเนื้อดินมีปริมาณน้ำปนอยู่เป็นอัตราส่วนที่สูงมาก การยุบตัวจึงไม่เกิดขึ้นทันทีทันใดทั้งหมด โดยจะยุบตัวเป็นระยะเวลานับปีขึ้นไป ใต้ชั้นดินอ่อนลงไปเป็นชั้นดินตะกอนที่อัดตัวกันแน่นของดินเหนียว ทรายกรวดเป็นชั้นๆ แยกกันและปนกันอยู่บ้างจนถึงชั้นดินดาน ซึ่งอยู่ลึกจากผิวดินไม่สม่ำเสมอ บางแห่งอยู่ลึกประมาณ 430 เมตร บางแห่งลึก 580 เมตร

บางแห่งลึกถึง 1800 เมตร ที่บริเวณใกล้ปากอ่าวชั้นหินดานนี้จะตื้นเขินขึ้นเมื่อห่างปากอ่าวออกมา จนกระทั่งถึงจังหวัดชัยนาท ความลึกลดลงเหลือประมาณ 70 เมตร

ในส่วนของชนิดของดินที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยชุดดิน

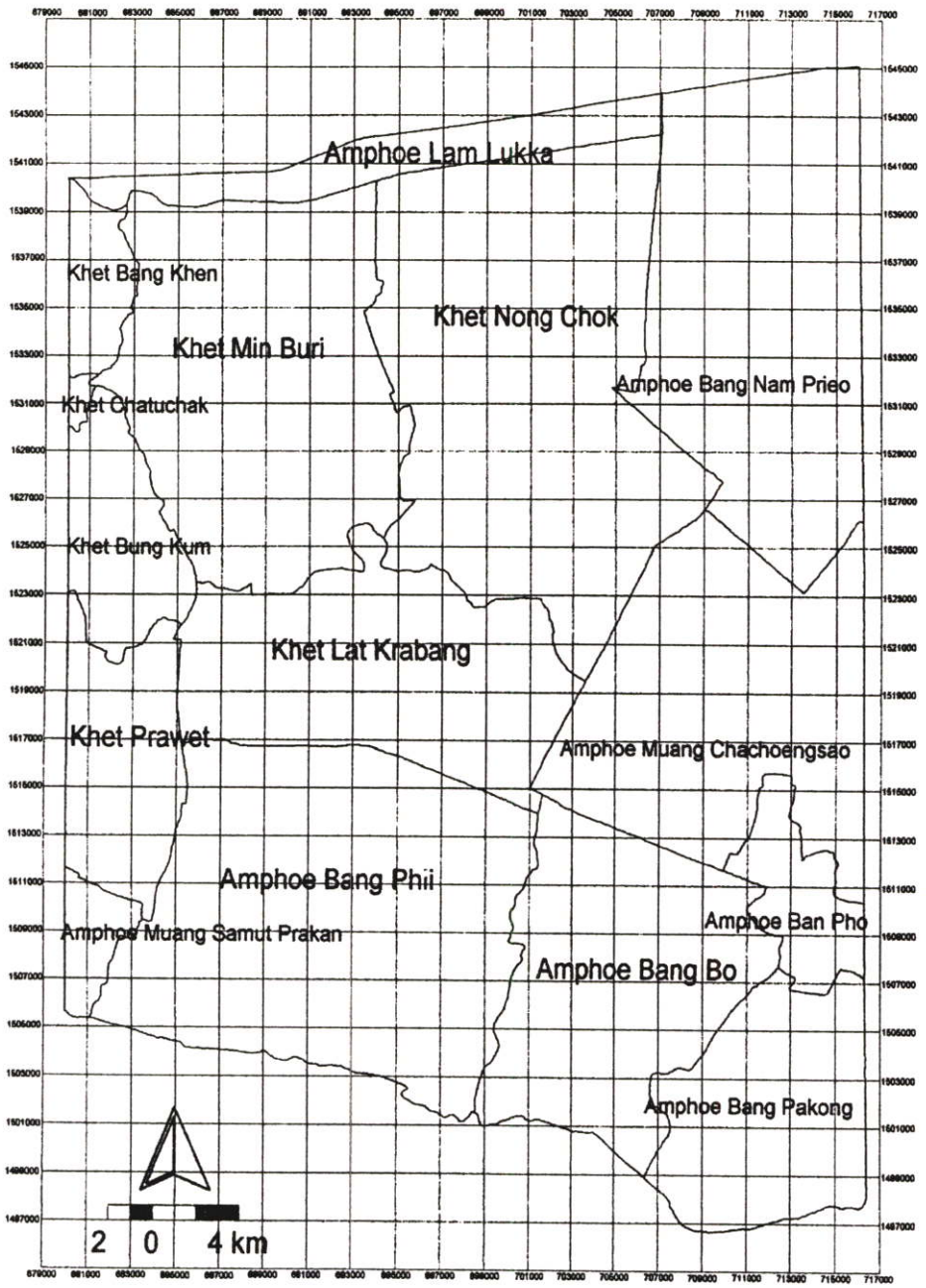
1. ชุดดินบางกอก (Bangkok; Bk) : Typic Tropaquepts
2. ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว (Bang Nam Prieo; Bp) : Typic Tropaquepts
3. ชุดดินฉะเชิงเทรา (Chachoengsao; Cc) : Typic Tropaquepts
4. ชุดดินบางเขน (Bang Khen; Bn) : Typic Tropaquepts
5. ชุดดินดอนเมือง (Don Muang; Dm) : Sulfic Tropaquepts
6. ชุดดินรังสิต (Rangsit; Rs) : Sulfic Tropaquepts
7. ชุดดินธัญญบุรี (Thanyaburi; Tan) : Sulfic Tropaquepts
8. ชุดดินบางปะกง (Bang Pakong ; Bpg) : Sulfic Tropaquepts

3.2.3 น้ำผิวดินและน้ำบาดาล (Surface water and ground water)

น้ำผิวดินที่สำคัญคือ น้ำในลำน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา และลำคลองต่างๆ ที่แยกสาขาไปจากแม่น้ำจำนวนมากมาย และเมื่อขุดดินลงไปลึกเพียง 1 เมตรเศษก็จะพบน้ำแล้ว ส่วนน้ำบาดาล ซึ่งจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่เกิดทดแทนได้ และสามารถนำมาใช้ได้ตลอดไปหากมีการควบคุมให้ใช้อย่างถูกต้องตามหลักวิชา น้ำบาดาลมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์เป็นพิเศษไปกว่าน้ำผิวดินหลายประการ เช่น มีลักษณะเป็นอ่างเก็บน้ำธรรมชาติอยู่ใต้ผิวดิน มีคุณภาพสูง เพราะไหลผ่านชั้นดินทรายที่ทำหน้าที่เป็นโรงกรองน้ำธรรมชาติ และมีลักษณะเป็นท่อน้ำประปาสมบูรณ์แบบสามารถแจกจ่ายน้ำสะอาดไปในบริเวณต่างๆ ของเมืองได้อย่างทั่วถึง แต่ถ้าหากมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้อย่างมากโดยปราศจากความระมัดระวังแล้ว จะเกิดผลเสียหายหลายประการคือ คุณภาพของน้ำจะเจือปนด้วยน้ำเค็ม ระดับน้ำในบ่อจะลึกลงทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงขึ้น และที่สำคัญคือ ก่อให้เกิดการอัดตัวเข้าหากันของชั้นดิน เนื่องมาจากความดันของน้ำในดินที่พยุงพื้นดินไว้ลดลง ทำให้ดินยุบตัวลงหรือเกิดแผ่นดินทรุดเกิดเป็นแอ่งขังน้ำ มีปัญหาในการระบายน้ำเป็นอย่างยิ่ง และอาจทำให้แผ่นดินมีระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง มีผลทำให้แผ่นดินจนลงใต้ทะเลได้

จากรายงานกรุงเทพมหานครปี พ.ศ.2527 สรุปว่า เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ.2525 มีการใช้น้ำบาดาลในภาคเอกชนถึงวันละ 958,512 ลบ.ม. และการประปานครหลวงสูบน้ำมาใช้ผลิตน้ำประปาอีกวันละ 460,000 ลบ.ม. ปัจจุบันในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัดใกล้เคียงจึงมีการใช้

น้ำบาดาลถึงวันละ 1.4 ล้าน ลบ.ม. จากการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก จึงเป็นสาเหตุใหญ่ของการทรุดตัวของแผ่นดิน ทองต่อ กล้วยไม้ ณ อยุธยา (2527) กล่าวว่า มีการทรุดตัว ณ จุดต่างๆ ในกรุงเทพมหานครในขนาดที่สูงมากพอควร เมื่อคำนวณเป็นอัตราต่อปีจะได้ค่าการทรุดตัวสูงสุดประมาณ 10 เซนติเมตรต่อปีในบริเวณบางนา พระโขนง และหัวหมาก ในกลางเมืองมีการทรุดตัวขนาด 5-10 เซนติเมตรต่อปี และฝั่งธนบุรีและทิศเหนือไปทางดอนเมืองมีอัตราการทรุดตัวน้อย ส่วนการวัดระดับพบว่า บริเวณหัวหมาก สำโรง มีระดับต่ำกว่า 1 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง และบางแห่งอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง ในกลางกรุงเทพมหานครมีระดับ 1.0-1.5 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง และบริเวณดอนเมืองมีระดับสูงกว่า 2 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง



ภาพที่ 3.1 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 อุปกรณ์และข้อมูล

1. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7017 พิมพ์ครั้งที่ 2 ปี พ.ศ. 2536 ระวาง 5136 I (อ. หนองจอก) 5136 II (อ.บางบ่อ) 5136 III (กรุงเทพมหานคร) 5136 IV (อ.บางเขน)

2. ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:50,000 ของบริเวณพื้นที่ศึกษา ถ่ายเมื่อวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2539

3. กล้องสามมิติชนิดใช้กระจก (mirror stereoscope)

4. ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM รายละเอียด 30 เมตร (ตารางที่ 4.1 และภาคผนวก ข)

5. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

6. โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียม Easi/Pace version 6.0

7. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ SPANS Version 6.0 และเครื่อง digitize Calcamp

8. เครื่องมือวัดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (GPS)

9. อุปกรณ์สำหรับการสำรวจในภาคสนาม

10. อุปกรณ์เครื่องเขียนต่างๆ

4.2 วิธีการ

แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

4.2.1 ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม

1.จัดหาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของบริเวณที่ทำการศึกษา ได้แก่ นโยบายของรัฐบาลที่เกี่ยวข้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลดาวเทียม มาตราส่วน 1:50000 (ภาคผนวก ข) ภาพถ่ายทางอากาศ ถ่าย วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ.2539 มาตราส่วน 1:50000 ภาพถ่ายดาวเทียม แผนที่ดิน

(กรมพัฒนาที่ดิน) มาตรส่วน 1:100000 และแผนที่ภูมิประเทศ (กรมแผนที่ทหาร) มาตราส่วน 1:50,000

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM ที่ใช้ในการศึกษา

รายละเอียด	ข้อมูล พ.ศ.2530	ข้อมูล พ.ศ.2534	ข้อมูล พ.ศ.2539
Acquisition	9-Dec-1987	18-Jan-1991	17-Feb-1996
Pixel	30 x 30 m.	30 x 30 m.	30 x 30 m.
Interleaving	BSQ	BSQ	BSQ
Scene centre latitude	N 13:47:08	N 13:46:55	N 13:47:32
Scene centre longitude	E 100:39:43	E 100:34:17	E 100:37:25
Sun elevation	43.48 degrees	40.32 degrees	41.55 degrees
Sun azimuth	141.01 degrees	133.43 degrees	121.09 degrees
Path, Row, Quad	129, 051, 6	129, 051, 6	129, 051,6
Map system	Bulk_System	Bulk_System	Bulk_System
Number lines	2944	2944	2944
Number pixels	3500	3500	3500
Agency	NRCT	NRCT	NRCT

2. ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ การเลือกแบนด์ เลือกแบนด์ 5 3 2 (RGB) จำนวนแบนด์ 3 แบนด์ ที่จะนำมาใช้ในการประมวลผล การแสดงภาพในไฟล์สกุล *.pix บนโปรแกรม Easi/Pace version 6.0

2.2 การปรุงแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล (Pre-processing) ซึ่งเป็น กระบวนการเบื้องต้นที่สำคัญ ประกอบด้วย

- Image Enhancement การปรับปรุงคุณภาพของภาพ เพื่อให้ภาพเหล่านั้นชัดเจนยิ่งขึ้น โดยการทำ Linear contrast stretch ซึ่งเป็นการขยายข้อมูลที่เกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วงแคบๆ ให้กว้างยิ่งขึ้น
- Geometric Correction การแก้ไขข้อผิดพลาดทางเรขาคณิต เป็นการแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดจาก nonsystematic distortion (เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่แน่นอน) และ systematic distortion (เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นคงที่) เพื่อให้มีตำแหน่งที่ถูกต้องตรงตามสภาพพื้นที่จริง

และอ้างอิงได้กับแผนที่ การแก้ไขความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 จะทำโดยเปรียบเทียบกับแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งเป็นแผนที่ในระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) มาตราส่วน 1:50,000 โดยจะใช้จุดที่เห็นชัดเจนทั้งบนข้อมูลดาวเทียมและในแผนที่ และเป็นจุดที่ถาวรไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา จุดนี้เรียกว่า จุดพิกัดควบคุมบนภาคพื้นดิน (ground control point : GCP) จำนวน 18 จุด คำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (root mean square error :RMS) เท่ากับ 0.41 x 0.35 (ค่า RMS = 1 หมายความว่า มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 30 เมตร สำหรับ LANDSAT5 TM) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความแม่นของจุดภาพบนระนาบ จากนั้นจึงทำการจัดข้อมูลใหม่ (resampling) เพื่อจัดตำแหน่งและขนาดของจุดภาพใหม่ โดยอาศัยจุดอ้างอิงภาคพื้นดินจากแผนที่ภูมิประเทศแล้วเปรียบเทียบกับตำแหน่งที่ปรากฏบนภาพ เพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเก่าและตำแหน่งใหม่ที่ถูกต้อง แล้วใช้สมการแปลงข้อมูลภาพให้มีความถูกต้องเชิงเรขาคณิตโดยสร้างจุดภาพใหม่ หลังจากนั้นก็จะทำการประมาณค่าในช่วง (interpolation) โดยการสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะโพลิโนเมียนระดับสูง (cubic convolution) model order แบบ 1 st ซึ่งเป็นการคำนวณโดยใช้จุดภาพจำนวน 16 จุดภาพรอบๆ มาทำการคำนวณใหม่ แล้วจัดเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์สกุล *.pix

- Image Registration เป็นการซ้อนข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมดวงเดียวกันแต่ระยะเวลาต่างกัน โดยอาศัยกระบวนการแก้ไขความผิดพลาดทางเรขาคณิตและใช้จุดพิกัดที่แน่นอน (ground control point : GCP) ของแต่ละภาพซ้อนกันมากที่สุด เพื่อประโยชน์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้ละเอียดยิ่งขึ้น โดยทำการซ้อนทับข้อมูลที่บันทึกในวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 ที่ได้รับการแก้ไขข้อผิดพลาดทางเรขาคณิตแล้วและมีพิกัดที่ถูกต้องและสามารถอ้างอิงกับแผนที่ภูมิประเทศ มาซ้อนทับกับข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกในวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534 และเลือกจุดที่เห็นชัดบนข้อมูลภาพปี พ.ศ.2530 และ พ.ศ.2534 จำนวน 18 จุด และคำนวณค่า Root Mean Square Error เท่ากับ 0.23 x 0.29 และทำวิธีเดียวกันนี้ระหว่างข้อมูลภาพ ปี พ.ศ.2530 กับ พ.ศ.2539 จำนวนจุด 19 จุด และค่า Root Mean Square Error เท่ากับ 0.51 x 0.59 และทำการ

จัดการข้อมูลใหม่ (resampling) เช่นเดียวกับข้อมูลภาพปี พ.ศ.2530 ขนาดจุด 30 x 30 เมตร

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม (Image Processing) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้วิธี Supervised Classification และทฤษฎีการจำแนกข้อมูล Maximum Likelihood Classifier ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยค่าเชิงสถิติช่วยในการจำแนกข้อมูล ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

3.1 การเลือกประเภทตัวอย่างข้อมูล (training area) เป็นการกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างในแต่ละประเภทข้อมูลที่มีอยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยเลือกประเภทตัวอย่างข้อมูลทั้งหมด 17 ตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละประเภทข้อมูลที่กำหนดไว้จำนวน 6 ประเภทข้อมูล โดยได้ยึดแนวทางตามระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ (Land Use Classification) ของฝ่ายสำรวจสภาพการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2530 (ตารางภาคผนวกที่ 1) (วิรัตน์ ทองมา และคณะ. 2535) ซึ่งประกอบด้วย

- พื้นที่ปลูกข้าว
- ไม้ยืนต้น/พืชพรรณอื่นๆ
- สิ่งก่อสร้างและพื้นที่อยู่อาศัย
- แหล่งน้ำและบริเวณที่มีน้ำขัง
- พื้นที่โล่งเตียน (bare soil)
- พื้นที่อื่นๆ ที่ไม่สามารถจำแนกได้

3.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติ เป็นการนำเอาค่าระดับสีเทาของทุกจุดภาพ ทุกช่วงคลื่นที่กำหนดภายใต้พื้นที่ประเภทตัวอย่างข้อมูลแต่ละประเภทมาคำนวณค่าสถิติต่างๆ คือ Mean Variance Covariance ของแต่ละประเภทข้อมูล

3.3 การจำแนกประเภทข้อมูล

4. การตกแต่งข้อมูลหลังจากการจำแนกประเภทข้อมูลแล้ว (Post-processing) เป็นกระบวนการหลังจากการจำแนกประเภทข้อมูล เป็นการปรับจุดภาพข้างเคียงที่อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกันให้เป็นประเภทเดียวกัน (smoothing)

5. หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาตีความสภาพการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน

6. ในช่วงที่ทำการวิเคราะห์ข้อมูลมีการออกสำรวจภาคสนามเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับพื้นที่ศึกษา ทำให้ทราบชนิดของการใช้ที่ดิน รูปแบบของการใช้ที่ดิน เส้นทางการคมนาคม เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบกับสิ่งที่เห็นในภาพถ่ายดาวเทียม และเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการตีความข้อมูล โดยใช้อุปกรณ์ช่วยในการสำรวจ ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายดาวเทียม

เครื่องมือวัดตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (GPS) ช่วยในการกำหนดตำแหน่งให้มีความแม่นยำมากขึ้น และกล้องถ่ายรูป

7. หลังจากทำการตีความสภาพการใช้ที่ดินในแต่ละช่วงเวลาแล้ว นำเอาแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์มาทำการแก้ไขด้วยมืออีกครั้ง โดยเทียบกับแผนภาพถ่ายดาวเทียมของปีนั้น แผนที่ภูมิประเทศ และการออกภาคสนาม เพื่อให้ได้แผนที่ที่มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

4.2.2 ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยการเปรียบเทียบกับผลการตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ

1. ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษา ถ่ายภาพวันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ.2539 มาตราส่วน 1:50000 การตีความภาพถ่ายทางอากาศจะอาศัยลักษณะปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศ ได้แก่ ความเข้มของสี รูปแบบ ความหยาบ ละเอียด รูปร่าง ขนาด เงา เป็นต้น เป็นตัวช่วยในการอ่านและตีความลักษณะการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่ที่ได้เป็นแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่นี้จัดได้ว่าเป็นแผนที่อ้างอิง (Reference Data)

2. ทำการสุ่มตัวอย่าง ใช้วิธี systematic sampling โดยในแผนที่อ้างอิง (reference data) ของพื้นที่ศึกษามีตารางช่องกริดอยู่ประมาณ 1,470 ช่องกริด (1 ช่องกริดเท่ากับ 2 x 2 เซนติเมตร มาตราส่วน 1:50000) จำนวนตัวอย่าง 2.5% ของพื้นที่ทั้งหมด หรือประมาณ 37 ช่องกริด ในการสุ่มตัวอย่างจะสุ่มจุดแรกก่อน จากนั้นจะบวกด้วยค่าอัตรภาคชั้น (interval) หรือช่องกริดที่อยู่ห่างจากจุดแรกถัดไปอีก 40 ช่องกริด เป็นจุดตัวอย่างจุดที่ 2 ต่อไปเรื่อยๆ จนครบ 37 ช่องกริด ทั่วทั้งแผนที่พื้นที่ศึกษา และใน 1ช่องกริด จะแบ่งเป็นช่องกริดเล็กอีก 100 ช่องกริด (1 ช่องกริดเล็ก = 0.2 x 0.2 เซนติเมตร มาตราส่วน 1:50000) จากนั้นจึงนำเอาแผนที่อ้างอิงซ้อนทับกับแผนที่ที่ได้จากการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมปี พ.ศ.2539 ซึ่งจัดเป็น classification data และนับจำนวนช่องกริดที่มีการใช้ที่ดินตรงกันและต่างกันระหว่างแผนที่อ้างอิงและ classification data นำผลที่ได้ใส่ในตาราง error matrix และนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความถูกต้องและค่าความผิดพลาดของแผนที่ โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{overall mapping accuracy} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนจุดภาพที่ถูกต้องของทุกประเภทข้อมูล} * 100}{\text{ผลรวมของจำนวนจุดภาพทั้งหมด}}$$

$$\text{Errors of Commision} = 100 - \frac{[\text{จำนวนจุดภาพที่ถูกต้อง} * 100]}{\text{ผลรวมทั้งหมดของ row ประเภทนั้น}}$$

$$\text{Errors of Ommission} = 100 - \frac{[\text{จำนวนจุดภาพที่ถูกต้อง} * 100]}{\text{ผลรวมทั้งหมดของ column ประเภทนั้น}}$$

$$\text{Producer's accuracy class A} = \frac{[\text{จำนวนจุดภาพที่ถูกต้องของ class A}] * 100}{\text{ผลรวมของจุดภาพทั้งหมดใน column ของ class A}}$$

$$\text{User's accuracy class A} = \frac{[\text{จำนวนจุดภาพที่ถูกต้องของ class A}] * 100}{\text{ผลรวมของจุดภาพทั้งหมดใน row ของ class A}}$$

4.2.3 **ขั้นตอนที่** 3 การจัดการฐานข้อมูลและการศึกษาการเปลี่ยนแปลง

1. การจัดการฐานข้อมูล

แหล่งที่มาของข้อมูล ข้อมูลแผนที่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แผนที่พื้นฐาน (base map) และแผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map)

แผนที่พื้นฐาน (base map) ได้มาจากแผนที่ภูมิประเทศ กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50000 ได้แก่

- เส้นทางคมนาคม
- แม่น้ำ ลำคลอง
- ขอบเขตการปกครอง เช่น ขอบเขตของจังหวัด อำเภอ เป็นต้น

แผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map)

- แผนที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน)
- แผนที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)

การนำเข้าข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPANS แผนที่ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

- แผนที่เส้นทางคมนาคม
- แผนที่แสดงแม่น้ำ ลำคลอง
- แผนที่ดิน
- แผนที่ขอบเขตการปกครอง
- แผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลและตีความจากข้อมูลดาวเทียม ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539

การนำเข้าข้อมูลแผนที่เป็นการแปลงข้อมูลแผนที่ที่รวบรวมไว้ไปเป็นข้อมูลตัวเลข โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig ซึ่งเป็นโมดูลหนึ่งของโปรแกรม ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการนำเข้าข้อมูลโดยใช้

โต๊ะป้อนข้อมูล ที่ประกอบด้วยโต๊ะป้อนข้อมูลและเครื่องอ่านพิกัด (digitizing tablet) เนื่องจากแผนที่ของพื้นที่ศึกษามีขนาดใหญ่กว่าโต๊ะป้อนข้อมูล จึงแบ่งการนำเข้าเป็น 2 ครั้ง มาตราส่วนการนำเข้า 1:50000 กำหนดพิกัดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์โดยอ้างตามเส้นโครงแผนที่สากลที่เรียกว่า Universal Transverse Mercator Coordinate System (UTM)

การดิจิไตซ์ แผนที่กระดาษจะถูกตรึงบนโต๊ะป้อนข้อมูล มาตราส่วนของแผนที่จะถูกบันทึกเข้าไปในคอมพิวเตอร์ ตามด้วยการดิจิไตซ์จุด 3 จุด เพื่อกำหนดขอบเขตการทำงาน การดิจิไตซ์จะกระทำภายในกรอบพิกัดที่ถูกปรับทิศทางและมาตราส่วนโดยอัตโนมัติ

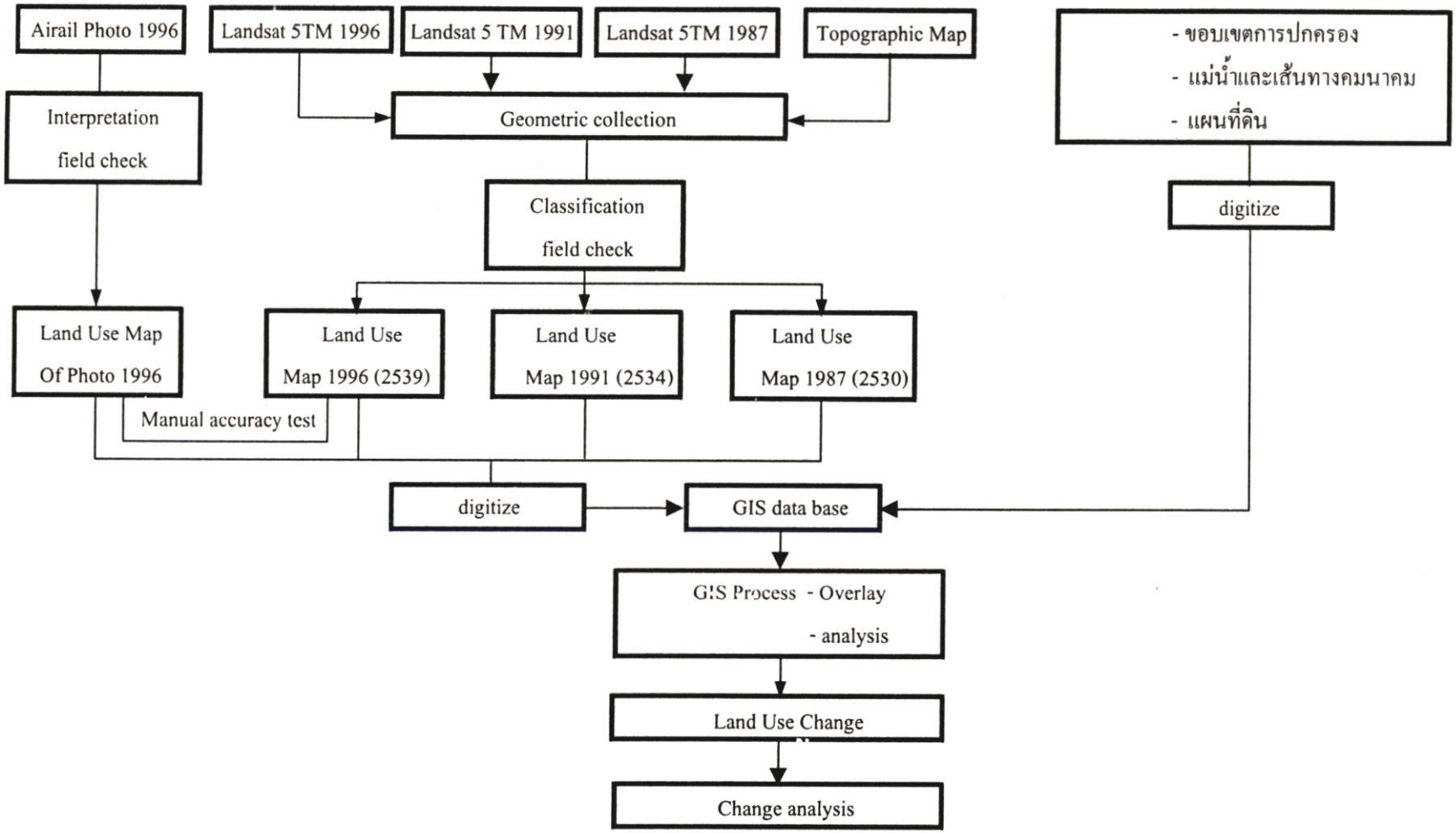
ข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการดิจิไตซ์จะจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.fmt/.hdr/.hst เมื่อดิจิไตซ์เสร็จแล้วจะทำการส่งออกไฟล์ (export) มาจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.vec/.veh ซึ่งเป็นข้อมูลเวกเตอร์

ข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการดิจิไตซ์จะถูกนำเข้ามาจัดการฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPANS Explorer โดยจะถูกนำเข้า (import) จากข้อมูลเวกเตอร์ที่ถูกจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.vec/.veh และจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.top/.vtx ซึ่งเป็นข้อมูลเวกเตอร์ เนื่องจากข้อมูลแผนที่ที่นำเข้าแบ่งการนำเข้าเป็น 2 ครั้ง จึงต้องทำการต่อแผนที่ที่นำเข้าทั้ง 2 ครั้งให้เป็นแผนที่พื้นที่ศึกษาที่สมบูรณ์ และทำการแก้ไขเส้นที่ไม่ต่อเนื่องกัน หรือเส้นที่ไม่ซ้อนทับกันให้เรียบร้อย แล้วจัดเก็บไว้ในไฟล์ข้อมูลเวกเตอร์สกุล *.top/.vtx ส่วนข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 เมื่อแก้ไขถูกต้องแล้วจึงแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลพื้นที่จัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.top/.vtx/.tbb ข้อมูลพื้นที่นี้จะถูกแปลงเป็นข้อมูลควอดทรีที่ระดับ 12 และจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.map เพื่อใช้ในการคำนวณและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล ข้อมูลแผนที่แต่ละชั้น (layer) เหล่านี้สามารถเรียกมาดูหรือเลือกแต่ละชั้นที่สนใจศึกษามาทำการซ้อนทับข้อมูลได้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 และศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ.2530-2534, พ.ศ.2534-2539 และ พ.ศ.2530-2539 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay) แต่ละชั้น (layer) แผนที่ที่ได้จากการซ้อนทับและวิเคราะห์ข้อมูลจะถูกจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.cmd และรายงานผลการวิเคราะห์จัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.rep ที่เป็น ASCII text file

3. ศึกษาถึงลักษณะและปรากฏการณ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จำนวนประชากรในพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 5
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาการใช้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร เพื่อ 1. ทำแผนที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2530 พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 2. สร้างฐานข้อมูลการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา 3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และ 4. ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์โดยเปรียบเทียบกับผลการตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM 3 ช่วงเวลา ที่บันทึกในวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 วันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534 และ วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539 โดยเลือกแบนด์ 5,3,2 (RGB) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยทำ Linear contrast stretch แก้ไขความผิดพลาดทางเรขาคณิตโดยเปรียบเทียบกับแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 ได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรา-ฐาน (Root Mean Square Error : RMS) ของ พ.ศ. 2530 คือ 0.41 x 0.35 พ.ศ.2534 เท่ากับ 0.23 x 0.29 และ พ.ศ.2539 เท่ากับ 0.51 x 0.59 (ค่า RMS = 1 มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 30 เมตร) โดยใช้จุดพิกัดควบคุมบนภาคพื้นดิน (ground control point : GCP) 18 จุด แล้วจึงทำการจัดข้อมูลใหม่ (resampling) ขนาดของพิกเซลเท่ากับ 30x30 เมตร มาตราส่วน 1:50000 ข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นข้อมูลที่มีพิกัดอ้างอิงถูกต้องและสามารถอ้างอิงกับแผนที่ภูมิประเทศ กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50000 ได้ หลังจากนั้นทำการประมาณค่าในช่วง (interpolation) โดยสร้างความสัมพันธ์ในลักษณะโพลิโนเมียลระดับสูง (cubic convolution) ข้อมูลดาวเทียมที่ได้เก็บไว้ในไฟล์สกุล *.pix และการวิเคราะห์ข้อมูลวิธีการจำแนกประเภทข้อมูล Supervised Classification และทฤษฎีการจำแนกข้อมูล Maximum Likelihood Classfier โดยยึดแนวทางตามระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Landuse Classification) ของฝ่ายสำรวจการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2530 (ตารางภาคผนวกที่ 1) และนำเอาแผนที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์มาทำการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยมืออีกครั้ง โดยเปรียบเทียบกับภาพถ่ายดาวเทียมปีนั้นๆ แผนที่ภูมิประเทศ และการออกภาคสนาม เมื่อได้แผนที่การใช้ที่ดินของแต่ละปีแล้ว จึงนำเอาแผนที่การใช้ที่ดินที่ได้มานำเข้าข้อมูลโดยวิธีการป้อนข้อมูลด้วยโต๊ะป้อนข้อมูล (การดิจิไตซ์) โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig เนื่องจากข้อมูลแผนที่ที่ได้มีขนาดใหญ่กว่าโต๊ะป้อนข้อมูล จึงแบ่งการนำเข้าเป็น 2 ครั้ง ข้อมูลที่ได้จากการดิจิไตซ์เป็นข้อมูลเวกเตอร์จัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.fmt/.hdr/.hst และส่งออกข้อมูล (export) ที่ดิจิไตซ์เสร็จแล้วไปจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.vec/.veh และทำการจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ SPANS Explorer โดยใช้คำสั่ง import vector นำเข้าข้อมูลในสกุล *.vec/.veh มาทำการแก้ไขแผนที่ให้ถูกต้องและจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.top/.vtx ซึ่งเป็นข้อมูล

เวกเตอร์ และแปลงข้อมูลเวกเตอร์ที่ได้ไปเป็นข้อมูลพื้นที่เพื่อใส่ข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินแต่ละประเภท และจัดเก็บข้อมูลไว้ในไฟล์สกุล *.top/.vtx/.tbb จากนั้นจึงแปลงข้อมูลพื้นที่ไปเป็นข้อมูลราสเตอร์แบบควอดทรี ระดับ 12 ไปจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.map

ส่วนข้อมูลพื้นที่ที่เกี่ยวข้องได้แก่ เส้นทางคมนาคม แม่น้ำ และขอบเขตการปกครอง ที่ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50000 ปี พ.ศ.2536 แผนที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2515 ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำเข้าโดยวิธีป้อนข้อมูลด้วยโต๊ะป้อนข้อมูล โดยโปรแกรม SPANS Module Tydig จัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.vec/.veh และนำข้อมูลเหล่านี้มาจัดการฐานข้อมูลใน SPANS Explorer และจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.top/.vtx โดยแยกเก็บเป็นชั้น (layer)

ในส่วนของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จะใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay) โดยเลือกเอาชั้นข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินแต่ละปีที่ต้องการศึกษามาซ้อนทับเพื่อทำการวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะถูกจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.cmd และรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะจัดเก็บไว้ในไฟล์สกุล *.rep

5.1 ประเภทของการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 ประกอบด้วยประเภทการใช้ที่ดินได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าว ไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง พื้นที่โล่งเตียน และพื้นที่อื่นๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 5.1 รวมพื้นที่ศึกษาประมาณ 1485 ตารางกิโลเมตร

จากตารางที่ 5.2 ช่วงที่ทำการศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ.2530-2539 พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวมีจำนวนลดลงจาก 1422.07 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ.2530 เหลือเพียง 962.88 ตารางกิโลเมตร หรือ 64.84 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ศึกษาในปี พ.ศ.2539 ในขณะที่พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นจาก 54.76 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ.2530 เป็น 156.36 ตารางกิโลเมตร (หรือ 10.53 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา) ในปี พ.ศ.2539 ลักษณะการใช้ที่ดินประเภทสิ่งก่อสร้างและพื้นที่อยู่อาศัยจะอยู่บริเวณริมเส้นทางคมนาคม และคลอง ส่วนที่เหลือจะเป็นไม้ยืนต้นที่จะขึ้นอยู่ตามริมคลองและแหล่งน้ำ นอกจากนั้นยังมีพื้นที่โล่งเตียน (bare soil) และพื้นที่อื่นๆ ที่ไม่สามารถจำแนกได้เพิ่มมากขึ้น ในประเภทการใช้ที่ดินที่เป็นไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ ในปี พ.ศ.2534 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2530 และ พ.ศ.2539 พบว่า ประเภทการใช้ที่ดินนี้มีพื้นที่สูงถึง 122.51 ตารางกิโลเมตร แสดงให้เห็นถึงลักษณะการสะท้อนแสงของประเภทการใช้ที่ดินที่คล้ายคลึงกันของบริเวณที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวและไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ โดยเฉพาะบริเวณที่ข้าวเจริญเติบโตเต็มที่มีความหนาแน่นสูงและปกคลุมพื้นดินทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากค่าการสะท้อนแสงของข้อมูล 1

ตารางที่ 5.1 แสดงรายละเอียดของประเภทการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา

ประเภทการใช้ที่ดิน	รายละเอียด
พื้นที่ปลูกข้าว	พื้นที่สำหรับปลูกข้าว ประกอบด้วยข้าวในทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ช่วงเตรียมพื้นที่ปลูกข้าว ระยะที่ข้าวกำลังเจริญเติบโต เจริญเติบโตเต็มที่จนถึงระยะเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ	ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่ขึ้นอยู่รอบๆ แหล่งน้ำ และข้างแม่น้ำ ลำคลอง
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	บริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ที่อยู่อาศัย ทั้งที่ก่อสร้างด้วยคอนกรีต ไม้ และยางแอสฟัลต์ รวมถึงบริเวณที่เปลี่ยนมาเป็นสิ่งก่อสร้างและยังดำเนินการก่อสร้างอยู่
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	บริเวณที่เป็นบ่อเลี้ยงปลา บ่อเลี้ยงกุ้ง บ่อผักกระเฉดและบ่อผักบุ้ง รวมถึงบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำขังไม่ได้ทำประโยชน์
พื้นที่โล่งเตียน	บริเวณพื้นที่โล่งเตียน
พื้นที่อื่นๆ	พื้นที่ปล่อยทิ้งร้าง ขึ้นแฉะมีหญ้าและไม้พุ่มเตี้ยๆ ขึ้น

จุดภาพ (pixel) มาจากค่าการสะท้อนแสงรวมของพื้นที่ขนาด 1 จุดภาพ (pixel area) (Michalak, 1993) ส่วนประเภทการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง พบว่ามีจำนวนพื้นที่เป็น 121.45 ตารางกิโลเมตรและ 279.11 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539 ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่สามารถทำนาได้ 2 ครั้ง มีบ่อเลี้ยงปลา บ่อเลี้ยงกุ้ง บ่อสำหรับปลูกผักกระเฉดและผักบุ้ง โดยเฉพาะพื้นที่ทำนา ในช่วงเวลาที่ทำการบันทึกข้อมูลศึกษาทั้ง 3 ช่วง จะเป็นช่วงรอยระยะเวลาระหว่างการทำนาปีและนาปรัง จึงมีการขังน้ำเพื่อเตรียมพื้นที่ในการทำนาครั้งต่อไป ทำให้ลักษณะการสะท้อนแสงของการใช้ที่ดินดังกล่าวจะมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะพบทั่วไปในส่วนอื่นๆของประเทศหรือประเทศที่กำลังพัฒนาอื่นๆ ที่มีการใช้ที่ดินที่ซับซ้อนและมีขนาดพื้นที่เล็ก รูปร่างไม่เป็นระเบียบ และปลูกพืชปะปนกัน การใช้ที่ดินที่ซับซ้อนนี้รวมถึงความแตกต่างของระยะเพาะปลูกหรือระยะการเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวกันในพื้นที่เดียวกันหรือพื้นที่ข้างเคียง (สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และคณะ, 2532)

ตารางที่ 5.2 แสดงการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ.2530		พ.ศ.2534		พ.ศ.2539	
	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%
พื้นที่ปลูกข้าว	1422.07	95.76	1122.06	75.56	962.88	64.84
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	3.05	0.21	122.51	8.25	28.76	1.94
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	54.76	3.69	116.61	7.85	156.36	10.53
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	5.12	0.34	121.45	8.18	279.11	18.8
พื้นที่โล่งเตียน	-	-	-	-	17.14	1.15
พื้นที่อื่นๆ	-	-	2.37	0.16	40.75	2.74
รวม	1485	100	1485	100	1485	100

5.2 การตรวจสอบความถูกต้องของผลการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับผลการตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ

การประเมินความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM ที่บันทึกข้อมูลในปี พ.ศ.2539 เปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง (reference data) ที่ได้จากการตีความภาพถ่ายทางอากาศ ที่ถ่ายในปี พ.ศ.2539 มาตราส่วน 1:50,000 สุ่มตัวอย่างโดยวิธี systematic system sampling จำนวน 2.5% ของพื้นที่ศึกษา จำนวน 37 ตารางกิโลเมตร (3672 จุด) จากการศึกษาพบว่า แผนที่ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Supervised Classification และทฤษฎีการจำแนกข้อมูล Maximum Likelehood Classifier ได้ค่า overall accuracy ของแผนที่ 75.87% (ตารางที่ 5.3) โดยที่แผนที่การใช้ที่ดินจากดาวเทียมในประเภทการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าว จำนวน 2431 จุด เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ มีการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินตรงกัน 1984 จุด และมีการจำแนกเอาพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง พื้นที่โล่งเตียน และไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ จำนวน 248, 169, 2 และ 28 จุด ตามลำดับเข้ามาไว้ในการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าว ในทางตรงกันข้ามได้จำแนกพื้นที่ปลูกข้าวไปเป็นพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย จำนวน 62 จุด แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง จำนวน 169 จุด พื้นที่โล่งเตียน 19 จุด และไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ จำนวน 14 จุด จากตาราง error matrix การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าว พบว่ามีค่าความผิดพลาดในการจำแนกข้อมูลขาดหายไปจากประเภทการใช้ที่ดินที่แท้จริงที่เรียกว่า error of omission เท่ากับร้อยละ 11.74 และมีค่า Producer's accuracy เท่ากับร้อยละ 88.26 ซึ่งแสดงให้

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการตรวจสอบความถูกต้องของผลการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมโดยเปรียบเทียบกับผลการแปลและตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ

ประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม พ.ศ.2539	ข้อมูลอ้างอิง พ.ศ.2539 (Reference Data)						รวม	User's Accuracy (Error Commission)
	พื้นที่ปลูกข้าว	พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	พื้นที่โล่งเตียน	ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	พื้นที่อื่นๆ		
พื้นที่ปลูกข้าว	**1984**	248	169	2	28	-	2431	81.61% (18.39%)
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	62	**289**	34	3	-	4	392	73.72% (26.28%)
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	169	37	**443**	-	2	-	628	66.88% (33.12%)
พื้นที่โล่งเตียน	19	-	12	**16**	-	-	47	34.04% (65.96%)
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	14	8	1	-	**23**	-	46	50.00% (50%)
พื้นที่อื่นๆ	-	3	71	-	-	**31**	105	29.52% (70.48%)
รวม	2248	585	730	21	53	35	3672	
Producer's Accuracy (Error Omission)	88.26% (11.7%)	49.40% (50.6%)	60.68% (39.32%)	76.19% (23.81%)	43.40% (56.6%)	88.57% (11.43%)		**75.87%** (Overall accuracy)

เห็นว่าผู้จำแนกได้ทำการจำแนกข้อมูลในประเภทการใช้ที่ดินพื้นที่ปลูกข้าวได้ตรงกับแผนที่ที่ได้จากการตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ และมีการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินอื่นๆ เข้ามารวมไว้ในประเภทการใช้ที่ดินพื้นที่ปลูกข้าวที่เรียกว่า error of commission เท่ากับร้อยละ 18.39 และ ค่า user's accuracy เท่ากับร้อยละ 81.6

สำหรับพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย จากแผนที่การใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียมจำนวน 392 จุด เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ พบว่า จำแนกประเภทการใช้ที่ดินตรงกัน 289 จุด มีการจำแนกเอาพื้นที่ปลูกข้าว แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง พื้นที่โล่งเตียน และพื้นที่อื่น จำนวน 62, 34, 3 และ 4 จุด ตามลำดับ เข้ามารวมไว้ในการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย และจำแนกประเภทการใช้ที่ดินขาดหายไปเป็นพื้นที่ปลูกข้าว จำนวน 248 จุด แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง ไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ และพื้นที่อื่นๆ จำนวน 37, 8 และ 3 จุด ตามลำดับ ค่า error of commission ร้อยละ 26.28 และ error of omission ร้อยละ 50.6

ส่วนการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง จากแผนที่การใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม จำนวน 628 จุด พบว่ามีการจำแนกประเภทข้อมูลตรงกับแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ จำนวน 443 จุด มีการจำแนกการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าว จำนวน 169 จุด มารวมไว้ในประเภทการใช้ที่ดินแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง และมีการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินขาดหายไปเป็นพื้นที่ปลูกข้าว 169 จุด พื้นที่อื่นๆ 71 จุด สำหรับประเภทการใช้ที่ดินนี้มีค่า error of omission เท่ากับร้อยละ 39.32 และ error of commission ร้อยละ 33.12

จากตาราง Error Matrix พบว่า มีความสับสนในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง ไม้ยืนต้นและพืนพรรณอื่นๆ คือมีค่า error of omission สูงถึงร้อยละ 11.7, 50.6, 39.32 และ 56.6 ตามลำดับ และค่า error of commission เท่ากับร้อยละ 18.39, 26.28, 33.12 และ 50 ตามลำดับ ความสับสนนี้เกิดเนื่องจากคุณลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุคลุมดินเหล่านี้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง ที่สามารถปลูกข้าวได้ 2 ครั้งต่อปี คือ การทำนาตามฤดูกาลปกติหรือนาปี ที่เริ่มจากเดือนเมษายนหรือพฤษภาคมเรื่อยไปจนถึงเดือนมกราคมของปีถัดไป และการทำนาปรังจะเริ่มจากเดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม ข้อมูลดาวเทียมที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินที่นำมาเปรียบเทียบการแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศ ทำการบันทึกข้อมูลในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงรอยต่อของฤดูการปลูกข้าว ทำให้มีข้าวหลายระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นเตรียมดินถึงระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวก็จะมีลักษณะการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในระยะเตรียมดินจนถึงช่วงปักดำ ช่วงนี้พื้นที่จะมีการขังน้ำ ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุคลุมดินในระยะนี้จะคล้ายคลึงกับการสะท้อนแสงของแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง เมื่อข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ช่วยนี้ต้น

ข้าวจะขึ้นหนาแน่นและคลุมดินทั้งหมด ทำให้ลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นที่ปลูกข้าวในระยะนี้ไปคล้ายคลึงกับไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ และเมื่อถึงช่วงที่ข้าวแก่ถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือหลังเก็บเกี่ยว การสะท้อนแสงของข้าวจะสูงและมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยและพื้นที่โล่งเตียน ลักษณะการใช้ที่ดินแบบนี้เป็นลักษณะการขาดรูปแบบที่เหมือนกัน (uniform pattern) Adeniyi (1985) กล่าวว่า การขาดรูปแบบที่เหมือนกันในประเภทการใช้ที่ดิน เกิดเนื่องจากความแตกต่างของความชื้นในดิน ลักษณะภูมิประเทศ และอัตราการเจริญเติบโตของพืชที่มีสาเหตุมาจากการตกของฝน เช่นเดียวกับ Huete et al. (1985) รายงานว่า ความเขียวของดัชนีพืชพรรณ (vegetation index) ขึ้นอยู่กับการส่องสว่างของพื้นดิน (soil brightness) และความชื้นในดิน

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศแบบมรสุมเขตร้อนในภาคเหนือของประเทศไทย กรณีศึกษาแอ่งเชียงใหม่ของ Sangawongse (1995) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM พบว่า มีความสับสนระหว่างประเภทการใช้ที่ดินที่พบในตาราง error matrix ที่เกิดเนื่องจากคุณลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุที่คลุมดิน เช่น สิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัยกับที่นาที่รอการเก็บเกี่ยวหรือเก็บเกี่ยวเสร็จแล้ว พบว่า สิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัยมีลักษณะการสะท้อนแสงที่คล้ายคลึงกันมากกับที่นารอการเก็บเกี่ยวหรือเก็บเกี่ยวเสร็จแล้ว ลักษณะเช่นนี้พบได้ในสวนไม้ผลและป่าไม้ผลัดใบ (deciduous forest) เช่นกัน กล่าวคือในช่วงฤดูแล้งป่าไม้ผลัดใบจะมีการผลัดใบ ทำให้ลักษณะการสะท้อนแสงของป่าไม้ลดลงและมีลักษณะการสะท้อนแสงคล้ายกับสวนไม้ผล และอีกบริเวณหนึ่งคือบริเวณพื้นที่โล่งเตียน (bare soil) และที่นาที่อยู่ในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวก็มีลักษณะการสะท้อนแสงสูงคล้ายคลึงกัน จึงพบว่ามักมีการจำแนกเยาพื้นที่โล่งเตียนไปรวมไว้ในที่นาหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในช่วงหมดฤดูการทำนา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Treitz, *et.al.* (1992) ในการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการทำแผนที่วัตถุคลุมดินและการใช้ที่ดินบริเวณชานเมืองที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็ว ที่พบว่า มีความสับสนในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินระหว่างพื้นที่ที่ถูกแผ้วถาง (cleared land) และพื้นที่ที่กำลังก่อสร้าง (construction) ที่ให้ค่า omission error สูงมากถึง 42.7% และ 33.0% ตามลำดับ และ commission error สูงถึง 81.2% และ 18.2% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก cleared land มักจะปรากฏในบริเวณพื้นที่ก่อสร้างเสมอและเป็นส่วนหนึ่งของค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยในพื้นที่ก่อสร้าง นอกจากนี้ยังพบความสับสนในการใช้ที่ดินประเภทพืชพรรณ ที่โล่ง (open space) พื้นที่ปลูกพืช (cropland) และพื้นที่ที่เตรียมดินไว้แต่ไม่ได้ทำการเพาะปลูก (fallow land) ที่ลักษณะการสะท้อนแสงคล้ายคลึงกันเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยหญ้าเหมือนๆ กัน

ความสับสนระหว่างประเภทการใช้ที่ดินที่แตกต่างกันนอกจากมีสาเหตุมาจากความคล้ายคลึงกันของลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุคลุมดินแล้วยังอาจจะมีสาเหตุมาจากความแตกต่างในตัวข้อมูลดาวเทียมเอง (image scene variation) เนื่องจากปัจจัยบางปัจจัย เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะของดิน (soil condition) และธรรมชาติของพืชพรรณ (Sangawongse, 1995) ดังนั้นการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการประเมินความถูกต้องมีปัจจัยที่จะต้องพิจารณาหลายประการ คือ การเก็บข้อมูลทางภาคพื้นดิน ทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูล ความสัมพันธ์ในเชิงพื้นที่ ขนาดของตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่าง เป็นต้น (Congalton, 1991)

5.3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณที่ศึกษาโดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม ในช่วงปี พ.ศ.2530-2534, พ.ศ.2534-2539 และ พ.ศ.2530-2539 (ตารางที่ 5.4 และ 5.5) พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวที่ลดลงในช่วงปี พ.ศ.2530-2534 ถูกเปลี่ยนไปเป็นสิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัยสูงถึง 104.40 ตารางกิโลเมตร หรือ 30.89 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวที่ลดลงทั้งหมด 338.02 ตารางกิโลเมตร และ 96.40 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ทั้งหมด 344.02 ตารางกิโลเมตร ในช่วงระหว่าง พ.ศ.2534-2539 และบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวถูกเปลี่ยนไปเป็นแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขังสูงถึง 115.25 ตารางกิโลเมตร (34.10 เปอร์เซ็นต์) จาก 338.02 ตารางกิโลเมตร ระหว่างปี พ.ศ.2530-2534 และ 190.68 ตารางกิโลเมตร จาก 344.02 ตารางกิโลเมตร ระหว่างปี พ.ศ.2534-2539 ส่วนในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2530-2539 พื้นที่ปลูกข้าวได้ลดลงและเปลี่ยนไปเป็นสิ่งก่อสร้างและพื้นที่อยู่อาศัย 139.12 ตารางกิโลเมตร (28.40 เปอร์เซ็นต์) จากนาข้าวทั้งหมดที่ลดลง 489.85 ตารางกิโลเมตร และเป็นแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง 269.36 ตารางกิโลเมตร (54.99 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมดที่ลดลง) ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างปี พ.ศ.2530-2534 ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าว ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ สิ่งก่อสร้างและพื้นที่อยู่อาศัย แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง พื้นที่โล่งเตียน และพื้นที่อื่นๆ เท่ากับ 1083.90, 0.30, 10.84 และ 0.45 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ รวมพื้นที่บริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เท่ากับ 1095.49 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินรวม 389.51 ตารางกิโลเมตร (ตารางที่ 5.6) และในระหว่างปี พ.ศ.2534-2539 มีพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 865.00 ตารางกิโลเมตร (ตารางที่ 5.7) ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่ปลูกข้าว 778.14 ตารางกิโลเมตร ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ 2.52 ตารางกิโลเมตร สิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัย 30.29 ตารางกิโลเมตร แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง 53.16 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่อื่นๆ 0.89 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินรวม 620 ตารางกิโลเมตร และในระหว่างปี

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ระหว่างปี พ.ศ.2530-2534, พ.ศ.2534-2539 และ พ.ศ.2530-2539

ประเภท	พ.ศ.2530-2534		พ.ศ.2534-2539		พ.ศ.2530-2539	
	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%
พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง						
พื้นที่ปลูกข้าว	1083.9	72.99	778.14	52.4	932.28	62.78
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	0.30	0.02	2.52	0.17	0.00	0.00
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	10.84	0.73	30.29	2.04	16.34	1.10
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	0.45	0.03	53.16	3.58	1.04	0.07
พื้นที่โล่งเตียน	-	-	-	-	-	-
พื้นที่อื่นๆ	-	-	0.89	0.06	-	-
พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง						
พื้นที่ปลูกข้าว->ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	116.43	7.84	23.33	1.57	27.9	1.88
->พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	104.4	7.03	96.4	6.49	139.12	9.37
->แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	115.25	7.76	190.68	12.84	269.36	18.14
->พื้นที่โล่งเตียน	-	-	13.39	0.90	16.66	1.12
->พื้นที่อื่นๆ	1.94	0.13	20.22	1.36	36.81	2.48
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ ->พื้นที่ปลูกข้าว	1.78	0.12	79.73	5.37	1.21	0.08
->พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	0.44	0.03	17.96	1.21	0.45	0.03
->แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	0.58	0.04	17.81	1.2	1.18	0.08
->พื้นที่โล่งเตียน	-	-	1.34	0.09	0.00	0.00
->พื้นที่อื่นๆ	-	-	3.12	0.21	0.15	0.01
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย->พื้นที่ปลูกข้าว	33.41	2.25	59.38	4.00	27.05	1.82
->ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	5.20	0.35	1.63	0.11	0.74	0.05
->แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	5.20	0.35	17.22	1.16	7.56	0.51
->พื้นที่โล่งเตียน	-	-	1.04	0.07	0.45	0.03
->พื้นที่อื่นๆ	0.30	0.02	7.13	0.48	2.66	0.18
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง->พื้นที่ปลูกข้าว	2.82	0.19	45.28	3.05	2.40	0.16
->ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	0.58	0.04	1.19	0.08	0.00	0.00
->พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	1.03	0.07	10.97	0.74	0.45	0.03
->พื้นที่โล่งเตียน	-	-	1.19	0.08	-	-
->พื้นที่อื่นๆ	0.15	0.01	9.50	0.64	1.19	0.08

ตารางที่ 5.4 (ต่อ)

ประเภท	พ.ศ.2530-2534		พ.ศ.2534-2539		พ.ศ.2530-2539	
	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%
พื้นที่อื่นๆ ->พื้นที่ปลูกข้าว	-		0.45	0.03	-	-
->ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	-		0.15	0.01	-	-
->พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	-		0.59	0.04	-	-
->แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	-		0.30	0.02	-	-
->พื้นโล่งเตียน	-		0.00	0.00	-	-
รวม	1485	100	1485	100	1485	100

พ.ศ.2530-2539 (ตารางที่ 5.8) พื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินรวมทั้งหมด 949.66 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ปลูกข้าว 932.18 ตารางกิโลเมตร สิ่งก่อสร้างและพื้นที่อยู่อาศัย 16.34 ตารางกิโลเมตร แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง และไม้ยืนต้นและพืชพรรณเท่ากับ 1.04 และ 0 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วไม้ยืนต้นและพืชพรรณยังคงประเภทใช้ที่ดินเดิมอยู่ในบางพื้นที่ แต่เนื่องจากความแตกต่างหรือไม่เหมือนกันของตัวข้อมูล (image scene variation) ที่มีสาเหตุมาจากลักษณะภูมิประเภท ความชื้นในดินและลักษณะการเจริญเติบโตของพืชทำให้ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุคลุมดินแตกต่างกันออกไป (Sangawongse, 1995) และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินรวม 535.34 ตารางกิโลเมตร

ปิติพงศ์ พึงบุญ ณ อยุธยา (2538) กล่าวว่า ในภาพรวมเนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย แต่ที่นากลับมาแนวโน้มลดลง โดยเริ่มลดลงตั้งแต่ ปี พ.ศ.2529 จาก 74.22 ล้านไร่ เป็น 69.31 ล้านไร่ ในปี พ.ศ.2534 เมื่อพิจารณาเป็นรายภาค พบว่าเนื้อที่นาที่หายไปจะเกิดในภาคกลางและภาคเหนือมากที่สุด ภาคใต้น้อยที่สุด ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สาเหตุที่ทำให้ที่นาลดลงเพราะความต้องการที่อยู่อาศัยมากขึ้นตามจำนวนประชากร ทำให้เกิดภาวะการเก็งกำไรจากการลงทุนซื้อที่ดินมากขึ้น รวมทั้งอุตสาหกรรมภายในประเทศก็ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการที่ดินมากขึ้นไปด้วย

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ได้แก่ ประชากรและรายได้ที่เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี นโยบายทางเศรษฐกิจของรัฐบาล และทัศนคติทางวัฒนธรรม การขยายตัวของประชากรในกรุงเทพมหานครในช่วง 15 ปีที่ผ่าน ได้เริ่มชลอตัวลงไปแล้ว คือ โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3.8 ต่อปี แต่ก็ยังถือว่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับอัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยของประเทศที่มีเพียงร้อยละ 2.5 ต่อปีในช่วงเดียวกัน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2530) (ตารางที่ 5.9) ทั้งนี้เนื่องจากกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นฐานเศรษฐกิจและฐานการจ้างงานของประเทศที่ใหญ่ที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื่องจากการปรับโครง

สร้างทางเศรษฐกิจของประเทศที่จะย่างเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมและการบริการมากขึ้น ทำให้ฐานเศรษฐกิจ เขตเมืองใหญ่มีบทบาทต่อการจ้างงานเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการจ้างงาน การย้ายถิ่นฐานและการตั้งถิ่นฐานในกรุงเทพมหานครจึงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งยังไม่นับรวมกับประชากรจากจังหวัดอื่นๆ ที่อพยพเข้ามาประกอบอาชีพในกรุงเทพมหานครในลักษณะที่เข้ามาอยู่ชั่วคราวอีกกว่า 2 ล้านคนเกือบทุกปี (สำนักงานนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2534)

ตารางที่ 5.5 สรุปการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2530, พ.ศ.2534 และ พ.ศ.2539

ประเภท	พ.ศ.2530-2534		พ.ศ.2534-2539		พ.ศ.2530-2539	
	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%	ตร.กม.	%
พื้นที่ปลูกข้าวลดลงไปเป็น						
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	116.43	34.44	23.33	6.78	27.90	5.70
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	104.4	30.89	96.40	28.02	139.12	28.40
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	115.25	34.10	190.68	55.43	269.36	54.99
พื้นที่โล่งเตียน	-	-	13.39	3.89	16.66	3.40
พื้นที่อื่นๆ	1.94	0.57	20.22	5.88	36.81	7.51
รวม	338.02	100	344.02	100	489.85	100
พื้นที่ปลูกข้าวเพิ่มขึ้นจาก						
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	1.78	4.68	79.73	43.13	1.21	3.95
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	33.41	87.90	59.38	32.13	27.05	88.22
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	2.82	7.42	45.28	24.50	2.40	7.83
พื้นที่โล่งเตียน	-	-	-	-	-	-
พื้นที่อื่นๆ	-	-	0.45	0.24	-	-
รวม	38.01	100	184.84	100	30.66	100

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ระหว่างปี พ.ศ.2530-2534

2534 / 2530	พื้นที่ปลูกข้าว	ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	พื้นที่อื่นๆ
ประเภทการใช้ที่ดิน					
พื้นที่ปลูกข้าว	*1083.9*	116.43	104.40	115.25	1.94
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	1.78	*0.30*	0.44	0.58	-
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	33.41	5.20	*10.84*	5.20	0.30
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	2.82	0.58	1.03	*0.45*	0.15

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ระหว่างปี พ.ศ.2534-2539

2539 / 2534	พื้นที่ปลูกข้าว	ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	พื้นที่โล่งเตียน	พื้นที่อื่นๆ
ประเภทการใช้ที่ดิน						
พื้นที่ปลูกข้าว	*778.14*	23.33	96.4	190.68	13.39	20.22
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	79.73	*2.52*	17.96	17.81	1.34	3.12
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	59.38	1.63	*30.29*	17.22	1.04	7.13
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	45.28	1.19	10.97	*53.16*	1.19	9.50
พื้นที่อื่นๆ	0.45	0.15	0.59	0.30	0.00	*0.89*

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ระหว่างปี พ.ศ.2530-2539

2539 / 2530	พื้นที่ปลูกข้าว	ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	พื้นที่โล่งเตียน	พื้นที่อื่นๆ
ประเภทการใช้ที่ดิน						
พื้นที่ปลูกข้าว	*932.28*	27.90	139.12	269.36	16.66	36.81
ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	1.21	*0.00*	0.45	1.18	0.00	0.15
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	27.05	0.74	*16.34*	7.56	0.45	2.66
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	2.40	0.00	0.45	*1.04*	-	1.19

ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2530-2534) ภาคอุตสาหกรรมได้มีบทบาทสำคัญต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจและการส่งออกของประเทศเป็นอย่างยิ่ง โดยสัดส่วนของผลผลิตอุตสาหกรรมในผลผลิตรวมของประเทศได้เพิ่มจากร้อยละ 23.5 ในปี พ.ศ.2529 มาเป็นร้อยละ 26.0 ในปี พ.ศ.2534 อัตราการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมโดยเฉลี่ยได้เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 13.7 ต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากการขยายตัวของการส่งออกและการลงทุน นอกจากนี้ยังรวมถึงกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมที่ได้มีการพัฒนาไปอย่างมากทั้งด้านประเภทการผลิตและคุณภาพของสินค้าไปสู่อุตสาหกรรมที่ซับซ้อน มีอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ใช้เทคโนโลยีสูงและเงินลงทุนมากขึ้น ถึงแม้ว่ารัฐบาลจะมีนโยบายกระจายโรงงานอุตสาหกรรมไปยังส่วนภูมิภาคอื่น ๆ แต่แหล่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังกระจุกตัวอยู่ในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 52 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2535)

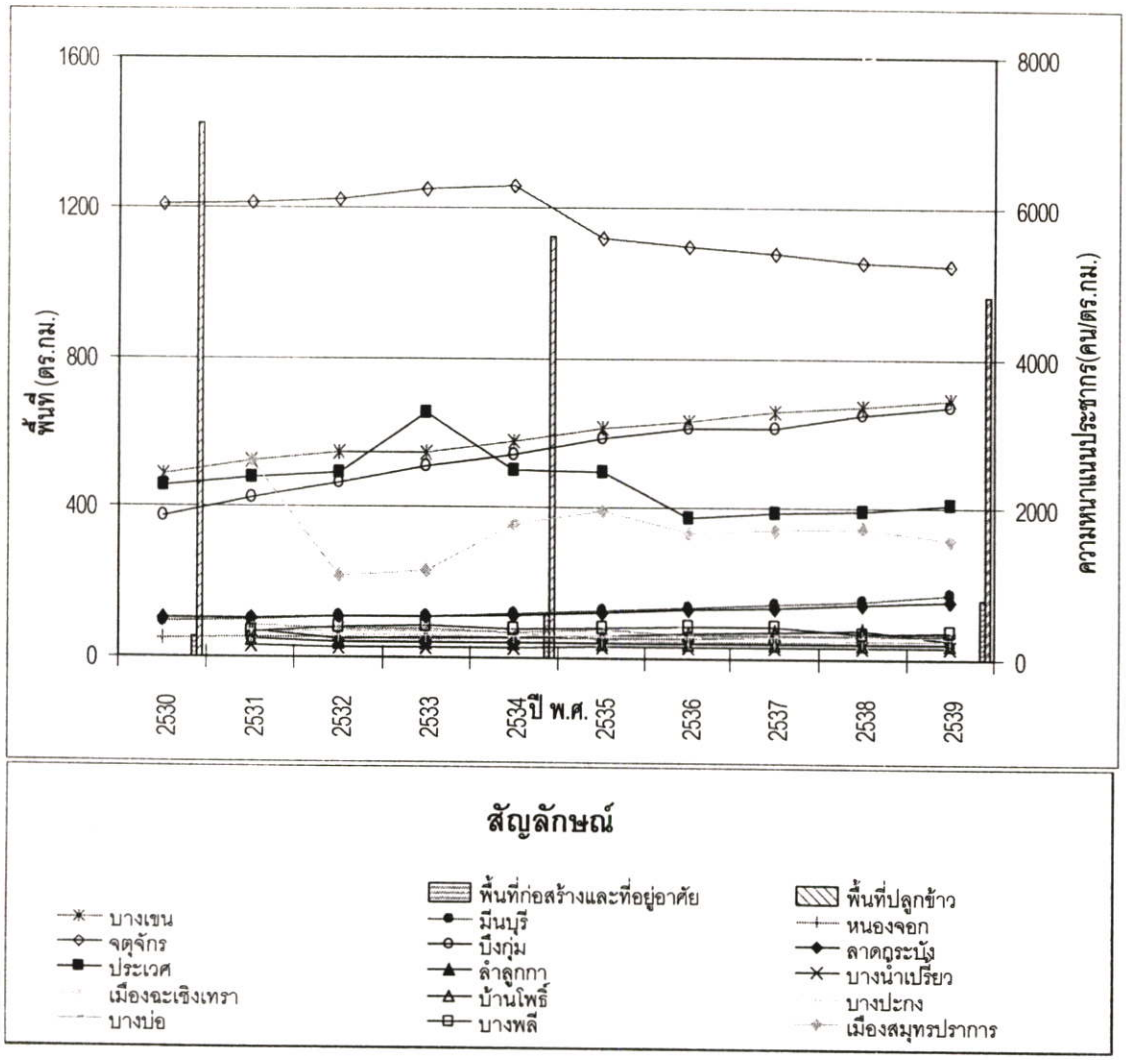
ตารางที่ 5.9 แสดงความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร) บริเวณพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ.2530-2539

	ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร) ปี พ.ศ.									
	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539
บางเขน	2440	2606	2734	2722	2888	3069	3154	3279	3351	3438
มีนบุรี	465	497	532	541	577	628	667	713	763	852
หนองจอก	255	260	264	257	261	271	278	289	300	318
จตุจักร	6048	6066	6114	6239	6298	5580	5469	5387	5278	5230
บึงกุ่ม	1865	2112	2318	2548	2701	2928	3068	3073	3242	3362
ลาดกระบัง	516	527	538	530	556	618	657	687	720	772
ประเวศ	2268	2391	2465	3263	2496	2487	1867	1927	1967	2042
ลำลูกกา	-	366	254	268	279	296	333	352	374	241
บางน้ำเปรี้ยว	-	162	143	143	145	161	155	156	152	159
ฉะเชิงเทรา	-	327	351	351	349	253	233	236	239	244
บ้านโพธิ์	-	247	203	206	207	194	206	207	208	209
บางปะกง	-	361	282	283	286	287	290	294	294	298
บางบ่อ	-	422	382	388	349	373	319	323	324	330
บางพลี	-	339	396	434	388	415	418	434	344	356
สมุทรปราการ	-	2616	1085	1159	1770	1954	1664	1708	1732	1579

ที่มา : กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

จากการที่กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางการบริหารราชการ ธุรกิจการค้า การบริการต่างๆ และแหล่งอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศ จึงเป็นแหล่งจ้างงานขนาดใหญ่ ทำให้รายได้ของประชากรในมหานครและชนบทแตกต่างกันมาก จึงเป็นแรงดึงดูดให้มีการอพยพเคลื่อนย้ายเข้ามาแสดงหางานทำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากจำนวนประชากรและรายได้แล้ว นโยบายของรัฐก็เป็นปัจจัยขับเคลื่อนที่สำคัญที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน นโยบายของรัฐบาลที่สำคัญก็คือ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งเป็นแผนแม่บทหลักของประเทศ และยังมีแผนพัฒนากรุงเทพมหานคร แผนมหาดไทยแม่บท รวมถึงนโยบายของผู้บริหารกรุงเทพมหานครเอง ในช่วงที่ทำการศึกษาเป็นช่วงของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2530-2534) และ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) โดยทุกแผนฯ จะมีวัตถุประสงค์และเป้าหมายสำคัญหลักๆ 2 ประการคือ เป้าหมายทางเศรษฐกิจและเป้าหมายทางสังคม โดยเป้าหมายทางเศรษฐกิจจะเป็นเป้าหมายแรกๆ ของทุกแผนฯ ซึ่งจะเชื่อมโยงไปยังการพัฒนาอุตสาหกรรม การค้าและบริการที่ต้องการกำลังคนและแรงงานเข้ามาร่วมในการพัฒนา รวมถึงการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นการอพยพประชากรและแรงงานเข้ามาเมืองหลวง ที่เป็นสถานที่ตั้งของสถาบัน องค์กร และหน่วยงานหลักที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนเป็นศูนย์กลางการคมนาคมและการสื่อสารที่ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ประชากรในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจึงเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ความต้องการที่อยู่อาศัยและบริการสาธารณูปการเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมาเป็นที่สิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นตลอดมา ดังภาพที่ 5.1 ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย พื้นที่ปลูกข้าว และความหนาแน่นของประชากร (คนต่อตารางกิโลเมตร) ในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยแยกความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ศึกษาที่ตามเขตและอำเภอ จากภาพจะพบว่าความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับพื้นที่ศึกษาจะเป็นบริเวณรอบนอกทางฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะในเขตบางเขน มีนบุรี หนองจอก บึงกุ่ม และลาดกระบัง ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร พบว่า ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา และพื้นที่ที่อยู่ในจังหวัดปทุมธานี จังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดสมุทรปราการ ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร) เพิ่มขึ้นในจำนวนที่น้อยกว่าพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ส่วนเขตจตุจักร ประเวศ และอำเภอเมืองสมุทรปราการ เนื่องจากในพื้นที่นี้เป็นพื้นที่เขตเมืองและเป็นพื้นที่ย่านอุตสาหกรรมจะมีการเปลี่ยนแปลงและอพยพแรงงานอยู่เสมอทำให้จำนวนประชากรเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แต่เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ส่วนน้อยในบริเวณพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับพื้นที่ข้างต้นจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในบริเวณพื้นที่ศึกษามากนัก



ภาพที่ 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างพื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย พื้นที่ปลูกข้าว เปรียบเทียบกับความหนาแน่นของประชากร(คน/ตารางกิโลเมตร) ของแต่ละเขตและอำเภอในบริเวณพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ.2530-2539

บทที่ 6
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการใช้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และตรวจสอบความถูกต้องของการตีความและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM บันทึก วันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530 วันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534 และ วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการจำแนกข้อมูลแบบ Supervised Classification และทฤษฎีการจำแนกข้อมูล Maximum likelihood classifier พื้นที่ศึกษา 1485 ตารางกิโลเมตร ช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ.2530-พ.ศ.2539 ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ 95.76% ยังเป็นทุ่งนาหรือพื้นที่ปลูกข้าว (พ.ศ.2530) หลังจากนั้นพื้นที่ปลูกข้าวกลดลงเหลือเพียง 64.84% ในปี พ.ศ.2539 ส่วนการใช้ที่ดินประเภทไม้ยืนต้นและพืชพรรณ ในปี พ.ศ.2530 มี 0.21 %ของพื้นที่ศึกษา (3.05 ตารางกิโลเมตร) และเพิ่มเป็น 8.25% ของพื้นที่ศึกษา (122.51 ตารางกิโลเมตร) ในปี พ.ศ.2534 และในปี พ.ศ.2539 มีเพียง 1.94% ของพื้นที่ศึกษา (28.76 ตารางกิโลเมตร) และพบว่าการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง ในปี พ.ศ.2530 มี พื้นที่ 0.34%ของพื้นที่ศึกษา (5.12 ตารางกิโลเมตร) เพิ่มเป็น 8.18%ของพื้นที่ศึกษา (121.45 ตารางกิโลเมตร) ในปี พ.ศ.2534 และ 18.8%ของพื้นที่ศึกษา (279.11 ตารางกิโลเมตร) ในปี พ.ศ.2539 ลักษณะการเพิ่มของพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทไม้ยืนต้นและพืชพรรณ ในปี พ.ศ.2534 ที่เพิ่มเป็น 122.51 ตารางกิโลเมตร แสดงให้เห็นถึงลักษณะการสะท้อนแสงที่คล้ายคลึงกันของไม้ยืนต้นและพืชพรรณกับพื้นที่ปลูกข้าว เนื่องจากในช่วงที่ข้าวเจริญเติบโตเต็มที่และขึ้นอย่างหนาแน่น ใบข้าวจะปกคลุมพื้นดินทั้งหมด ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุคลุมดินบริเวณนี้จึงเกิดจากข้าวเท่านั้น ทำให้การจำแนกประเภทข้อมูลเกิดการสับสน เช่นเดียวกับการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง ที่พบว่า ปี พ.ศ.2534 มีพื้นที่ 121.45 ตารางกิโลเมตร และเพิ่มขึ้นเป็น 279.11 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ.2539 ซึ่งข้อมูลของทั้ง 2 ปีนี้ทำการบันทึกในช่วงเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นรอยต่อของฤดูกาลปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่ศึกษา และมีหลายระยะการเจริญเติบโต รวมทั้งช่วงเตรียมพื้นที่ปลูกที่มีการขังน้ำ ทำให้ลักษณะการสะท้อนแสงไปคล้ายคลึงกับแหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง ค่าที่ได้จากการจำแนกจึงสูงขึ้น ส่วนการใช้ที่ดินสำหรับการก่อสร้างและที่อยู่อาศัยก็มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมาจากการเพิ่มของประชากรบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี มีการอพยพของประชากรเข้ามาในกรุงเทพมหานครมากขึ้น ทำให้เกิดความต้องการที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะบริเวณชายเมือง เนื่องจากราคาที่ดินยังไม่สูงนัก จากการ

ศึกษายังพบว่า การขยายตัวของเมืองหรือลักษณะของความเจริญจะขยายไปตามแนวถนนเป็นบริเวณแคบๆ โดยบริเวณที่อยู่ห่างจากถนนยังคงเป็นทุ่งนาหรือพื้นที่ว่างเปล่า

ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม โดยเปรียบเทียบกับแผนที่ข้อมูลอ้างอิงที่ได้จากการตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ.2539 มาตราส่วน 1:50,000 ที่สุ่มโดยวิธี Systematic sampling จำนวน 2.5% ของพื้นที่ศึกษา (37 ตารางกิโลเมตร) พบว่า ค่า overall accuracy ของแผนที่เท่ากับ 75.87% และการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียมมีความสับสน พบว่า มีการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินบริเวณที่เป็นสิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัย และบริเวณที่น้ำขัง เข้ามาปะปนในการใช้ที่ดินสำหรับปลูกข้าว ทั้งนี้เนื่องจากการทำนาในบริเวณที่ศึกษามีหลายระยะการเจริญเติบโต เช่น ช่วงที่ดำนา ลักษณะการสะท้อนแสงของข้าวระยะนี้จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับบริเวณน้ำขัง และช่วงที่ข้าวกำลังเก็บเกี่ยวหรือหลังการเก็บเกี่ยวจะมีลักษณะการสะท้อนแสงคล้ายคลึงกับบริเวณที่เป็นสิ่งก่อสร้างและที่อยู่อาศัย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sangawongse (1995) และ Adeniyi (1985) ดังนั้น ความชำนาญในการตีความและการเขียนแผนที่ ระบบที่ใช้การจำแนกประเภทข้อมูล ความซับซ้อนของพื้นที่ คุณภาพของข้อมูลดาวเทียม วันที่ที่ถ่ายภาพ ความทันสมัยของข้อมูล การสำรวจภาคพื้นดิน ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง จึงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในศึกษาความถูกต้องในการทำแผนที่ ต้องทำด้วยความระมัดระวังในแต่ละขั้นตอน และทำในช่วงเวลาที่แท้จริงหรือใกล้เคียงความเป็นจริง (Elifrits, 1985)

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า วัตถุคลุมดินในพื้นที่ศึกษาหลายชนิดมีค่าการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกันมาก เช่น ไม้ยืนต้นและพืชพรรณอื่นๆ กับนาข้าวที่เจริญเติบโตเต็มที่และขึ้นอย่างหนาแน่น พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัยกับนาข้าวรอการเก็บเกี่ยวหรือหลังการเก็บเกี่ยว แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขังกับนาข้าวช่วงปักดำ เป็นต้น ถึงแม้ว่าในขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจะกำหนดพื้นที่ที่มีความสม่ำเสมอ (homogeneous) และถูกต้องตรงกับข้อมูลภาคพื้นดินแล้ว แต่ยังไม่สามารถจำแนกวัตถุคลุมดินเหล่านี้ออกจากกันได้อย่างเด็ดขาด สุพรรณ กาญจนสุธรรม และคณะ (2538) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรเลือกข้อมูลดาวเทียมในช่วงเวลาที่วัตถุคลุมดินนั้นให้ค่าการสะท้อนแสงแตกต่างจากวัตถุคลุมดินชนิดอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์พื้นที่ปลูกข้าวควรเลือกข้อมูลที่บันทึกในช่วงเวลาที่ข้าวตั้งท้องหรือออกรวง เพราะช่วงเวลาดังกล่าวต้นข้าวจะให้ค่าการสะท้อนแสงสูงมากใน infrared band ทำให้สามารถจำแนกจากพืชอื่นๆ ได้ เป็นต้น และนอกจากนี้ระบบการปลูกพืชที่ไม่ได้ปลูกในระยะเวลาเดียวกันหมด ทำให้การเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวกันไม่พร้อมกันและค่าการสะท้อนแสงของแต่ละระยะก็แตกต่างกันและมีค่ากว้างมาก ก่อให้เกิดการสับสนในการจำแนก

ประเภทข้อมูลและการปะปนกับข้อมูลประเภทอื่น ในกรณีเช่นนี้การใช้ภาพหลายช่วงเวลา (multidate) มาช่วยในการวิเคราะห์จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น เพราะทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชแต่ละชนิดได้

นอกจากนี้การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจะเป็นพื้นที่ขนาดเล็กและระบบบันทึกข้อมูลก็มีข้อจำกัดในการบันทึกขนาดเล็กที่สุดของวัตถุโดยสามารถจำแนกวัตถุนั้นออกจากสิ่งแวดล้อมได้ ทำให้ได้ข้อมูลที่มีจุดภาพที่มาจากการสะท้อนแสงจากวัตถุหลายชนิด ที่มีผลต่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นการใช้ข้อมูลดาวเทียมที่มีรายละเอียดสูงขึ้นก็เป็นอีกวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาและการออกภาคสนามให้มากขึ้นก็จะช่วยให้ผลของความถูกต้องในการวิเคราะห์ดีขึ้น นอกจากนี้ระบบการจัดการเกี่ยวกับข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้สายตาและคอมพิวเตอร์ แต่การวิเคราะห์จะประสบผลสำเร็จได้สิ่งที่สำคัญคือ เครื่องมือ เวลา ประสบการณ์และข้อมูลอ้างอิง ถึงแม้ว่าปัจจุบันการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลสามารถทำโดยใช้คอมพิวเตอร์หรือเครื่องมืออื่นๆ แต่มนุษย์ก็ยังมีส่วนสำคัญอย่างมากที่จะเข้าไปจัดการให้ผลการวิเคราะห์ออกมาประสบความสำเร็จ ประสบการณ์และความชำนาญของผู้วิเคราะห์เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยในการแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดจากข้อจำกัดของตัวข้อมูลเอง การเลือกระบบที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูล และเทคนิคในการเก็บตัวอย่างเป็นต้น ส่วนข้อมูลอ้างอิงก็เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้การวิเคราะห์ออกมาเป็นที่น่าเชื่อถือ การมีข้อมูลอ้างอิงที่ดี มีความถูกต้องสูงเพื่อนำมาใช้อ้างอิงหรือเปรียบเทียบกับงานที่กำลังทำอยู่ทำให้ความถูกต้องของการวิเคราะห์และความน่าเชื่อถือของผลที่ได้มีสูง นอกจากนี้ความคุ้นเคยกับพื้นที่ศึกษาและเข้าใจกิจกรรมในพื้นที่ก็จะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากลักษณะการสะท้อนแสงที่คล้ายคลึงกันของวัตถุต่างชนิด เพื่อลดค่าความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นกับการจำแนกประเภทข้อมูล

ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ น่าจะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ร่วมกับข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ เพื่อใช้ในการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการวางผังเมืองและวางแผนการให้บริการขั้นพื้นฐานให้สอดคล้องกับอัตราความหนาแน่นและขนาดของประชากร ที่ตั้งของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและปัญหาเฉพาะในแต่ละพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าลักษณะการขยายตัวของเมืองจะขยายไปตามถนนสายหลักในลักษณะเส้นแนวยาว ซึ่งจะทำให้รัฐสูญเสียงบประมาณในการให้บริการชุมชนใหม่และการให้บริการทางสาธารณูปโภค สาธารณูปการไม่เพียงพอกับความต้องการ

จากการศึกษาครั้งนี้สิ่งที่น่าจะนำไปแก้ไปแก้ไข ปรับปรุงในการศึกษาครั้งต่อไป ได้แก่

1. การเลือกแบนด์และจำนวนแบนด์ที่เหมาะสมจะช่วยให้การวิเคราะห์มีความถูกต้อง เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดมีการสะท้อนและดูดกลืนพลังงานจากแสงอาทิตย์แตกต่างกัน นอกจากนี้การเลือกใช้กระบวนการลดความหลากหลายของข้อมูลและการเน้นข้อมูล เช่น NDVI (Normalize Difference Vegetation Index) หรือ การวิเคราะห์แบบองค์ประกอบหลัก (PCA : Principal

Component Analysis) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลหลายแบนด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การเลือกใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล มี 2 วิธี คือ Unsupervised Classification และ Supervised Classification ทั้ง 2 วิธีสามารถนำมาประยุกต์ใช้ร่วมโดยใช้ Unsupervised Classification ในการแยกกลุ่มข้อมูลเพื่อทราบจำนวนกลุ่ม ความแตกต่างของข้อมูล และชนิดของข้อมูล และใช้ Supervised Classification ในการจำแนกประเภทข้อมูลอีกครั้ง

3. การใช้ภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (multidate) เพื่อช่วยลดปัญหาที่เกิดจากความแตกต่างในเรื่องระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชชนิดเดียวกัน ที่ทำให้ค่าการสะท้อนแสงมีความแตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูล

บรรณานุกรม

กรมการปกครอง. 2532. **บันทึกนักปกครอง 2532**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ดี แอนด์ เอส.

กรมการปกครอง. 2533. **บันทึกนักปกครอง 2533**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ดี แอนด์ เอส.

กรมการปกครอง. 2534. **บันทึกนักปกครอง 2534**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ดี แอนด์ เอส.

กองปกครองท้องที่. 2531. **ทำเนียบท้องที่ พ.ศ.2531**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ส่วนท้องถิ่น.

กองปกครองท้องที่. 2535. **ทำเนียบท้องที่ พ.ศ.2535**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ส่วนท้องถิ่น.

กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2535. **รายงานแผนการใช้ที่ดินกรุงเทพมหานคร**. กรุงเทพฯ : ฝ่ายนโยบายและแผนการใช้ที่ดินที่ 2 กองวางแผนการใช้ที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กันยา ทิสยากร และคณะ. 2536. "การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์." หน้า 159-182. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

กันยา ทิสยากร. 2533. "การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์." หน้า 53-72. ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และการประยุกต์**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

แก้ว นวลฉวี และสุภัค วงษ์ปาน. 2536. "ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์." หน้า 253-270. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

แก้ว นวลฉวี และสุพรรณ กาญจนสุธรรม. 2535. "สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการเรียนการสอน." **วารสารภูมิศาสตร์**. 17(3) : 29-45.

จารุมา อัชกุล. 2538. "แนวโน้มการพัฒนาเขตเมือง." หน้า 273-281. ใน **ศักยภาพและอนาคตของเศรษฐกิจไทย**. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2537. "ความรู้พื้นฐานและหลักการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์." ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2538. "ความรู้พื้นฐานและหลักการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์." ใน **การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**" กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน.

ดาราศรี ดาวเรือง และคณะ. 2538. "วิวัฒนาการและระบบสำรวจข้อมูลด้วยดาวเทียม." ใน **การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

ดาราศรี ดาวเรือง. 2533. **รีโมทเซนซิ่งพื้นฐาน**. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

ดาราศรี ดาวเรือง. 2536. "วิวัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม." หน้า 15-36. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ทองต่อ กล้วยไม้ ณ อยุธยา. 2527. รายงานกรุงเทพมหานคร ปี 2527.

นิพัทธ พุกกะณะสุต. 2538. "ปัญหาพื้นฐานและแนวโน้มเศรษฐกิจไทยในทศวรรษหน้า." หน้า 1-29. ใน **ศักยภาพและอนาคตของเศรษฐกิจไทย**. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสพชัย นามลาพุทธา. 2536. "การแปลตีความข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตา." หน้า 113-125. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ปิติพงศ์ พึ่งบุญ ณ อยุธยา. 2538. "สถานภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต." หน้า 1-22. ใน **ดร.สถิตย์ วัชรกิตติ อนุสรณ์ ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน.

พร้อมจิต ตระกูลดิษฐ์. 2533. "หลักการเบื้องต้นของ Remote Sensing." หน้า 9-21. ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และการประยุกต์**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

มนู โอมะคุปต์. 2536. "การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้านการใช้ที่ดิน." หน้า 219-230. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

รัศมี สุวรรณวีระกำธร. 2537. "การปรับแก้ไขข้อผิดพลาดทางเรขาคณิต." ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

วินัย วีระวัฒนานนท์ และบานชื่น สีพันผ่อง. 2537. **การศึกษาสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าศ์.

วิรัตน์ ทองมา และคณะ. 2535. **รายงานการสำรวจสภาพการใช้ที่ดินกรุงเทพมหานคร**. กรุงเทพฯ : ฝ่ายสำรวจสภาพการใช้ที่ดิน กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ และ เพ็ญพร ธีระสวัสดิ์. 2517. **การย้ายถิ่นภายในประเทศไทย ปี พ.ศ.2490-2515**. กรุงเทพฯ : สถาบันประชากรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศรีสะอาด ตั้งประเสริฐ. 2537. **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินค่าทรัพยากรที่ดิน**. กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และคณะ. 2532. "การศึกษาความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงซึ่งจำแนกโดยคอมพิวเตอร์ บริเวณจังหวัดนราธิวาส." **จุลสารดาวเทียม**. 38 : 7-13.

สมพร สง่าวงศ์. 2541. **หลักการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น** (Introduction to Geographic Information Systems). เอกสารประกอบการเรียนการสอนกระบวนวิชา GEO 154430 ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2531. **การปรับปรุงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2532-2534)**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2535. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539)**. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. **คำอธิบายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing Note).** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2533. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2533.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2534. **แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2535-2539).** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์แห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2534. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2534.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2535. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2535.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2536. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2536.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2537. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2537.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2539. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2539.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร. 2540. **สถิติรายปีกรุงเทพมหานคร 2540.** กรุงเทพฯ : งานสถิติและข้อมูล กองนโยบายและแผนรวม สำนักนโยบายและแผนกรุงเทพมหานคร.

สุกิจ วิเศษสินธุ์. 2537. "ปัญหาและข้อจำกัดของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์." ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ครั้งที่ 5.** กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

สุพรรณ กาญจนสุธรรม. 2536. "หลักการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้านการเกษตร." หน้า 183-192. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม.** กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สุพรรณ กาฐจนสุธรรม และคณะ. 2538. "การศึกษาข้อมูลดาวเทียมเพื่อประมาณเนื้อที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจบริเวณต้นน้ำลำธารจังหวัดเชียงใหม่." ใน **การประชุมสัมมนา "ดร. สถิต วัชรกิตติ อนุสรณ์" ครั้งที่ 5 การประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน.** กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สุภาพิศ ผลงาม. 2537. "การเน้นข้อมูล." ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ครั้งที่ 5.** กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. 2533. "วิวัฒนาการของการสำรวจทรัพยากรโลกด้วยดาวเทียม." หน้า 23-51. ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และการประยุกต์.** กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและพลังงาน.

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. 2536. "หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล." หน้า 89-112. ใน **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม.** กรุงเทพฯ : กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สุระ พัฒนเกียรติ. 2534. **หลักเบื้องต้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

อัฌชา ก.บัวเกษร. ไม่ทราบปีที่พิมพ์. **รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น.** เอกสารประกอบการสอนวิชา 223318 รีโมทเซนซิ่งและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น (Introduction of remote sensing and Geographic Information System) ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. 121 หน้า.

Adeniyi, P.O. 1980. "Land-Use Change Analysis Using Sequential Aerial Photography and Computer Techniques." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** 46(1) : 1447-1464.

Adeniyi, P.O. 1985. "Digital Analysis of Multitemporal Landsat Data for Land-Use/Land-Cover Classification in a Semi-Arid Area of Nigeria." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** 51(11) : 1761-1774.

Anderson, J.R. et. al. 1972. A Land-Use Classification System for Use with Remote Sensor Data. **Geological Survey Circular 671**. Washington, USA.

Avery, T.E. and Berlin, G.L. 1985. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5th ed. New Jersey : Prentice Hall.

Barlowe, R. 1978. **Land Resource Economics : The Economics of Real Estate**. New Jersy : Prentice-Hall, Englewood Cliffs'

Barnsley, M.J. and Barr, S.L. 1992. "Developing Spatial Re-classification techniques for Improved Land-Use Monitoring Using High Spatial Resolution Images." **XVII th Congress of International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Washington, D.C., Commission VII**. XXIX : 646-655.

Barnsley, M.J. et. al. 1988. Conversion and Evaluation of Remotely Sensed Imagery for Town Planning Purposes. In Environmental Applications of Digital Mapping. Enschede : Proceedings of Euro-Carto 7.

Barr, S.L. 1992. "Object-based Re-Classification of High Resolution Digital Imagery for Urban Land-Use Monitoring." **XVII th Congress of International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Washington, D.C., Commission VII.** XXIX : 969-976.

Bislsborrow, R.E. 1987. Population Pressure and Agricultural Development in Developing Countries : A Conceptual Framework and Recent Evidence. **World Development**. 15 : 183-203.

Burley, T.M. 1971. Land Use or Land Utilization. **Professional Geographer**. 13.6 : 18-20.

Burrough, P.A. 1986. **Principles of Geographic Information System for Land Resources Assessment**. New York : Clarendon Press.

Carter, P. et.al. 1975. The Use of Landsat Imagery for the Automated Recognition of Urban Development. Image Analysis Group, Harwell and DOE. 54-88.

Chamratrithirong, A. et.al. 1980. **Recent Migrants in Bangkok Metropolis**. Bangkok : Institute of Population and Social Research Mahidol University.

Committee of Research on Global Environmental Change. 1991. **Report of the Working Group on Land-Use Change**. Washington, D.C. : Cocial Science Research Council.

Commoner, B. 1972. The Closing Circle : Confronting the Environmental Crisis. London : Jonathan Cape.

Congalton, G. and Green, K. 1995. "The ABCs of GIS : An Introduction to Geographic Information System." 9-24. in Lyon, J.G. and McCarthy, J. **Wetland and Environmental Applications of GIS**. New York : CRC Lewis Publishers.

Congalton, R.G. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classification of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment.** 37 : 35-46.

Congalton, R.G. and Mead, R.A. 1983. "A Quantitative Method to Test for Consistency and Correctness in Photo-interpretation." **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**. 49(1) : 69-74.

de Brouwer, H. et. al. 1990. "Rapid Assessment of Urban Growth Using GIS-RS Techniques." **ITC Journal**. 1990-3 : 233-235.

De Bruijn, C.A. 1987. "Monitoring a Large Aquatter Area in Dar es Salam with Sequential Aerial Photography." **ITC Journal**. 1987-3 : 233-238.

Dick, S.E. and Lo, T.H.C. 1990. "Evaluation of Thematic Map Accuracy in a Land-Use and Land-Cover Mapping Program." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 56(9) : 1247-1252.

Douglas, I. 1994. "Human Settlements." 149-170. in Meyer, W.B. and Turner II, B.L. **Change in Land Use and Land Cover : Aglobal Perspective**. Cambridge : Cambridge University Press.

Ehlers, M. et. al. 1990. "Application of SPOT Data for Regional Growth Analysis and Local Planning." **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**. 56(2) : 175-180.

Ehrlich, P. 1968. **The Population Bomb**. New York : Ballantine Books.

Ehrlich, P.A. and Ehrlich, A.H. 1970. **Populations, Resources, Environments**. Sanfrancisco : California.

Environmental System Research Institute. 1992. **Understanding GIS the ARC/INFO Method.** Great Britain : The Bath Press.

Erb, R.B. 1974. **ERTS-1 Urban Land Use Analysis**. ERTS Investigation (ER-600) Vol.5, NASA TM-X 58121.

Fitzgerald, R.W. and Lees, B.G. 1994. "Assessing the Classification Accuracy of Multisource Remote Sensing Data." **Remote Sensing Environment**. 47 : 362-368.

Fong, I. and LeDrew, E. 1988. The Determination of Optimal Threshold levels for Change Detection Using Various Accuracy Indices. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 55(2) : 1449-1454.

Forster, B.C. 1981. "Some Measures of Urban Residential Quality from Landsat Multispectral Data." Ph.D. Thesis, School of Surveying, University of New South Wales, Sydney, Australia.

Gibbons, G. 1992. "The Global Positioning System as a Complementary Tool for Remote Sensing and Other Applications." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 58(8) : 1255-1257.

Goldstein, S. and Pitaktepsombati, P. 1974. **Migration to Urban Places in Thailand : Interrelations Among Origin, Recency, frequency and Motirations**. Bangkok : Institute of Population Studies Chulalonggorn University.

Goodenough, D.G. 1988. "Thematic Mapper and SPOT Integration with a Geogaphic Information System." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 54(2) : 167-176.

Gupta, R.P. 1991. **Remote Sensing Geology**. Berlin : Springer-Verlay.

Higgs, G.K. 1979. "Application of Remote Sensing in Urban Analysis." 287-318. in Richadson, B.F.Jr. **Introduction of Remote Sensing of the Environment**. Iowa : Kendall/Hunt Publishing Company.

Hord, R.M. and Brooner, W. 1976. "Land-Use Map Accuracy Criteria." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 42(5) : 671-677.

Hung, T. 1994. "Synergism of Remote Sensing and Geo-Information System in Land-Use Spatial and Dynamical Analysis : A Methodological Approach in Case Study of Pathum Thani, Thailand." Thesis No.NR94-23, AIT, Bangkok, Thailand.

International Geosphere Biosphere Programme (IGBP). 1977. **Thailand Land Use and Land Cover Change Case Study**. Bangkok : The National Research Council of Thailand.

Jackson, R.H. 1981. **Land Use in America**. New York : John Wiley and Sons.

Jensen, J.R. 1981. "Urban Change Detection Mapping Using Landsat Digital Data." **The American Cartographer**. 8/2 : 127-147.

Jensen, J.R. et. al. 1983. "Urban/Suburban Land Use Analysis." 1571-1666. in Cowell, R.N. **Manual of Remoe Sensing**. 2nd ed. Verginia : American Society of Photogrammetry.

Lachapelle, G. et. al. 1996. "GIS/GPS Facilitates Precision Farming." **GIS World**. 9(7) : 54-56.

Landes, D.S. 1969. **The Unbound Prometheus : Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present.** Cambridge : Cambridge University Press.

Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 1994. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 3rd ed. New York : John Wiley & Sons.

Lindgren, D.T. 1985. **Land Use Planning and Remote sensing**. Dordrecht : Nijhoff.

Lo, C.P. and Wu, C.Y.M. 1984. "New Town Monitoring from Sequential Aerial Photographs." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 50(8) : 1145-1158.

Luong, P.T. 1993. "The Detection of Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Viet Nam." **Asian-Pacific Remote Sensing Journal**. 5(2) : 63-66.

Main, H.A.C. 1990. "Dams and Urbanization, Nigeria." **Singapore Journal of Tropical Geography**. 11 : 87-99.

Maling, D.H. 1989. **Measurements from Map, Principles and Methods of Cartometry**. Oxford : Pergamon Press.

Mead, D.A. 1982. "Assessing Data Quality in Geographic Information Systems." 51-62 in Johannsen, C.J. and Sanders, J.L. **Remote Sensing for Resource**. Ankeny : Soil Conversation Society of America.

Michalak, W.Z. 1993. "GIS in Land Use Change Analysis : Integration of Remotely Sensed Data into GIS." **Applied Geography**. 13 : 28-44.

Milazzo, V.A. and DeAngelis, R.H. 1984. "Applications of Simulated SPOT Data to Mapping Land Cover Patterns and Changes in an Urban Fringe Environment." **SPOT Simulations Handbooks**. American Society of Photogrammetry.

Muller, S.V. et.al. 1998. "Accuracy assessment of a Land-Cover Map of The Kuparuk River Basin : Considerations for Remote Regions." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.** 64(6) : 619-628.

Murai, S. et.al. 1990. "Some Indices for Urban Change Monitoring." 13-19. in **Proceedings of Workshop on Urban Change,** Tokyo, Japan.

Owe, M. and Ormsby, J.P. 1984. "Improved Classification of Small-scale Urban Watersheds Using Thematic Mapper Simulator Data." **International Journal of Remote Sensing.** 5 : 761.

Pavlidis, T. 1982. **Algorithms for Graphics and Image Processing.** Berlin : Springer-Verlay.

PCI. 1997. **Using PCI Software; Volume 1 Version 6.1.** Ontario : PCI. Inc. (PCI).

Peterson, G.W. et. al. 1995. "Geographic Information Systems in Agronomy." **Advances in Agronomy.** 55 : 67-111.

Rajan, M.S. 1991. "Natural Resource Management.' 93-116. in **Remote Sensing and Geographic Information System for Natural Resource Management.** ADB Environment Paper No.9. Philippines : Asian Development Bank.

Ramesh. B. and Krishnan, N. 1992. "The Application of Remote Sensing for Analysing Urban Fringe Dynamics." **Asian-Pacific Remote Sensing Journal.** 4(2) : 59-64.

Rathore, C.S. and Wright, R. 1992. "The Application of Remote Sensing Technology to Environmental Management in Developing Countries." **Asian-Pacific Remote Sensing Journal.** 4(2) : 69-79.

Richard, J.F. 1990. "Land Transformations." 163-178. in Turner II, B.L. et.al. **Transformed by Human Action.** Cambridge : Cambridge University Press.

Richards, J.A. 1993. **Remote Sensing Digital Image Analysis : An Introduction.** 2nd revised and enlarged ed. Berlin : Springer-Verlag.

Richter, D.M. 1969. "Sequential Urban Change." **Photogrammetric Engineering.** 35 : 764-770.

Rockwell, R.C. 1994. "Culture and Cultural Change." 357-382. in Meyer, W.B. and Turner II, B.L. **Change in Land Use and Land Cover : Aglobal Perspective.** Cambridge : Cambridge University Press.

Sabins, F.F. 1996. **Remote Sensing : Principles and Interpretation.** 3rd ed. New York : W.H. Freeman and Company.

Samarakoon, L. et. al. 1995. "Integration of Remote Sensing and GIS Technologies for Large Area Land-Cover Mapping." **Asian-Pacific Remote Sensing Journal.** 7(2) : 145-154.

Sangawongse, S. 1995. "Landscape Change Detection in a Tropical Monsoon of Northern Thailand Using LANDSAT TM Data : Application in the Chiang Mai Basin." **Asian-Pacific Remote Sensing Journal.** 8(1) : 59-70.

Siddiqui, M. et.al. 1995. "Monitoring Urban Growth in The Northern Suburban Areas of Karachi Using Multi-temperal SPOT XS Data." **Asian-Pacific Remote Sensing Journal.** 8(1) : 95-99.

Spencer, M. 1976. **Foundations of Modern Sociology**. New Jersey : Prentice Hall.

Stott, D.H. 1969. "Cultural and Natural Checks on Population Growth." 90-120. in Vayda, A.P. **Environment and Cultural Behavior : Ecological Studies in Cultural Anthropology**. New Jersey : Natural History Press.

Toll, D.L. 1985. "Effect of Landsat Thematic Mapper Sensor Parameters on Land Cover Classification." **Remote Sensing of Environment.** 17 : 129-140.

Treitz, P.M. et. al. 1992. "Application of satellite and GIS Technologies for LandCover and Land-Use Mapping at the Rural-Urban Fringe : A Case Study." **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.** 58(4) : 439-448.

United Nation Center for Housing, Building and Planning. 1974. **Human Settlements : The Environmental Challenge**. London : Macmillan.

van Thunen, J.H. 1966. The Isolated state (P.G. Hall, ed.), English ed. of Der Isolierte Staat, trans. C.M. Wartenberg. Pergamon Press, Oxford, UK.

Vibulsresth, S. et. al. 1991. "Rapid Change from Rice Paddy to Other Land Use : Drastic Development in Northern Suburbs of Bangkok for Ten Years from 1979 to 1989." 242-247. in Murai, S. **Applications of Remote Sensing in Asia and Oceania : Environmental Change Monitoring**. Manila : Asian Association on Remote Sensing.

Walsh, S.L. et. al. 1987. "Recognition and Assessment of Error in Geographic Information Systems." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 53 (10) : 1423-1430.

Weber, E.U. and Coskunoglu, O. 1990. "Descriptive and Prescriptive Models of Decision Making : Implications for the Development of Decision Aids." **IEEE Transactions of System, Man and Cybernetics**. 20 : 129-140.

Welch, R. et. al. 1992. "Integration of GPS, Remote Sensing and GIS Techniques for Coastal Resource Management." **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 58(11) : 1571-1578.

Westmoeland, S. and Stow, D.A. 1994. "Category Identification of Changed Land-use Polygons in an Integraed Image Processing/Geographic Information Stem." 197-203. in MacLean, A.L. **Remote Sensing and Geographic Information System : An Integration of Technologies for Resource Management : A Compendium**. Maryland : American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Wolf, P.R. and Brinker, R.C. 1994. "Sattellite and Inertial Surveying Systems." 419-453. in **Elementary Surveying**. 9th ed. New York : Harper & Row Publishers.

Zhou, Q. 1989. "A Method for Integrating Remote Sensing and Geographic Information System." **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**. 55(5) : 591-596.

ภาคผนวก ก

ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

(Land Use Classification)

ตารางที่ 1 ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Classification)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
U พื้นที่อยู่อาศัย Urban and built-up land	U1 ตัวเมืองและย่านการค้า (city, town and commercial land) U2 หมู่บ้าน village U3 สถานที่ราชการ Institutional land U4 สถานีคมนาคม Transportational land U5 ย่านอุตสาหกรรม Industrail land U6 อื่นๆ Others		
A พื้นที่เกษตรกรรม Agricultural land	A1 นาข้าว Paddy field	A1.1 นาน้ำฝน Rained paddy Field	A1.1.1 นาหว่าน Broadcasted paddy field A1.1.2 นาดำ Transplanted paddy field
	A2 พืชไร่ Field crops	A2.1 ข้าวโพด Corn A2.2 อ้อย Sugar cane A2.3 มันสำปะหลัง Cassava	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
		A2.4 สับปะรด Pine apple	
		A2.5 ยาสูบ Tobacco	
		A2.6 ฝ้าย Cotton	
		A2.7 พืชเส้นใย Fiber crops	A2.7.1 ปอแก้ว Kenaf
			A2.7.2 ปอกระเจา Jute
		A2.8 ถั่วต่างๆ Beans and peas	A2.8.1 ถั่วเขียว Mugbean
			A2.8.2 ถั่วเหลือง Soybean
			A2.8.3 ถั่วลิสง Peanut
			A2.8.4 อื่นๆ Others
		A2.9 ข้าวฟ่าง Sorghum	
		A2.10 ละหุ่ง Castor bean	
		A2.11 งา Sesame	
		A2.12 ข้าวไร่ Upland rice	
		A2.13 มันต่างๆ Potatoes	A2.13.1 มันฝรั่ง Irish potato

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
			A2.13.2 มันแกว Jam bean A2.13.3 มันเทศ Sweet potato
		A2.14 แตงโม Watermelon	
		A2.15 ไร่ผสม Mixed Field crops	
		A2.16 อื่นๆ Others	
	A3 ไม้ยืนต้น Perennial crops	A3.1 ยางพารา Rubber	
		A3.2 ปาล์มน้ำมัน Oil Palm	
		A3.3 นุ่น Kapok	
		A3.4 กาแฟ Coffee	
		A3.5 ชา Tea	
		A3.6 ไม้ไผ่ Bamboo	
		A3.7 หม่อน Mulberry	
		A3.8 อื่นๆ Others	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
	A4 ไม้ผล Orchards	A4.1 สวนผสม Mixed-orchards A4.2 ส้ม Citrus A4.3 ทุเรียน Durian A4.4 เงาะ Rambutan A4.5 มะพร้าว Coconut A4.6 ลิ้นจี่ Litchi A4.7 มะม่วง Mango A4.8 มะม่วงหินพานต์ Cashew A4.9 พุทรา Jujube A4.10 น้อยหน่า Castard apple A4.11 กล้วย Banana A4.12 มะขาม Tamarind A4.13 ลำไย Longan	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
		A4.14 ฝรั่ง Guava	
		A4.15 อื่นๆ Others	
	A5 พืชสวน Horticulture	A5.1 พืชผัก Truck crops	
		A5.2 ไม้ดอกไม้ประดับ Ornamental	
		A5.3 องุ่น Vineyard	
		A5.4 พริกไทย Pepper	
		A5.5 อื่นๆ Others	
	A6 ไร่หมุนเวียน Swidden cultivation	A6.1 พื้นที่ปลูกพืช Cultivated land	A6.1.1 ข้าวไร่ Upland rice
			A6.1.2 ข้าวโพด Corn
			A6.1.3 ถั่วต่างๆ Beans and peas
			A6.1.4 งา Sesame
			A6.1.5 มันต่างๆ Potatoes
			A6.1.6 พืชผัก Vegetable
			A6.1.7 ฝิ่น Opium

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
			A6.1.8 อื่นๆ Others
		A6.2 พื้นที่ทิ้งล้าง Bush follow	A6.2.1 วัชพืชกับไม้พุ่มเตี้ย Weeds, bushes and shurbs
			A6.2.2 ป่าทุติยภูมิ Secondary forest
	A7 ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ Pasture		
	A8 โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ Animal farm houses	A8.1 สัตว์ปีก Poultry	
		A8.2 หมู Swine	
		A8.3 วัวและควาย Livestock	
		A8.4 อื่นๆ Others	
	A9 สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ Fishery	A9.1 ปลา Fish farm	
		A9.2 กุ้ง Shrimp farm	
		A9.3 ปู Crab farm	
		A9.4 หอยต่างๆ Mollusk farm	
		A9.5 อื่นๆ Others	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
	A10 พื้นที่ปลูกพืชน้ำ Aquatic plants	A10.1 กก Reed A10.2 บัว Lotus A10.3 กระจับ Water chestnut A10.4 อื่นๆ Others	
F พื้นที่ป่าไม้ Forest land	F1 ป่าไม่ผลัดใบ Evergreen forest	F1.1 ป่าดงดิบ Tropical evergreen forest F1.2 ป่าสนเขาหรือป่าสน Coniferous forest F1.3 ป่าชายเลน Mangrove forest F1.4 ป่าไผ่ Bamboo forest F1.5 ป่าพรุ Swamp forest F1.6 ป่าเสม็ด Melaleuca forest F1.7 ป่าชายหาด Beach forest	
	F2 ป่าผลัดใบ Deciduous forest	F2.1 ป่าเบญจพรรณ Mixed deciduous forest	F2.1.1 มีไม้สัก Teak F2.1.2 ไม่มีไม้สัก no teak

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (level 3)	ระดับ 4 (level 4)
		F2.2 ป่าแดง Dry dipterocarp forest	
	F3 สวนป่า Forest plantation (-) ป่าเสื่อมโทรม Disturbed forest		
W พื้นที่แหล่งน้ำ Water body	W1 แหล่งน้ำธรรมชาติ Natural water resources		
	W2 แหล่งน้ำที่สร้างขึ้น Build-up water resources		
M พื้นที่อื่นๆ Miscellaneous land	M1 พื้นที่ทุ่งหญ้าธรรมชาติ Range land	M1.1 ทุ่งหญ้า Grass land	
		M.1.2 พื้นที่ทุ่งหญ้าสลับไม้พุ่มเตี้ย Bushes and shrubs	
	M2 ที่ลุ่ม Wet land	M2.1 ที่ลุ่มน้ำขัง Swarmp	
		M2.2 ที่ลุ่มชื้นแฉะ Marsh	
	M3 เหมืองแร่ Mines	M3.1 กำลังดำเนินการ Operating	
		M3.2 ร้าง Abandoned	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ 1 (level 1)	ระดับ 2 (level 2)	ระดับ 3 (ıevel 3)	ระดับ 4 (level 4)
	M4 นาเกลือ Salt pan M5 พื้นที่หินโผล่ Rocky land M6 ชายหาดและสัน ทราย Beach and sand bar M7 บ่อลูกรัง Laterite pit M8 อื่นๆ Others		

หมายเหตุ : การเขียนสัญลักษณ์หน่วยผสมใช้เครื่องหมายดังต่อไปนี้

XX-YY มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งสองชนิดในอัตราส่วนประมาณ 70% ต่อ 30%

XX/YY มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งสองชนิดในอัตราส่วนประมาณ 50% ต่อ 50%

Remark : Associated land use units use the following symbols

XX-YY Proportion between two land use units approximately 70% per 30%

XX/YY Proportion between two land use units approximately 50% per 50%

ภาคผนวก ข

รายละเอียดข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM

แสดงรายละเอียดของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM บันทึกวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530

NRCT (National Research Council Thailand)

Thailand LS Recording Station

Geocoded Image Correction System

Work order number	:	GPR1350L
Product type	:	Bulk
User ID	:	KMITL
Satellite	:	LS5
Sensor	:	TM
Work order initialization	:	29-Aug-1997 15:36:46
Product completion	:	1-Sep-1997 09:35:27
Total number of scenes	:	1
Number of tape products	:	1
Total number of products	:	1

Work order number : GPR1350L

Input information

Satellite	:	LS5
Sensor	:	TM
Inpute Volume :		
Medium	:	HDT
Orbit no.	:	20059
Acquisition of Signal	:	9-Dec-1987 03:03:00
Loss of Signal	:	9-Dec-1987 03:08:00
Total Swaths	:	185
Swaths with sync losses	:	3
Total sync losses	:	283
Line Length range	:	6315.0 to 6323.0

Processing information

Product scene centre time	:	9-Dec-1987 03:06:23
Product scene centre latitude	:	N 13:47:08
Product scene centre longitude	:	E 100:39:43
Map projection	:	SCMP
Map system	:	BULK_SYSTEM
Pixel Height	:	30.00 m.
Pixel Width	:	30.00 m.
Geometric options :		
Correction type	:	Bulk
Resampling kernel	:	DAMPED 8 POINT SINC
Radiometric options :		
Calibration correction	:	Applied

Output data specification Product A1

Product type	:	Tape product
Bulk Quadrant		
Bands	:	1 2 3 4 5 6 7
Tape agency	:	CCRS
Tape organization	:	Image file before supplementary
Interleaving	:	BSQ
Tape density	:	EXA2
Product scene centre time	:	9-Dec-1987 03:06:23.591509
Product scene centre latitude	:	N 13:47:08
Product scene centre longitude	:	E 100:39:43
Scene identification	:	1378030623
Sun elevation at product centre	:	43.48 degrees
Sun azimuth at product centre	:	141.01 degrees
Product location	:	Path 129, Row 051, Quad 6
Map projection	:	SCMP
Map system	:	BULK_SYSTEM

Number of lines	:	2944
Number of pixels	:	3500
Tape identifier (s)	:	1) G0004542
Device identifier (s)	:	NRCT$MUA1

GICS Radiometric Quality Assessment Report

Work order number : GPR1350L Scene A

Satellite : LS5 Sensor : TM

User ID : KMITL

Work order Date/Time : 29-Aug-1997 15:36:46

Sensor radiometric accuracy specification

Absolute Error : 10.0% Pre-launch

Inter-Band relative Error : 2.0% Pre-launch

Radiometric Calibration

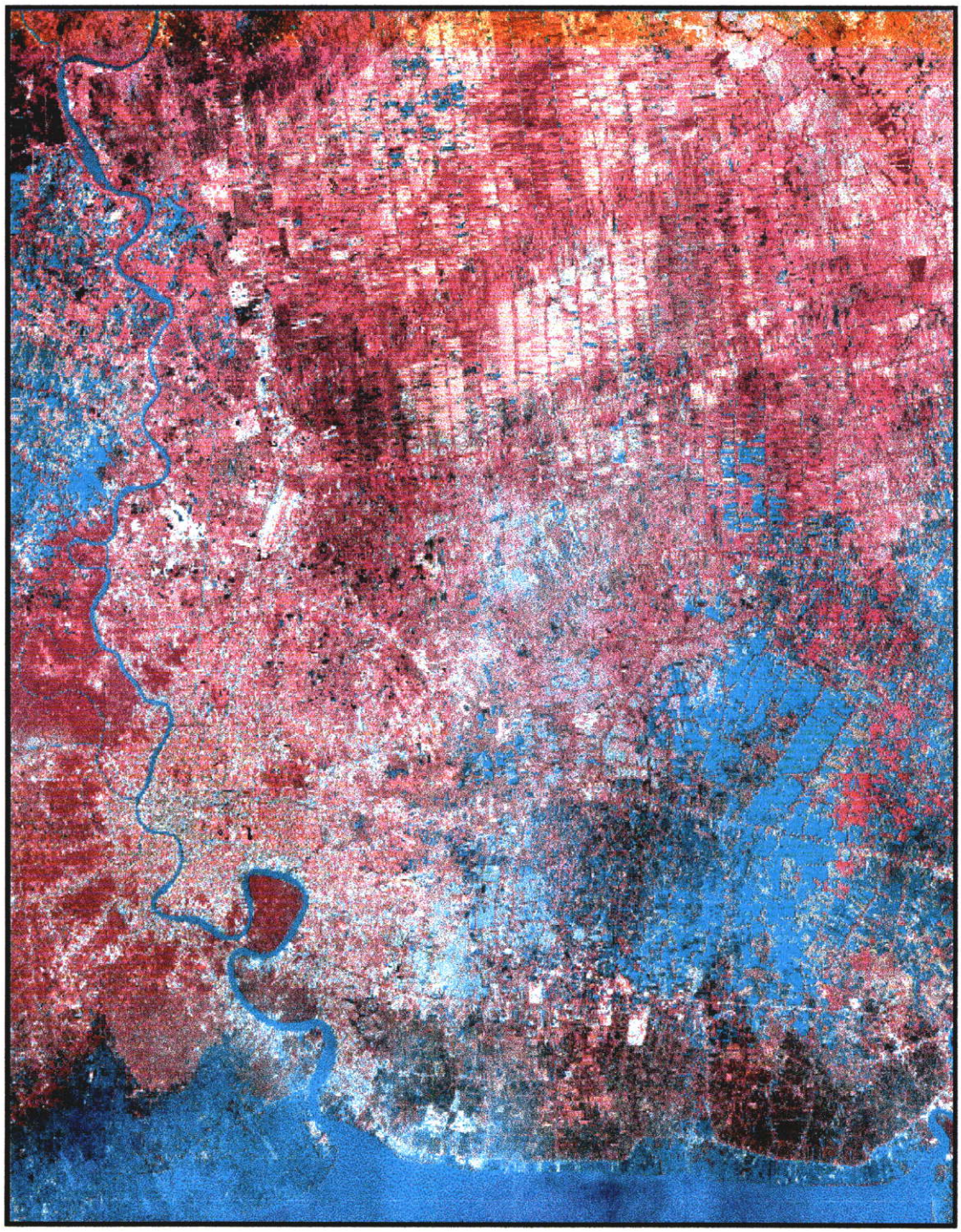
Band No.	Reference Detector	In-Band Relative Error	Absolute Gain	Absolute Offset
			----------(forwar.'/reverse)----------	
1	15	0.0%	0.977/0.982	-2.4/-2.9
2	10	0.0%	0.898/0.904	-0.5/-0.7
3	7	0.0%	0.804/0.810	1.0/0.7
4	7	0.0%	0.868/0.869	1.4/1.4
5	7	0.0%	0.860/0.859	0.2/0.1
6	2	0.0%	1.000/1.003	0.0/-0.2
7	15	0.0%	0.830/0.828	1.0/1.0

---------- Forward Destriping----------		----------Reverse Destriping----------	
Gain	Offset	Gain	Offset
----------(maximum/minimum)----------		----------(maximum/minimum)----------	
0.984/0.964	-1.9/-2.6	0.991/0.967	-2.3/-3.0
0.904/0.888	-0.1/-0.7	0.908/0.894	-0.3/-1.0
0.830/0.804	1.5/0.7	0.834/0.810	1.4/0.5
0.868/0.850	1.9/1.2	0.869/0.850	1.9/1.2
0.889/0.859	0.6/0.2	0.888/0.858	0.5/0.1
1.068/1.000	0.2/-2.4	1.073/1.003	0.0/-2.7
0.832/0.809	1.7/1.0	0.832/0.812	1.7/1.0

Residual striping

Band	Sample Region				Data Statistic		Striping
No	--------Start----------		----------Size----------		Mean	Std. Dev	estimate
	Line	Pixel	Line	Pixel			
1	578	810	128	128	82.71	1.6792	0.0760
1	1160	1426	128	128	86.21	1.9931	0.0787
1	1742	2018	128	128	93.57	1.6316	0.0402
1	2324	2633	128	128	79.69	3.4339	0.0471
2	578	807	128	128	38.98	1.0165	0.0570
2	1160	1427	128	128	40.65	1.2111	0.0562
2	1742	2019	128	128	45.60	1.6514	0.0539
2	2324	2634	128	128	35.95	2.5831	0.0532
3	578	808	128	128	42.20	1.3900	0.0740
3	1160	1429	128	128	42.06	1.8710	0.0616
3	1742	2016	128	128	46.31	2.7038	0.0693
3	2324	2635	128	128	34.47	3.2443	0.0613
4	578	809	128	128	53.73	3.3192	0.1257
4	1160	1425	128	128	64.79	3.2973	0.1564
4	1742	2017	128	128	70.59	4.4513	0.1255
4	2324	2636	128	128	45.05	6.5973	0.1121
5	578	807	128	128	54.96	4.8229	0.3001
5	1160	1428	128	128	68.50	4.5796	0.1500
5	1742	2016	128	128	56.81	4.4120	0.1407
5	2324	2635	128	128	33.79	4.6471	0.1156
6	581	761	32	32	22.75	0.7932	0.0253
6	1163	1403	32	32	23.11	0.4813	0.0134
6	1745	2037	32	32	9.72	0.4222	0.0121
6	2327	2693	32	32	16.61	1.1144	0.0211
7	578	809	128	32	22.74	2.7230	0.1325
7	1160	1426	128	32	31.81	4.0397	0.1536
7	1742	2018	128	32	27.43	4.1990	0.0930
7	2324	2633	128	32	13.28	2.0612	0.0481

ภาพที่ 1 (ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM แบนด์ 5 3 2 (RGB) ของบริเวณพื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ.2530)



แสดงรายละเอียดของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM บันทึกวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2534

NRCT (National Research Council Thailand)

Thailand LS Recording Station

Geocoded Image Correction System

Work order number	:	GPR1351L
Product type	:	Bulk
User ID	:	KMITL
Satellite	:	LS5
Sensor	:	TM
Work order initialization	:	26-Aug-1997 15:35:23
Product completion	:	27-Aug-1997 11:32:42
Total number of scenes	:	2
Number of film products	:	1
Number of tape products	:	1
Total number of products	:	2

Work order number : GPR1351L

Input information

Satellite	:	LS5
Sensor	:	TM
Inpute Volume :		
Medium	:	HDT
Orbit no.	:	36602
Acquisition of Signal	:	18-Jan-1991 02:56:00
Loss of Signal	:	18-Jan-1991 03:01:00
Tape ID (s)	:	TM51078
Total Swaths	:	185
Swaths with sync losses	:	3
Total sync losses	:	164
Line Length range	:	6315.0 to 6324.0

Processing information

Product scene centre time	:	18-Jan-1991 02:58:17
Product scene centre latitude	:	N 13:46:55
Product scene centre longitude	:	E 100:34:17
Map projection	:	SCMP
Map system	:	BULK_SYSTEM
Pixel Height	:	30.00 m.
Pixel Width	:	30.00 m.
Geometric options :		
Correction type	:	Bulk
Resampling kernel	:	DAMPED 8 POINT SINC
Radiometric options :		
Calibration correction	:	Applied

Output data specification Product A1

Product type	:	Tape product
Bulk Quadrant		
Bands	:	1 2 3 4 5 6 7
Tape agency	:	CCRS
Tape organization	:	Image file before supplementary
Interleaving	:	BSQ
Tape density	:	EXA2
Product scene centre time	:	18-Jan-1991 02:58:17.949194
Product scene centre latitude	:	N 13:46:55
Product scene centre longitude	:	E 100:34:17
Scene identification	:	251402581
Sun elevation at product centre	:	40.32 degrees
Sun azimuth at product centre	:	133.43 degrees
Product location	:	Path 129, Row 051, Quad 6
Map projection	:	SCMP
Map system	:	BULK_SYSTEM

Number of lines	:	2944
Number of pixels	:	3500
Tape identifier (s)	:	1) G0004509
Device identifier (s)	:	NRCT$MUA1

GICS Radiometric Quality Assessment Report

Work order number : GPR1351L Scene A

Satellite : LS5 Sensor : TM

User ID : KMITL

Work order Date/Time : 29-Aug-1997 15:35:23

Sensor radiometric accuracy specification

Absolute Error : 10.0% Pre-launch

Inter-Band relative Error : 2.0% Pre-launch

Radiometric Calibration

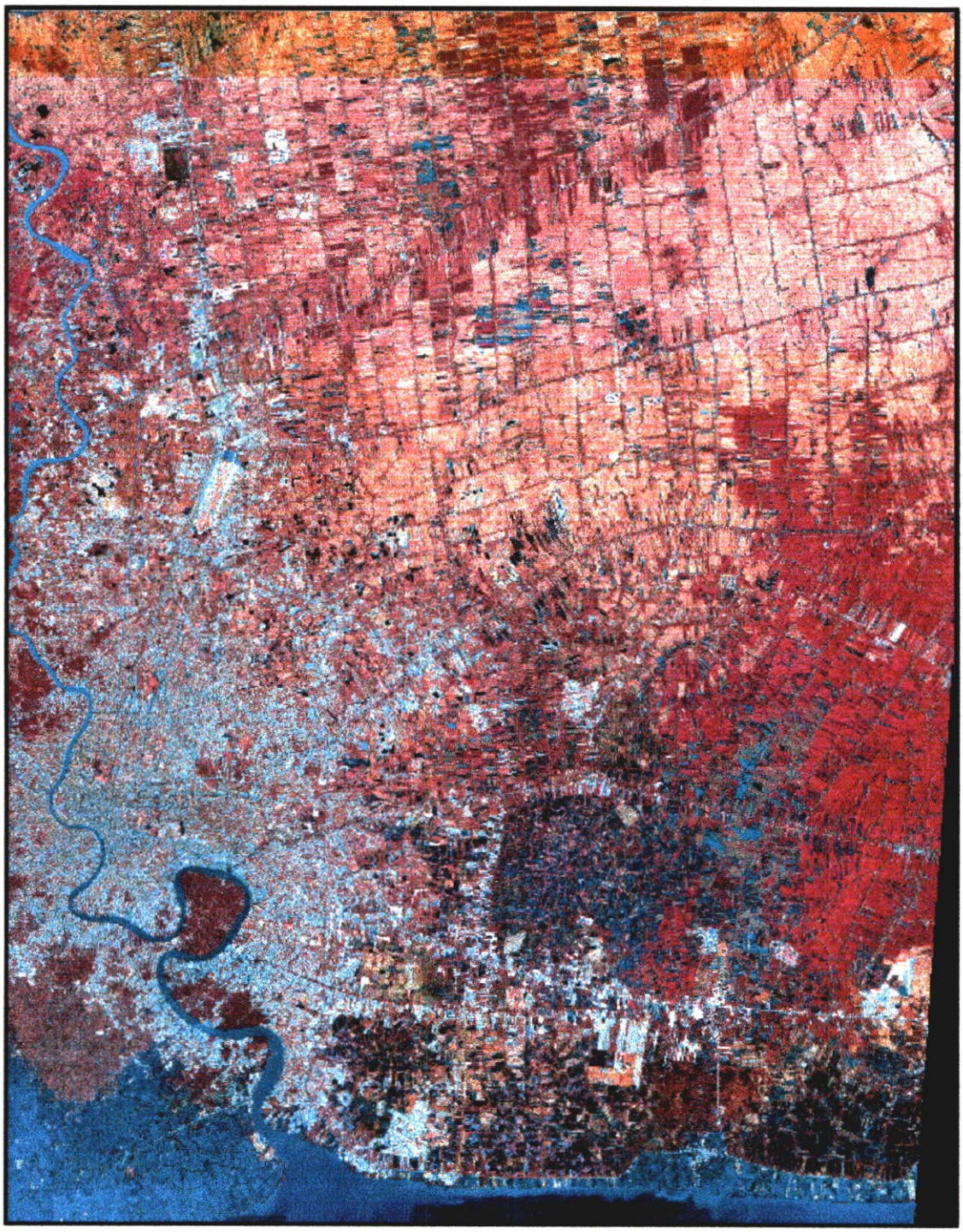
Band No.	Reference Detector	In-Band Relative Error	Absolute Gain (forward/reverse)	Absolute Offset (forward/reverse)
1	15	0.0%	0.977/0.968	-2.4/-1.7
2	10	0.0%	0.898/0.891	-0.5/-0.2
3	7	0.0%	0.804/0.799	1.0/1.2
4	7	0.0%	0.868/0.867	1.4/1.6
5	7	0.0%	0.870/0.869	0.0/0.1
6	2	0.0%	1.000/0.999	0.0/0.1
7	15	0.0%	0.830/0.829	1.0/1.0

Forward Destriping Gain (maximum/minimum)	Forward Destriping Offset (maximum/minimum)	Reverse Destriping Gain (maximum/minimum)	Reverse Destriping Offset (maximum/minimum)
0.988/0.964	-1.9/-3.0	0.978/0.955	-1.0/-2.3
0.909/0.891	-0.3/-0.9	0.900/0.885	0.03/-0.7
0.825/0.802	1.6/0.8	0.825/0.799	1.8/0.9
0.868/0.846	2.0/1.3	0.867/0.846	2.1/1.5
0.900/0.869	0.5/0.0	0.898/0.868	0.5/0.1
1.064/1.000	0.1/-2.4	1.063/0.999	0.4/-2.4
0.834/0.814	1.6/1.0	0.833/0.812	1.7/1.0

Residual striping

Band	Sample Region				Data Statistic		Striping
No	--------Start----------		----------Size----------		Mean	Std. Dev	estimate
	Line	Pixel	Line	Pixel			
1	575	805	128	128	70.28	0.8376	0.0515
1	1154	1427	128	128	75.58	2.2119	0.1585
1	1733	2016	128	128	79.82	2.4960	0.1241
1	2313	2638	128	128	67.91	2.3075	0.0870
2	575	806	128	128	32.23	0.7416	0.0320
2	1154	1424	128	128	34.72	1.6141	0.1297
2	1733	2017	128	128	38.58	1.6951	0.1020
2	2313	2639	128	128	28.10	2.6615	0.1006
3	575	807	128	128	30.42	1.4738	0.0917
3	1154	1425	128	128	36.79	3.0609	0.2328
3	1733	2018	128	128	43.35	3.0472	0.1874
3	2313	2640	128	128	23.56	4.2595	0.1610
4	575	808	128	128	69.99	4.1951	0.2825
4	1154	1426	128	128	50.78	3.3736	0.0696
4	1733	2015	128	128	57.21	2.9333	0.1444
4	2313	2640	128	128	10.52	3.8082	0.2848
5	575	807	128	128	62.81	3.5236	0.1853
5	1154	1425	128	128	58.92	6.5045	0.3081
5	1733	2018	128	128	68.69	4.0382	0.2779
5	2313	2639	128	128	5.53	2.1775	0.1751
6	578	757	32	32	40.48	0.6207	0.0249
6	1157	1400	32	32	45.06	0.9125	0.0317
6	1736	2036	32	32	45.69	1.6423	0.0371
6	2316	2698	32	32	38.85	0.3173	0.0115
7	575	805	128	32	22.82	4.3253	0.3560
7	1154	1427	128	32	26.16	6.3023	0.2369
7	1733	2016	128	32	38.17	6.5458	0.2381
7	2313	2637	128	32	2.64	0.9360	0.0904

ภาพที่ 2 (ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM แบนด์ 5 3 2 (RGB) ของบริเวณพื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 18 มกราคม พ.ศ.2530)



แสดงรายละเอียดของข้อมูลดาวเทียม LANDSAT 5 TM บันทึกวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539

NRCT (National Research Council Thailand)

Thailand LS Recording Station

Geocoded Image Correction System

Work order number	:	GPR1352L
Product type	:	Bulk
User ID	:	KMITL
Satellite	:	LS5
Sensor	:	TM
Work order initialization	:	1-Sep-1997 09:26:44
Product completion	:	1-Sep-1997 10:13:13
Total number of scenes	:	1
Number of tape products	:	1
Total number of products	:	1

Work order number : GPR1352L

Input information

Satellite	:	LS5
Sensor	:	TM
Inpute Volume :		
Medium	:	HDT
Orbit no.	:	63630
Acquisition of Signal	:	17-Feb-1996 02:41:00
Loss of Signal	:	17-Feb-1996 02:46:00
Tape ID (s)	:	TM52852
Total Swaths	:	185
Swaths with sync losses	:	0
Total sync losses	:	0
Line Length range	:	6316.0 to 6323.0

Processing information

Product scene centre time	:	17-Feb-1996 02:43:30
Product scene centre latitude	:	N 13:47:32
Product scene centre longitude	:	E 100:37:25
Map projection	:	SCMP
Map system	:	BULK_SYSTEM
Pixel Height	:	30.00 m.
Pixel Width	:	30.00 m.
Geometric options :		
Correction type	:	Bulk
Resampling kernel	:	DAMPED 8 POINT SINC
Radiometric options :		
Calibration correction	:	Applied

Output data specification Product A1

Product type	:	Tape product
Bulk Quadrant		
Bands	:	1 2 3 4 5 6 7
Tape agency	:	CCRS
Tape organization	:	Image file before supplementary
Interleaving	:	BSQ
Tape density	:	EXA2
Product scene centre time	:	17-Feb-1996 02:43:30.759003
Product scene centre latitude	:	N 13:47:32
Product scene centre longitude	:	E 100:37:25
Scene identification	:	4370024330
Sun elevation at product centre	:	41.55 degrees
Sun azimuth at product centre	:	121.09 degrees
Product location	:	Path 129, Row 051, Quad 6
Map projection	:	SCMP
Map system	:	BULK_SYSTEM

Number of lines	:	2944
Number of pixels	:	3500
Tape identifier (s)	:	1) G0004543
Device identifier (s)	:	NRCT$MUA1

GICS Radiometric Quality Assessment Report

Work order number : GPR1352L Scene A

Satellite : LS5 Sensor : TM

User ID : KMITL

Work order Date/Time : 1-Sep-1997 09:26:44

Sensor radiometric accuracy specification

Absolute Error : 10.0% Pre-launch

Inter-Band relative Error : 2.0% Pre-launch

Radiometric Calibration

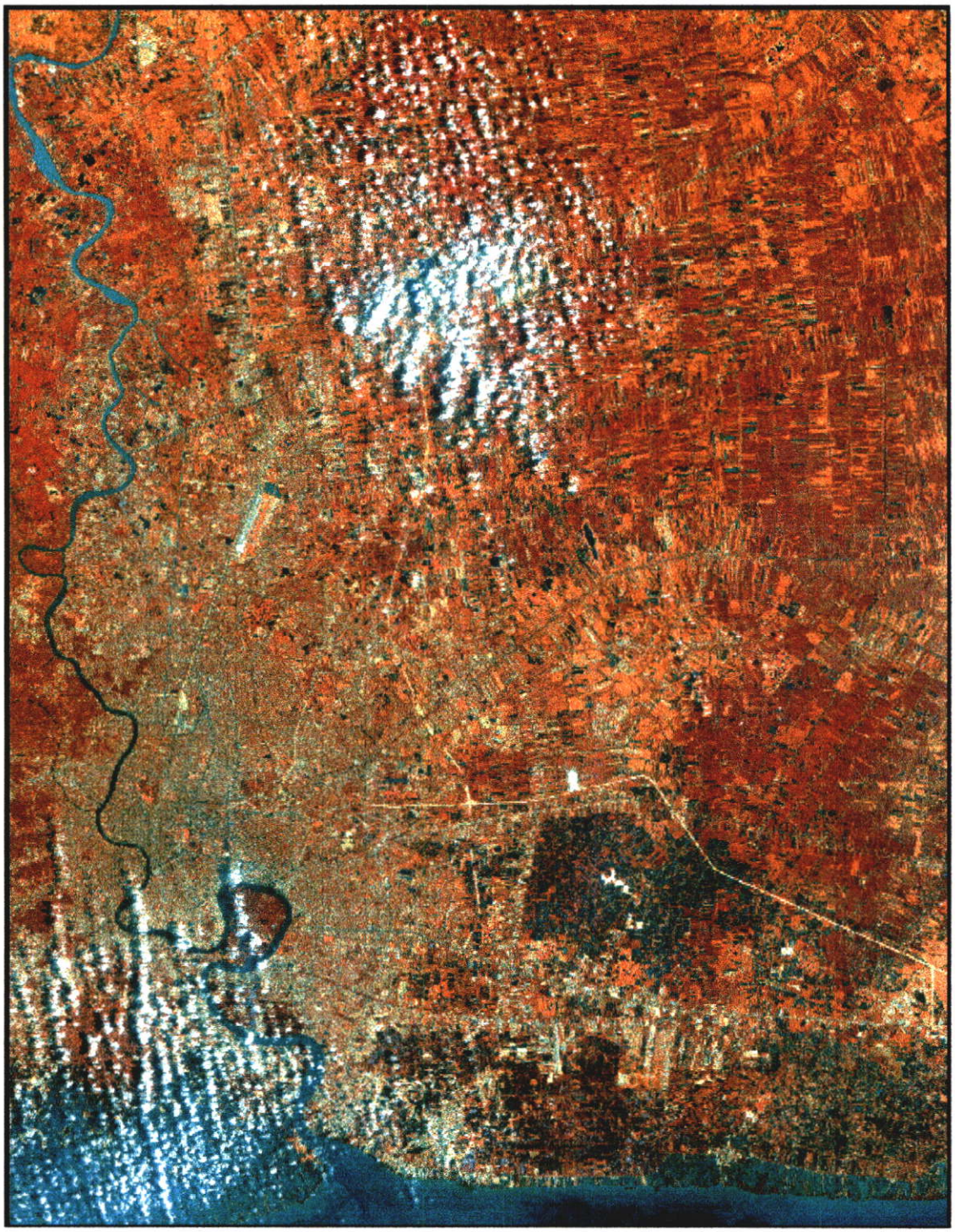
Band No.	Reference Detector	In-Band Relative Error	Absolute Gain	Absolute Offset
			(forward/reverse)	(forward/reverse)
1	15	0.0%	0.889/0.911	-4.1/-6.2
2	10	0.0%	0.915/0.926	-0.8/-1.2
3	7	0.0%	0.805/0.795	0.3/0.7
4	7	0.0%	0.914/0.913	0.3/0.4
5	7	0.0%	0.926/0.927	-0.2/-0.3
6	2	0.0%	1.000/1.010	0.0/-0.3
7	15	0.0%	0.909/0.907	1.0/1.0

Forward Destriping		Reverse Destriping	
Gain	Offset	Gain	Offset
(maximum/minimum)		(maximum/minimum)	
0.934/0.875	-3.6/-7.2	0.917/0.883	-3.0/-6.7
0.947/0.903	-0.4/-1.5	0.934/0.892	0.5/-1.3
0.835/0.802	0.7/0.0	0.817/0.791	1.8/0.3
0.914/0.890	0.8/0.3	0.913/0.890	1.1/0.3
0.953/0.924	0.3/-0.2	0.956/0.924	0.1/-0.3
1.052/1.000	0.0/-3.1	1.064/1.010	-0.2/-2.9
0.914/0.886	1.6/1.0	0.911/0.890	1.6/1.0

Residual striping

Band	Sample Region				Data Statistic		Striping
No	--------Start----------		----------Size----------		Mean	Std. Dev	estimate
	Line	Pixel	Line	Pixel			
1	571	839	128	128	84.33	1.0787	0.0217
1	1147	1427	128	128	98.24	0.9346	0.0.569
1	1723	2049	128	128	94.75	1.4494	0.0485
1	2299	2634	128	128	92.06	1.0851	0.0644
2	571	840	128	128	33.21	0.6647	0.0264
2	1147	1424	128	128	40.05	0.8438	0.0504
2	1723	2046	128	128	38.48	1.1575	0.0406
2	2299	2635	128	128	36.99	0.8118	0.0564
3	571	837	128	128	33.11	1.6580	0.0386
3	1147	1425	128	128	46.52	1.7718	0.0969
3	1723	2047	128	128	43.27	2.3968	0.069
3	2299	2636	128	128	39.77	1.4948	0.1060
4	571	838	128	128	71.90	4.4055	0.1757
4	1147	1426	128	128	49.96	1.4024	0.0692
4	1723	2048	128	128	49.24	4.0434	0.1940
4	2299	2637	128	128	35.89	5.1973	0.0961
5	571	837	128	128	63.39	1.7997	0.0809
5	1147	1424	128	128	62.87	2.9260	0.2244
5	1723	2047	128	128	56.29	8.5992	0.2991
5	2299	2635	128	128	29.02	10.2188	0.2977
6	574	784	32	32	41.36	0.4945	0.0124
6	1150	1402	32	32	44.34	0.5490	0.0175
6	1726	2066	32	32	41.50	0.9037	0.0334
6	2302	2685	32	32	39.32	0.9962	0.0255
7	571	839	128	32	22.36	2.0197	0.0788
7	1147	1426	128	32	27.93	3.2154	0.1604
7	1723	2049	128	32	27.18	5.2556	0.2747
7	2299	2637	128	32	10.53	6.8506	0.2958

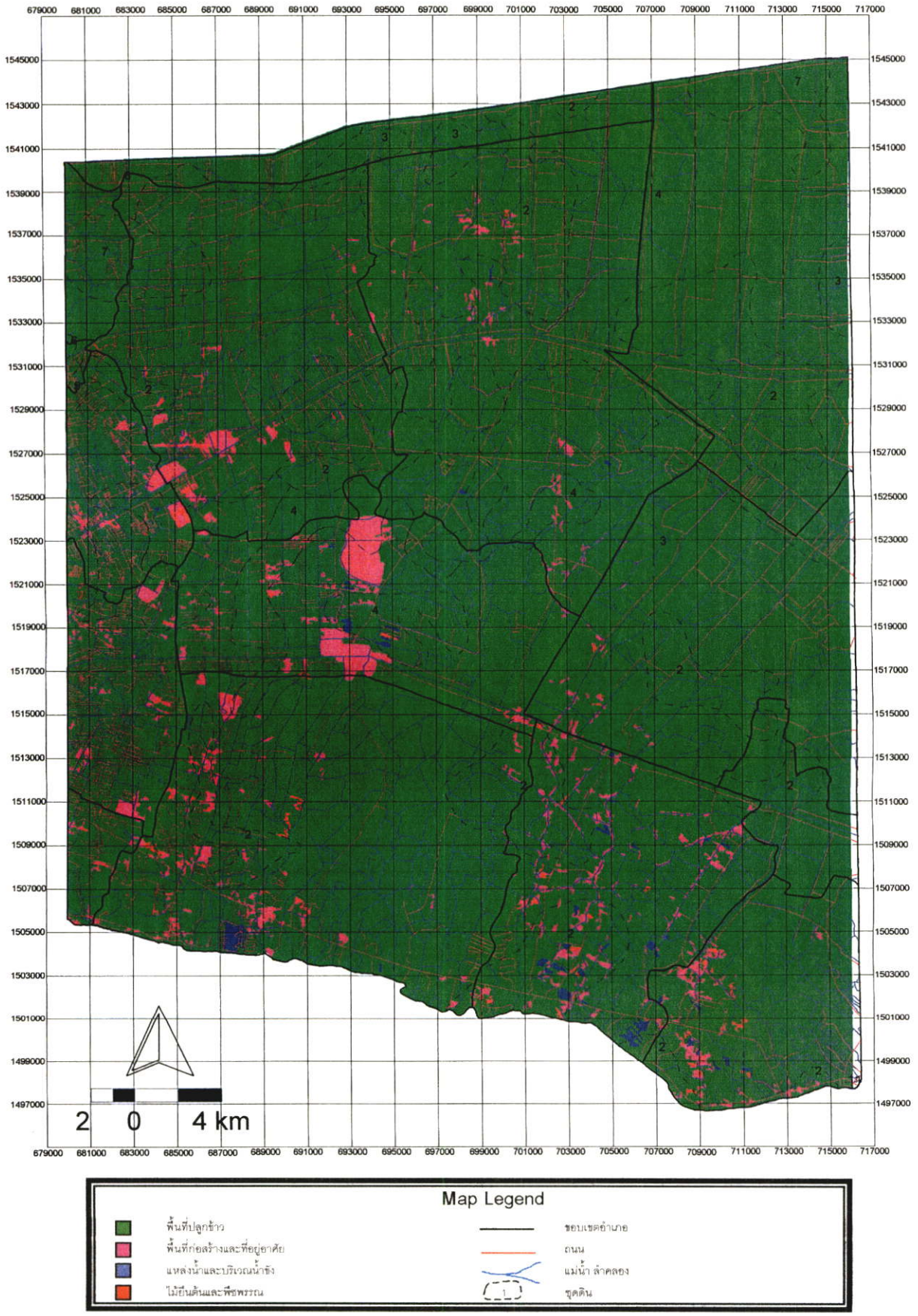
ภาพที่ 3 (ภาพข้อมูลดาวเทียม LANDSAT5 TM แบนด์ 5 3 2 (RGB) ของบริเวณพื้นที่ศึกษา บันทึกภาพวันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2539)



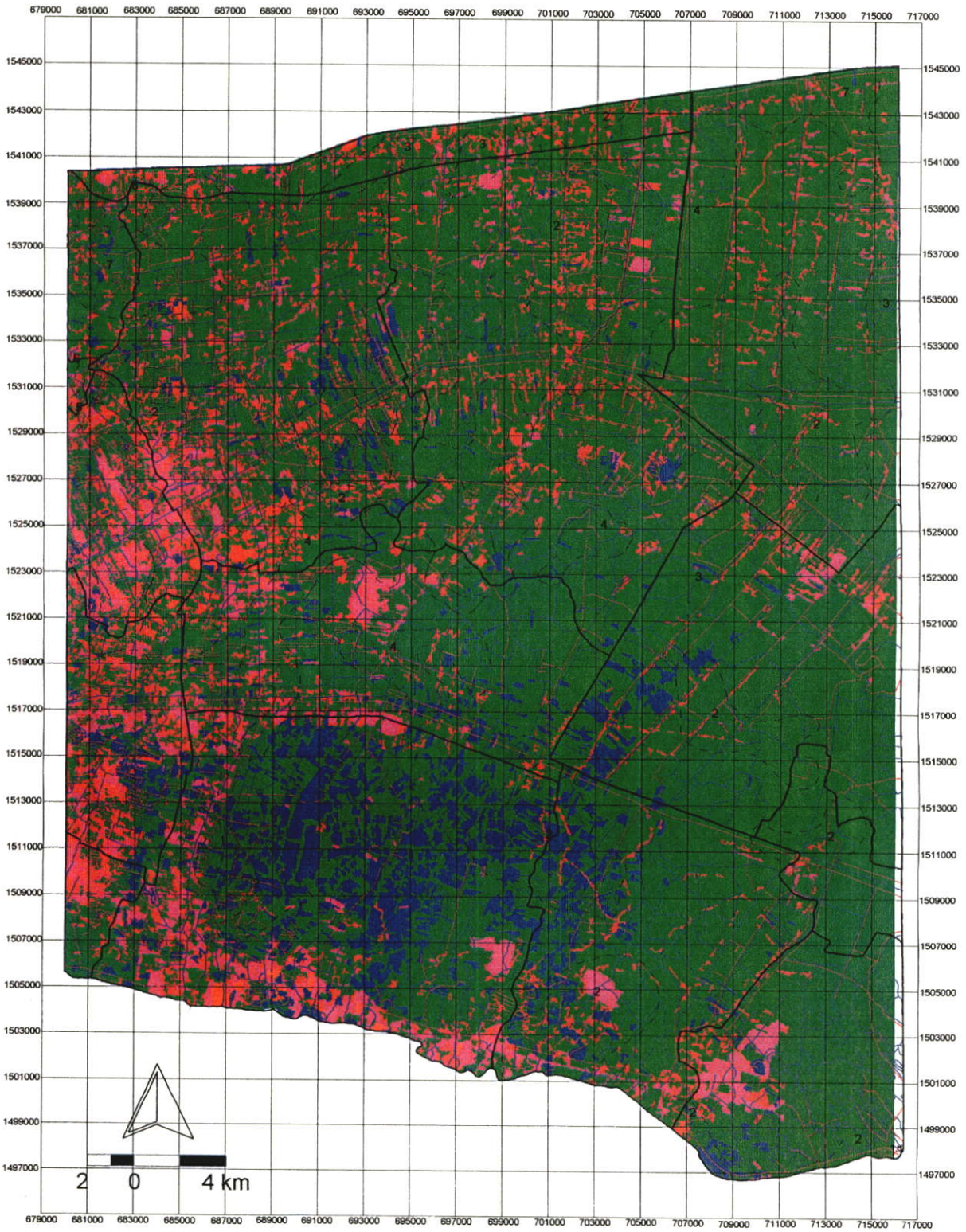
ภาคผนวก ค

ภาพแผนที่การใช้ที่ดิน

ภาพที่ 1 (แผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ.2530)



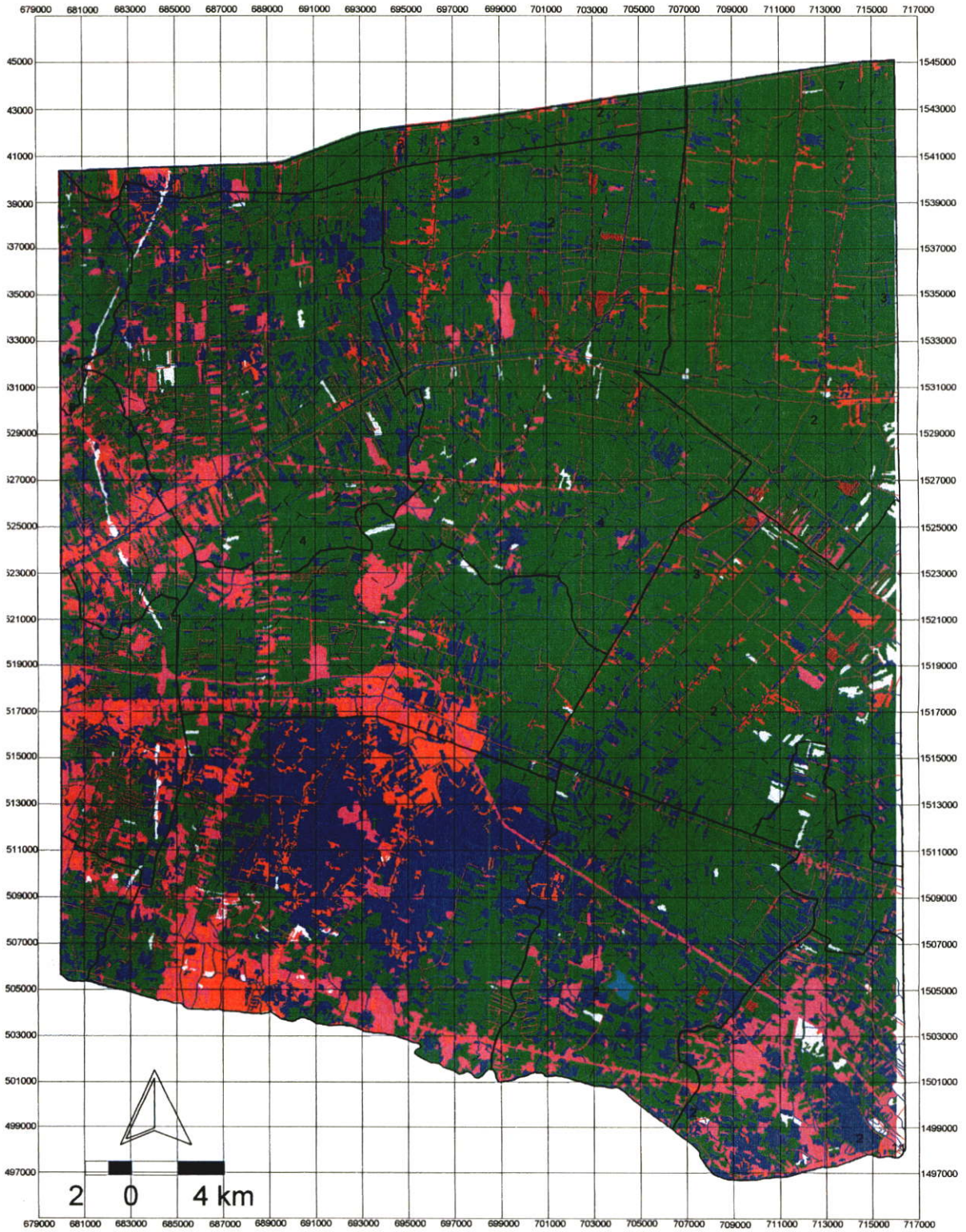
ภาพที่ 2 (แผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ.2534)



Map Legend

พื้นที่ปลูกข้าว	ไม้ยืนต้นและพืชพรรณ	ถนน
พื้นที่ก่อสร้างและที่อยู่อาศัย	พื้นที่อื่นๆ	แม่น้ำ ลำคลอง
แหล่งน้ำและบริเวณน้ำขัง	ขอบเขตอำเภอ	1 ชุดดิน

ภาพที่ 3 (แผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ.2539)



ภาคผนวก ง

รายงาน Metadata ระดับที่ 1

แบบสำรวจดัชนีข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Metadata ระดับที่ 1)

1. ชื่อเรื่อง/ชั้นข้อมูล : เส้นทางคมนาคม
2. วันที่สำหรับอ้างอิง (Reference Date) : 31 ธันวาคม 2536
3. ข้อมูลหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Information)

   หน่วยงานที่ 1

   3.1 ชื่อหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Organization Name)

   ฝ่าย/ส่วน : ภาควิชาปฐพีวิทยา

   กอง/สำนัก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

   กรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

   ทบวง/กระทรวง : ทบวงมหาวิทยาลัย

   3.2 บทบาทของหน่วยงาน (Responsible Party Role) : ผู้จัดทำ Metadata

   3.3 ที่อยู่ : 1 ม.2 ถนนฉลองกรุง

   3.4 ตำบล/แขวง : ลาดกระบัง

   3.5 อำเภอ/เขต : ลาดกระบัง

   3.6 จังหวัด : กรุงเทพมหานคร

   3.7 รหัสไปรษณีย์ : 10520

   3.8 ประเทศ : ประเทศไทย

   3.9 โทรศัพท์ : 02-326-4101

   3.10 โทรสาร : 02-326-4101

   3.11 การเชื่อมต่อทางสาย :

4. ขอบเขตของชุดข้อมูล (Dataset Extent)

   ชุดข้อมูลที่ 1

   ชื่อขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Extent Name) : กรุงเทพมหานคร จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ และ จ.ฉะเชิงเทรา

   วันที่สำรวจ/เก็บข้อมูล (Temporal Extent Date/Time : 31 ธันวาคม 2534

5. ระดับของความละเอียด (Resolution Level) : 1:50000
6. ภาษาของชุดข้อมูล (Language of Dataset Code) : ไทย
7. บทคัดย่อ (Abstract) : เส้นทางคมนาคม ทางหลวงประเทศ ทางหลวงจังหวัด และเส้นทางที่ใช้เฉพาะบางฤดูกาล
8. จุดมุ่งหมาย (Purpose) : เพื่อใช้ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
9. ความก้าวหน้า (Progress) : Complete (เสร็จสมบูรณ์)

10. ลักษณะข้อมูล (Category)

    10.1 ชั้นข้อมูล (Theme) : การสื่อสารและคมนาคม

    10.2 ข้อมูลคำสำคัญ (Keyword Information)

        ลำดับที่ 1

        คำสำคัญ (Keyword) : เส้นทางคมนาคม

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 2

        คำสำคัญ (Keyword) : trans

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 3

        คำสำคัญ (Keyword) : transport

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

11. ข้อจำกัดในการเข้าถึง (Access Constraints) : -

12. ข้อจำกัดในการใช้ (Use Constraints) : -

13. รายงานคุณภาพเชิงลึก : นำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไตซ์ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig

14. รายการของข้อมูลประวัติความเป็นมา : นำเข้าข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร

15. ประเภทของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Representation Type) : ข้อมูลเชิงเส้น

16. ประเภทของระบบการอ้างอิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System Type) : ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

17. การระบุ/จำแนกในการเผยแพร่ (Distribution Identifier) : transport

18. ชื่อรูปแบบของการเผยแพร่ (Distribution Format Name) : SPANS, .vec/.veh, .top/.vtx

19. สื่อที่ใช้ในการเผยแพร่ (Distribution Media) : CD-ROM

20. ระดับมาตรฐานการอธิบายข้อมูล (Level of Conformance) : -

21. ภาษาของการอธิบายข้อมูล (Language of Metadata) : ไทย

22. วันที่กรอกแบบสอบถาม (Metadata Date) : 20 พฤษภาคม 2545

---

1. ชื่อเรื่อง/ชั้นข้อมูล : แม่น้ำ ลำคลอง
2. วันที่สำหรับอ้างอิง (Reference Date) : 31 ธันวาคม 2536
3. ข้อมูลหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Information)

   หน่วยงานที่ 1

   3.1 ชื่อหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Organization Name)

   ฝ่าย/ส่วน : ภาควิชาปฐพีวิทยา

   กอง/สำนัก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

   กรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

   ทบวง/กระทรวง : ทบวงมหาวิทยาลัย

   3.2 บทบาทของหน่วยงาน (Responsible Party Role) : ผู้จัดทำ Metadata

   3.3 ที่อยู่ : 1 ม.2 ถนนฉลองกรุง

   3.4 ตำบล/แขวง : ลาดกระบัง

   3.5 อำเภอ/เขต : ลาดกระบัง

   3.6 จังหวัด : กรุงเทพมหานคร

   3.7 รหัสไปรษณีย์ : 10520

   3.8 ประเทศ : ประเทศไทย

   3.9 โทรศัพท์ : 02-326-4101

   3.10 โทรสาร : 02-326-4101

   3.11 การเชื่อมต่อทางสาย :

4. ขอบเขตของชุดข้อมูล (Dataset Extent)

   ชุดข้อมูลที่ 1

   ชื่อขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Extent Name) : กรุงเทพมหานคร จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ และ จ.ฉะเชิงเทรา

   วันที่สำรวจ/เก็บข้อมูล (Temporal Extent Date/Time : 31 ธันวาคม 2534

5. ระดับของความละเอียด (Resolution Level) : 1:50000
6. ภาษาของชุดข้อมูล (Language of Dataset Code) : ไทย
7. บทคัดย่อ (Abstract) : แม่น้ำ ลำคลอง หนองมีน้ำตลอดปี
8. จุดมุ่งหมาย (Purpose) : เพื่อใช้ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
9. ความก้าวหน้า (Progress) : Complete (เสร็จสมบูรณ์)

10. ลักษณะข้อมูล (Category)

    10.1 ชั้นข้อมูล (Theme) : แม่น้ำ ลำคลอง

    10.2 ข้อมูลคำสำคัญ (Keyword Information)

        ลำดับที่ 1

          คำสำคัญ (Keyword) : river

          ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 2

          คำสำคัญ (Keyword) :

          ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 3

          คำสำคัญ (Keyword) :

          ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

11. ข้อจำกัดในการเข้าถึง (Access Constraints) : -

12. ข้อจำกัดในการใช้ (Use Constraints) : -

13. รายงานคุณภาพเชิงลึก : นำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไตซ์ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig

14. รายการของข้อมูลประวัติความเป็นมา : นำเข้าข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร

15. ประเภทของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Representation Type) : ข้อมูลเชิงเส้น

16. ประเภทของระบบการอ้างอิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System Type) : ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

17. การระบุ/จำแนกในการเผยแพร่ (Distribution Identifier) : river

18. ชื่อรูปแบบของการเผยแพร่ (Distribution Format Name) : SPANS, .vec/.veh, .top/.vtx

19. สื่อที่ใช้ในการเผยแพร่ (Distribution Media) : CD-ROM

20. ระดับมาตรฐานการอธิบายข้อมูล (Level of Conformance) : -

21. ภาษาของการอธิบายข้อมูล (Language of Metadata) : ไทย

22. วันที่กรอกแบบสอบถาม (Metadata Date) : 20 พฤษภาคม 2545

---

1. ชื่อเรื่อง/ชั้นข้อมูล : ขอบเขตการปกครอง
2. วันที่สำหรับอ้างอิง (Reference Date) : 31 ธันวาคม 2536
3. ข้อมูลหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Information)

   หน่วยงานที่ 1

   3.1 ชื่อหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Organization Name)

   ฝ่าย/ส่วน : ภาควิชาปฐพีวิทยา

   กอง/สำนัก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

   กรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

   ทบวง/กระทรวง : ทบวงมหาวิทยาลัย

   3.2 บทบาทของหน่วยงาน (Responsible Party Role) : ผู้จัดทำ Metadata

   3.3 ที่อยู่ : 1 ม.2 ถนนฉลองกรุง

   3.4 ตำบล/แขวง : ลาดกระบัง

   3.5 อำเภอ/เขต : ลาดกระบัง

   3.6 จังหวัด : กรุงเทพมหานคร

   3.7 รหัสไปรษณีย์ : 10520

   3.8 ประเทศ : ประเทศไทย

   3.9 โทรศัพท์ : 02-326-4101

   3.10 โทรสาร : 02-326-4101

   3.11 การเชื่อมต่อทางสาย :

4. ขอบเขตของชุดข้อมูล (Dataset Extent)

   ชุดข้อมูลที่ 1

   ชื่อขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Extent Name) : กรุงเทพมหานคร จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ และ จ.ฉะเชิงเทรา

   วันที่สำรวจ/เก็บข้อมูล (Temporal Extent Date/Time : 31 ธันวาคม 2534

5. ระดับของความละเอียด (Resolution Level) : 1:50000
6. ภาษาของชุดข้อมูล (Language of Dataset Code) : ไทย
7. บทคัดย่อ (Abstract) : ขอบเขตการปกครองของพื้นที่ศึกษา ระดับอำเภอ
8. จุดมุ่งหมาย (Purpose) : เพื่อใช้ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
9. ความก้าวหน้า (Progress) : Complete (เสร็จสมบูรณ์)

10. ลักษณะข้อมูล (Category)

    10.1 ชั้นข้อมูล (Theme) : ขอบเขตการปกครอง

    10.2 ข้อมูลคำสำคัญ (Keyword Information)

        ลำดับที่ 1

        คำสำคัญ (Keyword) : ขอบเขตการปกครอง

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 2

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 3

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

11. ข้อจำกัดในการเข้าถึง (Access Constraints) : -

12. ข้อจำกัดในการใช้ (Use Constraints) : -

13. รายงานคุณภาพเชิงลึก : นำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไตซ์ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig

14. รายการของข้อมูลประวัติความเป็นมา : นำเข้าข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร

15. ประเภทของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Representation Type) : ข้อมูลเชิงเส้น

16. ประเภทของระบบการอ้างอิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System Type) : ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

17. การระบุ/จำแนกในการเผยแพร่ (Distribution Identifier) : boundary

18. ชื่อรูปแบบของการเผยแพร่ (Distribution Format Name) : SPANS, .vec/.veh, .top/.vtx

19. สื่อที่ใช้ในการเผยแพร่ (Distribution Media) : CD-ROM

20. ระดับมาตรฐานการอธิบายข้อมูล (Level of Conformance) : -

21. ภาษาของการอธิบายข้อมูล (Language of Metadata) : ไทย

22. วันที่กรอกแบบสอบถาม (Metadata Date) : 20 พฤษภาคม 2545

---

1. ชื่อเรื่อง/ชั้นข้อมูล : แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2530
2. วันที่สำหรับอ้างอิง (Reference Date) : 9 ธันวาคม 2530
3. ข้อมูลหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Information)

   หน่วยงานที่ 1

   3.1 ชื่อหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Organization Name)

   ฝ่าย/ส่วน : ภาควิชาปฐพีวิทยา

   กอง/สำนัก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

   กรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

   ทบวง/กระทรวง : ทบวงมหาวิทยาลัย

   3.2 บทบาทของหน่วยงาน (Responsible Party Role) : ผู้จัดทำ Metadata

   3.3 ที่อยู่ : 1 ม.2 ถนนฉลองกรุง

   3.4 ตำบล/แขวง : ลาดกระบัง

   3.5 อำเภอ/เขต : ลาดกระบัง

   3.6 จังหวัด : กรุงเทพมหานคร

   3.7 รหัสไปรษณีย์ : 10520

   3.8 ประเทศ : ประเทศไทย

   3.9 โทรศัพท์ : 02-326-4101

   3.10 โทรสาร : 02-326-4101

   3.11 การเชื่อมต่อทางสาย :

4. ขอบเขตของชุดข้อมูล (Dataset Extent)

   ชุดข้อมูลที่ 1

   ชื่อขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Extent Name) : กรุงเทพมหานคร จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ และ จ.ฉะเชิงเทรา

   วันที่สำรวจ/เก็บข้อมูล (Temporal Extent Date/Time : 9 ธันวาคม 2530

5. ระดับของความละเอียด (Resolution Level) : 1:50000
6. ภาษาของชุดข้อมูล (Language of Dataset Code) : ไทย
7. บทคัดย่อ (Abstract) : แผนที่การใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2530
8. จุดมุ่งหมาย (Purpose) : เพื่อใช้ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
9. ความก้าวหน้า (Progress) : Complete (เสร็จสมบูรณ์)

10. ลักษณะข้อมูล (Category)

    10.1 ชั้นข้อมูล (Theme) : แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2530

    10.2 ข้อมูลคำสำคัญ (Keyword Information)

        ลำดับที่ 1

        คำสำคัญ (Keyword) : land use

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 2

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 3

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

11. ข้อจำกัดในการเข้าถึง (Access Constraints) : -

12. ข้อจำกัดในการใช้ (Use Constraints) : -

13. รายงานคุณภาพเชิงลึก : ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Easi/Pace version 6.0 จำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธี Supervised Classification และทฤษฎี Maximum Likelihood Classifier หลังจากนั้นแก้ไขด้วยมือและนำเข้าข้อมูลหลังการแก้ไขโดยการดิจิไตซ์ โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig

14. รายการของข้อมูลประวัติความเป็นมา : จากการจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM บันทึก วันที่ 9 ธันวาคม 2530

15. ประเภทของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Representation Type) : ข้อมูลเชิงกริด

16. ประเภทของระบบการอ้างอิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System Type) : ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

17. การระบุ/จำแนกในการเผยแพร่ (Distribution Identifier) : land use_2530

18. ชื่อรูปแบบของการเผยแพร่ (Distribution Format Name) : SPANS, .vec/.veh, .top/.vtx, .map

19. สื่อที่ใช้ในการเผยแพร่ (Distribution Media) : CD-ROM

20. ระดับมาตรฐานการอธิบายข้อมูล (Level of Conformance) : -

21. ภาษาของการอธิบายข้อมูล (Language of Metadata) : ไทย

1. วันที่กรอกแบบสอบถาม (Metadata Date) : 20 พฤษภาคม 2545

---

1. ชื่อเรื่อง/ชั้นข้อมูล : แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2534
2. วันที่สำหรับอ้างอิง (Reference Date) : 18 มกราคม 2534
3. ข้อมูลหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Information)

   หน่วยงานที่ 1

   3.1 ชื่อหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Organization Name)

   ฝ่าย/ส่วน : ภาควิชาปฐพีวิทยา

   กอง/สำนัก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

   กรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

   ทบวง/กระทรวง : ทบวงมหาวิทยาลัย

   3.2 บทบาทของหน่วยงาน (Responsible Party Role) : ผู้จัดทำ Metadata

   3.3 ที่อยู่ : 1 ม.2 ถนนฉลองกรุง

   3.4 ตำบล/แขวง : ลาดกระบัง

   3.5 อำเภอ/เขต : ลาดกระบัง

   3.6 จังหวัด : กรุงเทพมหานคร

   3.7 รหัสไปรษณีย์ : 10520

   3.8 ประเทศ : ประเทศไทย

   3.9 โทรศัพท์ : 02-326-4101

   3.10 โทรสาร : 02-326-4101

   3.11 การเชื่อมต่อทางสาย :

4. ขอบเขตของชุดข้อมูล (Dataset Extent)

   ชุดข้อมูลที่ 1

   ชื่อขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Extent Name) : กรุงเทพมหานคร จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ และ จ.ฉะเชิงเทรา

   วันที่สำรวจ/เก็บข้อมูล (Temporai Extent Date/Time : 18 มกราคม 2534

5. ระดับของความละเอียด (Resolution Level) : 1:50000
6. ภาษาของชุดข้อมูล (Language of Dataset Code) : ไทย
7. บทคัดย่อ (Abstract) : แผนที่การใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2534
8. จุดมุ่งหมาย (Purpose) : เพื่อใช้ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
9. ความก้าวหน้า (Progress) : Complete (เสร็จสมบูรณ์)

10. ลักษณะข้อมูล (Category)

    10.1 ชั้นข้อมูล (Theme) : แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2534

    10.2 ข้อมูลคำสำคัญ (Keyword Information)

        ลำดับที่ 1

        คำสำคัญ (Keyword) : land use

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 2

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 3

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

11. ข้อจำกัดในการเข้าถึง (Access Constraints) : -

12. ข้อจำกัดในการใช้ (Use Constraints) : -

13. รายงานคุณภาพเชิงลึก : ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Easi/Pace version 6.0 จำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธี Supervised Classification และทฤษฎี Maximum Likelihood Classifier หลังจากนั้นแก้ไขด้วยมือและนำเข้าข้อมูลหลังการแก้ไขโดยการดิจิไตซ์ โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig

14. รายการของข้อมูลประวัติความเป็นมา : จากการจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM บันทึก วันที่ 18 มกราคม 2534

15. ประเภทของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Representation Type) : ข้อมูลเชิงกริด

16. ประเภทของระบบการอ้างอิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System Type) : ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

17. การระบุ/จำแนกในการเผยแพร่ (Distribution Identifier) : land use_2534

18. ชื่อรูปแบบของการเผยแพร่ (Distribution Format Name) : SPANS, .vec/.veh, .top/.vtx, .map

19. สื่อที่ใช้ในการเผยแพร่ (Distribution Media) : CD-ROM

20. ระดับมาตรฐานการอธิบายข้อมูล (Level of Conformance) : -

21. ภาษาของการอธิบายข้อมูล (Language of Metadata) : ไทย

2. วันที่กรอกแบบสอบถาม (Metadata Date) : 20 พฤษภาคม 2545

---

1. ชื่อเรื่อง/ชั้นข้อมูล : แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2539
2. วันที่สำหรับอ้างอิง (Reference Date) : 17 กุมภาพันธ์ 2539
3. ข้อมูลหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Information)

   หน่วยงานที่ 1

   3.1 ชื่อหน่วยงานรับผิดชอบ (Responsible Party Organization Name)

   ฝ่าย/ส่วน : ภาควิชาปฐพีวิทยา

   กอง/สำนัก : คณะเทคโนโลยีการเกษตร

   กรม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

   ทบวง/กระทรวง : ทบวงมหาวิทยาลัย

   3.2 บทบาทของหน่วยงาน (Responsible Party Role) : ผู้จัดทำ Metadata

   3.3 ที่อยู่ : 1 ม.2 ถนนฉลองกรุง

   3.4 ตำบล/แขวง : ลาดกระบัง

   3.5 อำเภอ/เขต : ลาดกระบัง

   3.6 จังหวัด : กรุงเทพมหานคร

   3.7 รหัสไปรษณีย์ : 10520

   3.8 ประเทศ : ประเทศไทย

   3.9 โทรศัพท์ : 02-326-4101

   3.10 โทรสาร : 02-326-4101

   3.11 การเชื่อมต่อทางสาย :

4. ขอบเขตของชุดข้อมูล (Dataset Extent)

   ชุดข้อมูลที่ 1

   ชื่อขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Extent Name) : กรุงเทพมหานคร จ.ปทุมธานี จ.สมุทรปราการ และ จ.ฉะเชิงเทรา

   วันที่สำรวจ/เก็บข้อมูล (Temporal Extent Date/Time : 17 กุมภาพันธ์ 2539

5. ระดับของความละเอียด (Resolution Level) : 1:50000
6. ภาษาของชุดข้อมูล (Language of Dataset Code) : ไทย
7. บทคัดย่อ (Abstract) : แผนที่การใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ.2539
8. จุดมุ่งหมาย (Purpose) : เพื่อใช้ศึกษาการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา
9. ความก้าวหน้า (Progress) : Complete (เสร็จสมบูรณ์)

10. ลักษณะข้อมูล (Category)

    10.1 ชั้นข้อมูล (Theme) : แผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ.2539

    10.2 ข้อมูลคำสำคัญ (Keyword Information)

        ลำดับที่ 1

        คำสำคัญ (Keyword) : land use

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 2

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

        ลำดับที่ 3

        คำสำคัญ (Keyword) :

        ประเภทคำสำคัญ (Keyword Type) : Theme (หัวข้อ)

11. ข้อจำกัดในการเข้าถึง (Access Constraints) : -

12. ข้อจำกัดในการใช้ (Use Constraints) : -

13. รายงานคุณภาพเชิงลึก : ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Easi/Pace version 6.0 จำแนกประเภทข้อมูลโดยวิธี Supervised Classification และทฤษฎี Maximum Likelihood Classifier หลังจากนั้นแก้ไขด้วยมือและนำเข้าข้อมูลหลังการแก้ไขโดยการดิจิไตซ์ โดยใช้โปรแกรม SPANS Module Tydig

14. รายการของข้อมูลประวัติความเป็นมา : จากการจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT5 TM บันทึก วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2539

15. ประเภทของการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Representation Type) : ข้อมูลเชิงกริด

16. ประเภทของระบบการอ้างอิงข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System Type) : ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator)

17. การระบุ/จำแนกในการเผยแพร่ (Distribution Identifier) : land use_2539

18. ชื่อรูปแบบของการเผยแพร่ (Distribution Format Name) : SPANS, .vec/.veh, .top/.vtx, .map

19. สื่อที่ใช้ในการเผยแพร่ (Distribution Media) : CD-ROM

20. ระดับมาตรฐานการอธิบายข้อมูล (Level of Conformance) : -

21. ภาษาของการอธิบายข้อมูล (Language of Metadata) : ไทย

22. วันที่กรอกแบบสอบถาม (Metadata Date) : 20 พฤษภาคม 2545

ประวัติผู้เขียน

น.ส. นุจรี บุญแปลง เกิดเมื่อวันที่ 18 กันยายน พ.ศ. 2510 ที่จังหวัดแพร่ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา จากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2532

ปี พ.ศ.2535 เข้ารับราชการในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 3 สังกัดคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทบวงมหาวิทยาลัย และปัจจุบันดำรงตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ระดับ 6 สังกัดคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทบวงมหาวิทยาลัย