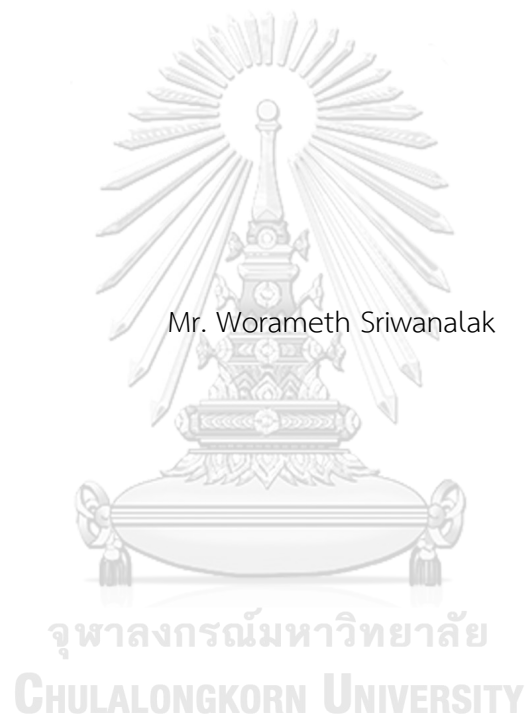


การวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรม ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ANALYSIS OF THE CHAO PHRAYA DELTA STRUCTURES AND DYNAMICS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Landscape Architecture in Landscape Architecture

Department of Landscape Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---------------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ เจ้าพระยา |
| โดย | นายวรมเชษฐ์ ศรีวนาลักษณ์ |
| สาขาวิชา | ภูมิสถาปัตยกรรม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | อาจารย์ ดร.ศรัณย์ ทายตะคุ |

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

| | |
|--|---------------------------------|
| | คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ |
| (รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัชชิต) | |
| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | |
| | ประธานกรรมการ |
| (รองศาสตราจารย์นิลุบล คล่องเวสสะ) | |
| | อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก |
| (อาจารย์ ดร.ศรัณย์ ทายตะคุ) | |
| | กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย |
| (รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล) | |

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วรมธ ศรีวนาลักษณ์ : การวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ
เจ้าพระยา. (AN ANALYSIS OF THE CHAO PHRAYA DELTA STRUCTURES AND
DYNAMICS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ดนัย ทายตะคุ

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นภูมิทัศน์ที่เกิดจากกระบวนการธารน้ำ (Fluvial Process) การสะสมของตะกอนแม่น้ำจนเกิดเป็นที่ราบกว้าง ตะกอนเหล่านี้มากับน้ำหลากและท่วมขังเต็มที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงฤดูฝน เมื่อสิ้นฤดูฝนและน้ำที่ไหลหลากมาจากพื้นที่ตอนบนลดลง น้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจะลดลงและแห้งไป มีลักษณะเป็นที่ราบน้ำท่วมตามฤดูกาล น้ำที่หลากสู่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นทำให้เกิดการทับถมของตะกอนแม่น้ำนำมาซึ่งความอุดมสมบูรณ์ แต่ในปัจจุบันการพัฒนาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น การขยายตัวของเมือง การสร้างโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมจากแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงการทำระบบชลประทานทำให้ระบบน้ำ (Water Regime) ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างเชิงภูมิทัศน์และการเปลี่ยนแปลงของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และการแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา เพื่อบ่งชี้ถึงผลของการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อหน้าที่เชิงภูมิทัศน์ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา จากการวิจัยพบว่าสิ่งปลูกสร้างมีการขยายตัวออกไปยังพื้นที่นาซึ่งเป็นทีลุ่มต่ำที่ทำหน้าที่รับน้ำหลากในช่วงฤดูน้ำหลาก อีกทั้งการพัฒนาต่าง ๆ เช่น การพัฒนาระบบชลประทานทำให้พื้นที่แยกออกเป็นสวน ๆ พื้นที่ที่เคยเป็นที่อยู่ของน้ำในฤดูน้ำหลากลดน้อยลง ส่งผลทำให้น้ำหลากกลายเป็นปัญหาน้ำท่วมในปัจจุบัน ดังนั้นการพัฒนาเมืองในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นสิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ พื้นที่รับน้ำหลาก และเมืองควรให้น้ำไหลผ่านได้

สาขาวิชา ภูมิสถาปัตยกรรม

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

6073361225 : MAJOR LANDSCAPE ARCHITECTURE

KEYWORD: Flood Pulse, Land Cover Classification, Satellite Image Analysis, Chao Phraya Delta

Worameth Sriwanalak : AN ANALYSIS OF THE CHAO PHRAYA DELTA STRUCTURES AND DYNAMICS. Advisor: DANAI THAITAKOO, Ph.D.

The Chao Phraya Delta is a result of fluvial process and deposit. In the rainy season, the whole area is covered by the water. And after the rainy season ends, the water has disappeared. This seasonal flood brings the abundance to this area but the development in this area such as the urbanization, the flood wall protection project including the irrigation development project that are the cause of the Chao Phraya Plain's water regime changes.

This thesis has a purpose to analysis the Chao Phraya Plain structure and studies the landscape change in the Chao Phraya Delta by using the geographic information system (GIS) and satellite image analysis to define the problem that is the result of the landscape structure change. The result of this study is the built-up area is explored into the lower area. The paddy field is reduced, it means the catchment area is reduced too. Moreover, the irrigation development has separated the area to a polder. These are a cause of the flood inundation became a flood disaster in this area. So, the development in Chao Phraya Plain, the issue that should be considered is the space for the flood and the flood can flow through a city.

Field of Study: Landscape Architecture

Student's Signature

Academic Year: 2018

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถดำเนินการมาได้ ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ดนัย ทายตะคุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบพระคุณ รศ.นิลุบล คล่องเวสสะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.ชัยสิทธิ์ ด่านกิตติกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการประเมินผลวิทยานิพนธ์ และให้ข้อเสนอแนะต่างๆเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า

ขอบคุณภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาประเภททุนผู้ช่วย ตลอดระยะเวลาการศึกษา

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอบคุณกรมชลประทาน กรมทางหลวง กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมเจ้าท่า ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่างๆเพื่อนำมาใช้ประกอบในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณ U.S. Geology Survey และ NASA JPL ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 เพื่อนำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ขอบคุณนางสาวมิ่งขวัญ นันทวิสัย ที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณนางสาวเกียรติกมล นิลารณ์กุล และนายเกษมพันธ์ แก้วธำรงค์ เพื่อนร่วมกลุ่มวิทยานิพนธ์ที่คอยให้กำลังใจและคำแนะนำช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนตลอดการศึกษา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะไม่สามารถเสร็จจุล่งได้หากขาดการสนับสนุนจากบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมา ข้าพเจ้าขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

วรเมธ ศรีวนาลักษณ์

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ค |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | ง |
| กิตติกรรมประกาศ..... | จ |
| สารบัญ..... | ฉ |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญรูปภาพ..... | ฎ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1. ที่มาและความสำคัญ..... | 1 |
| 1.2. คำถามการวิจัย | 2 |
| 1.3. วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.4. ขอบเขตการวิจัย | 2 |
| 1.4.1. ขอบเขตเชิงเนื้อหา | 2 |
| 1.4.2. ขอบเขตเชิงพื้นที่ศึกษา..... | 2 |
| 1.5. ระเบียบวิธีวิจัย | 4 |
| 1.5.1. ทบทวนวรรณกรรม | 4 |
| 1.5.2. รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข | 4 |
| 1.5.3. วิเคราะห์และบ่งชี้โครงสร้างที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา | 4 |
| 1.5.4. วิเคราะห์และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 4 |
| 1.5.5. สรุปผลการวิเคราะห์..... | 5 |
| 1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 5 |
| 1.7. นิยามศัพท์..... | 5 |

| | |
|--|----|
| บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม..... | 8 |
| 2.1. ทฤษฎีเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย..... | 8 |
| 2.1.1. ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์..... | 9 |
| 2.1.2. ทฤษฎีมีนุษย์กับภูมิทัศน์..... | 13 |
| 2.2. ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 17 |
| 2.2.1. ทฤษฎีภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม..... | 18 |
| 2.2.2. ทฤษฎีพลวัตน้ำหลาก..... | 21 |
| 2.2.3. แนวคิดเรื่องภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 23 |
| 2.3. ทฤษฎีเพื่อกำหนดวิธีการวิจัย..... | 47 |
| 2.3.1. ทฤษฎีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้จากระยะไกล..... | 48 |
| 2.3.2. ทฤษฎีการแปลตีความข้อมูลด้วยเทียมด้วยตาเปล่า..... | 49 |
| 2.3.3. ทฤษฎีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน..... | 52 |
| 2.4. ทฤษฎีเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้..... | 54 |
| 2.4.1. แนวคิดการพัฒนาเมืองในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม..... | 54 |
| 2.4.2. แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสีน้ำเงิน..... | 56 |
| 2.4.3. แนวคิดการวางแผนพัฒนาอย่างยั่งยืน..... | 58 |
| 2.5. สรุปทฤษฎีและกรอบแนวคิดการวิจัย..... | 60 |
| บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา..... | 62 |
| บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 68 |
| 4.1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย..... | 69 |
| 4.1.1. ข้อมูลแผนที่..... | 69 |
| 4.1.2. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข..... | 69 |
| 4.1.3. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม..... | 70 |
| 4.1.4. ข้อมูลโครงสร้างพื้นฐาน..... | 71 |

| | |
|--|-----|
| 4.1.5. ข้อมูลสำรวจภาคสนาม..... | 75 |
| 4.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย | 76 |
| 4.3. วิธีดำเนินการวิจัย | 77 |
| 4.3.1. การวิเคราะห์โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 77 |
| 4.3.2. การวิเคราะห์พลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 86 |
| 4.3.3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 90 |
| 4.4. สรุปการดำเนินการวิจัย | 96 |
| บทที่ 5 ผลการวิจัย..... | 98 |
| 5.1. โครงสร้างและหน้าที่ภูมิทัศน์ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 98 |
| 5.2. พลวัตน้ำหลากของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา | 102 |
| 5.3. การเปลี่ยนแปลงของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 109 |
| 5.3.1. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการพัฒนาระบบชลประทานและโครงข่ายถนน | 109 |
| 5.3.2. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการขยายตัวของเมือง | 114 |
| 5.3.3. ผลของการเปลี่ยนแปลงต่อพลวัตน้ำหลาก..... | 119 |
| 5.4. สรุป | 122 |
| บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 123 |
| 6.1. สรุปผลการวิจัย..... | 123 |
| 6.1.2. การเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 125 |
| 6.4. อภิปรายผลการวิจัย | 128 |
| 6.3. ข้อเสนอแนะ | 131 |
| 6.3.1. การออกแบบวางผังเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 132 |
| 6.3.2. การวางแผนพัฒนาอย่างยั่งยืน | 139 |
| 6.4. ข้อจำกัดในการวิจัย | 140 |
| 6.5. การศึกษาในลำดับถัดไป..... | 140 |

| | |
|----------------------|-----|
| บรรณานุกรม..... | 141 |
| ภาคผนวก..... | 150 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 153 |



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2-1 สีผสมของดาวเทียม Landsat ระบบ TM และ ระบบ ETM+ | 50 |
| ตารางที่ 3-2 ตำแหน่งพิกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1 | 64 |
| ตารางที่ 3-3 ตำแหน่งพิกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2 | 66 |
| ตารางที่ 3-4 ตำแหน่งพิกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3 | 67 |
| ตารางที่ 4-5 ภาพสีผสมที่เน้นพื้นที่เมือง จากดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 | 92 |



สารบัญรูปภาพ

| | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 1-1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา | 3 |
| ภาพที่ 1-2 ระเบียบวิธีวิจัย | 7 |
| ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบในภูมิทัศน์และความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ | 10 |
| ภาพที่ 2-2 ลักษณะโครงสร้างภูมิทัศน์ตามแนวความคิดภูมินิเวศเพื่อการจัดการระบบนิเวศ..... | 11 |
| ภาพที่ 2-3 ความหลากหลายทางความสัมพันธ์เชิงตั้งและเชิงราบของภูมิทัศน์ | 12 |
| ภาพที่ 2-4 ความสัมพันธ์ของระบบสังคมมนุษย์และระบบนิเวศ | 14 |
| ภาพที่ 2-5 การแบ่งกลุ่มนิเวศบริการ..... | 15 |
| ภาพที่ 2-6 ความสัมพันธ์ของนิเวศบริการต่อคุณภาพชีวิตมนุษย์ | 16 |
| ภาพที่ 2-7 ส่วนพื้นที่ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำประกอบด้วย พื้นที่ส่วนบน ส่วนกลาง และไดน้ำ | 19 |
| ภาพที่ 2-8 สันฐานที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำส่วนพื้นที่ไดน้ำ..... | 19 |
| ภาพที่ 2-9 อิทธิพลที่เข้ามาส่วนในการก่อรูปร่างของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ | 20 |
| ภาพที่ 2-10 รูปร่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่เกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำ | 20 |
| ภาพที่ 2-11 รูปร่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง..... | 21 |
| ภาพที่ 2-12 การหมุนเวียนของพลังงานและแร่ธาตุในทีลุ่มน้ำหลากที่สัมพันธ์กับช่วงน้ำหลากและแห้ง | 22 |
| ภาพที่ 2-13 ความสัมพันธ์ของทีลุ่มน้ำหลากกับระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศในน้ำ | 22 |
| ภาพที่ 2-14 การแบ่งภูมิลักษณะลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 23 |
| ภาพที่ 2-15 การแบ่งภูมิลักษณะของประเทศไทย | 24 |
| ภาพที่ 2-16 การเปลี่ยนแปลงภูมิสันฐานช่วงน้ำทะเลรุกเข้าสูงสุดจนถึงปัจจุบัน..... | 26 |
| ภาพที่ 2-17 แบบจำลองที่ราบภาคกลางตอนล่างช่วงที่น้ำทะเลรุกเข้าสูงสุด..... | 26 |
| ภาพที่ 2-18 การจำแนกประเภทที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมตามอิทธิพลในที่ราบเจ้าพระยาตอนล่าง | 27 |

| | |
|--|----|
| ภาพที่ 2-19 การจำแนกที่ราบสิงห์บุรี ที่ลุ่มบางกอก และร่องบ้านแพรง..... | 28 |
| ภาพที่ 2-20 ภาพตัดขวางที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 29 |
| ภาพที่ 2-21 แผนที่ระบบแม่น้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 30 |
| ภาพที่ 2-22 การจำแนกโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา | 32 |
| ภาพที่ 2-23 การจำแนกพื้นที่ตามเงื่อนไขอุทกวิทยา | 34 |
| ภาพที่ 2-24 ทิศทางการไหลของน้ำหลากและการหลากล้นบริเวณที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า..... | 35 |
| ภาพที่ 2-25 ระดับความลึกของน้ำหลากท่วม..... | 36 |
| ภาพที่ 2-26 ช่วงเวลาน้ำหลากท่วมเต็มพื้นที่ | 36 |
| ภาพที่ 2-27 ช่วงเวลาน้ำหลากระบายออกจากพื้นที่หมด | 37 |
| ภาพที่ 2-28 อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหลากท่วม | 37 |
| ภาพที่ 2-29 การปรับตัวอยู่กับลักษณะทางธรรมชาติบริเวณอยุธยา ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า | 38 |
| ภาพที่ 2-30 แนวคลองขุดสมัยกรุงศรีอยุธยา..... | 39 |
| ภาพที่ 2-31 แนวคลองขุดสมัยกรุงธนบุรีและรัตนโกสินทร์ตอนต้น..... | 40 |
| ภาพที่ 2-32 ผังแนวคิดการพัฒนาการชลประทานของ โสมัน แวน เดอ ไฮต์ | 41 |
| ภาพที่ 2-33 การกระจายตัวของขื่อน้ำลิกในประเทศไทย..... | 42 |
| ภาพที่ 2-34 ความสูงของขื่อน้ำในแต่ละพื้นที่ซึ่งสัมพันธ์กับความลึกของน้ำหลากขัง | 43 |
| ภาพที่ 2-35 ทางน้ำในพื้นที่โครงการเจ้าพระยาใหญ่..... | 44 |
| ภาพที่ 2-36 การเปลี่ยนแปลงการทำเกษตรกรรมตามการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของน้ำในพื้นที่..... | 46 |
| ภาพที่ 2-37 กราฟน้ำท่าจังหวัดชัยนาทและจังหวัดอ่างทอง ปี ค.ศ. 1942 และปี ค.ศ. 1983 | 47 |
| ภาพที่ 2-38 แบบจำลองการจำแนกข้อมูลเป็นชั้น ๆ เพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของเมือง ในที่ ราบลุ่มสามเหลี่ยม..... | 55 |
| ภาพที่ 2-39 ภาพจำลองเมืองที่ออกแบบบนพื้นฐานของเมืองที่สุขภาวะที่ดี..... | 56 |
| ภาพที่ 2-40 ตัวอย่างความสัมพันธ์เชิงนิเวศบริการของโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงิน กับเมืองที่ส่งเสริม สุขภาวะของคน..... | 58 |

| | |
|--|----|
| ภาพที่ 2-41 ลักษณะการพัฒนาที่ทำลายความมั่นคงของสิ่งแวดล้อม | 59 |
| ภาพที่ 2-42 ลักษณะการพัฒนาที่ส่งเสริมต่อความมั่นคงของสิ่งแวดล้อม | 60 |
| ภาพที่ 2-43 แผนภูมิอธิบายการเปรียบเทียบผลของการทำเกษตรแบบใหม่ และการทำเกษตรแบบ ดั้งเดิม | 60 |
| ภาพที่ 3-1 ขอบเขตจังหวัดและขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 62 |
| ภาพที่ 3-2 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาย่อยขนาด 18x18 ตารางกิโลเมตร 3 พื้นที่..... | 63 |
| ภาพที่ 3-3 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1 | 64 |
| ภาพที่ 3-4 ภาพถ่ายบริเวณเขื่อนเจ้าพระยา..... | 65 |
| ภาพที่ 3-5 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2 | 65 |
| ภาพที่ 3-6 ภาพถ่ายบริเวณขอบเมืองชัยนาท | 66 |
| ภาพที่ 3-7 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3 | 67 |
| ภาพที่ 3-8 สภาพพื้นที่ริมแม่น้ำน้อย | 67 |
| ภาพที่ 4-9 ขอบเขตโครงการชลประทาน | 71 |
| ภาพที่ 4-10 แนวคลองชลประทาน | 72 |
| ภาพที่ 4-11 ตัวอย่างคันถนนตามแนวคลองชลประทานชัยนาท-ป่าสัก | 72 |
| ภาพที่ 4-12 แผนที่แนวคันกันน้ำและแนวป้องกันน้ำท่วมบริเวณกรุงเทพ และปริมณฑล..... | 73 |
| ภาพที่ 4-13 ภาพโครงสร้างทางเดินและกำแพงป้องกันน้ำท่วมบริเวณแม่น้ำน้อย..... | 73 |
| ภาพที่ 4-14 ข้อมูลถนนทางหลวงแผ่นดินและถนนทางหลวงชนบท | 74 |
| ภาพที่ 4-15 ภาพระดับถนนเทียบกับพื้นที่นา..... | 74 |
| ภาพที่ 4-16 เส้นทางการลงสำรวจภาคสนาม | 75 |
| ภาพที่ 4-17 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนาม..... | 76 |
| ภาพที่ 4-18 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนาม..... | 76 |
| ภาพที่ 4-19 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนาม..... | 76 |
| ภาพที่ 4-20 แผนภูมิวิธีดำเนินการวิจัย..... | 78 |

| | |
|--|----|
| ภาพที่ 4-21 ภาพข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m ก่อนและหลัง Reclassify | 79 |
| ภาพที่ 4-22 เส้นแนวตัดตามยาว (AA') และตามขวาง (BB' และ CC') | 79 |
| ภาพที่ 4-23 ตัวอย่างการตรึงพิกัดแผนที่ของ Takaya (1987) โดยอ้างอิงข้อมูลแม่น้ำในการตรึงพิกัด | 80 |
| ภาพที่ 4-24 ตัวอย่างการตรึงพิกัดแผนที่ของ Kaida (1973) โดยอ้างอิงข้อมูลแม่น้ำในการตรึงพิกัด | 81 |
| ภาพที่ 4-25 ตัวอย่างการเปลี่ยนข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงเส้นจากแผนที่ของ Takaya (1987)..... | 81 |
| ภาพที่ 4-26 ตัวอย่างการเปลี่ยนข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงเส้นจากแผนที่ของ Kaida (1973)..... | 82 |
| ภาพที่ 4-27 ตัวอย่างการตรึงพิกัดแผนที่ด้วยการใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่..... | 83 |
| ภาพที่ 4-28 การระบุขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจากแผนที่ระดับความสูง ด้วยการแปลตีความด้วยตาเปล่า | 84 |
| ภาพที่ 4-29 การแก้ไขขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่จากการซ้อนทับข้อมูลเส้นชั้นความสูง 2.5 เมตร..... | 85 |
| ภาพที่ 4-30 การซ้อนทับแผนที่บังชี้ลักษณะเส้นทางน้ำของ Takaya (1969a) แนวการบังชี้ขอบเขตที่ราบน้ำท่วมถึง และขอบเขตช่วงน้ำหลากเต็ม | 86 |
| ภาพที่ 4-31 แผนที่หน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา | 87 |
| ภาพที่ 4-32 แผนที่ความลึกน้ำหลากขังในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516)..... | 88 |
| ภาพที่ 4-33 แผนที่ช่วงเวลาที่น่าสนใจที่น้ำหลากขังเต็มพื้นที่ ปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516)..... | 89 |
| ภาพที่ 4-34 แผนที่ช่วงเวลาที่น่าสนใจที่น้ำหลากระบายออกหมด ปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516)..... | 89 |
| ภาพที่ 4-35 การซ้อนทับข้อมูลโครงการชลประทาน และแผนที่หน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา | 90 |
| ภาพที่ 4-36 การซ้อนทับข้อมูลถนน และแผนที่หน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา..... | 91 |
| ภาพที่ 4-37 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ที่ทำการคำนวณค่าดัชนี NBAI ก่อนตัดข้อมูลน้ำออก | 93 |
| ภาพที่ 4-38 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ที่คำนวณค่าดัชนี NDWI | 94 |

| | |
|--|-----|
| ภาพที่ 4-39 ภาพการจัดกลุ่มประเภทข้อมูลใหม่ เลือกเฉพาะข้อมูลผิวน้ำ | 94 |
| ภาพที่ 4-40 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ที่คำนวณค่าดัชนี NBAI หลังตัดข้อมูลน้ำออก | 95 |
| ภาพที่ 4-41 ภาพการจัดกลุ่มประเภทข้อมูลใหม่ | 95 |
| ภาพที่ 4-42 ภาพการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่จากการคำนวณดัชนี NBAI ในพื้นที่ศึกษาย่อย | 96 |
| ภาพที่ 5-1 แนวรูปตัดด้าน และตำแหน่งเมืองบนแผนที่ชั้นความสูง..... | 99 |
| ภาพที่ 5-2 รูปตัดด้านตามยาว AA' เทียบกับรูปตัดด้านตามยาวของ Takaya (1971)..... | 99 |
| ภาพที่ 5-3 รูปตัดด้านตามขวาง BB' เทียบกับรูปตัดด้านตามขวางของ Takaya (1971)..... | 100 |
| ภาพที่ 5-4 รูปตัดด้านตามขวาง CC' เทียบกับรูปตัดด้านตามขวางของ Takaya (1971) | 100 |
| ภาพที่ 5-5 แผนที่การจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาตามธรณีสัณฐาน | 101 |
| ภาพที่ 5-6 หน่วยภูมิทัศน์ตามหน้าที่ที่สัมพันธ์กับอุทกวิทยา..... | 102 |
| ภาพที่ 5-7 ลักษณะการไหลของน้ำหลาก | 103 |
| ภาพที่ 5-8 ความสูงของต้นข้าวที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ | 105 |
| ภาพที่ 5-9 ตำแหน่งเพาะปลูกข้าวน้ำลึก และเมืองสมัยทวารวดี..... | 106 |
| ภาพที่ 5-10 ระบบอาหารซึ่งมนุษย์ได้จากนิเวศบริการเชิงการผลิต | 107 |
| ภาพที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของระบบนิเวศน้ำหลากต่อนิเวศบริการที่มนุษย์ได้รับ | 108 |
| ภาพที่ 5-12 การเปลี่ยนแปลงจากระบบชลประทาน..... | 110 |
| ภาพที่ 5-13 การเปลี่ยนแปลงจากโครงข่ายถนนซ้อนทับขอบเขตโครงการชลประทาน..... | 111 |
| ภาพที่ 5-14 ภาพถ่ายถนนเทียบกับพื้นที่ราบลุ่ม..... | 112 |
| ภาพที่ 5-15 พื้นที่ศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998)..... | 113 |
| ภาพที่ 5-16 รูปตัดพื้นที่ศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998) ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาระบบชลประทาน | 113 |
| ภาพที่ 5-17 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2531 และ ปี พ.ศ. 2561..... | 114 |
| ภาพที่ 5-18 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1 และรูปตัด..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| ภาพที่ 5-19 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2 และรูปตัด..... | 116 |
| ภาพที่ 5-20 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3 และรูปตัด..... | 118 |
| ภาพที่ 5-21 การเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาระบบชลประทาน โครงข่ายถนน และการขยายตัวของเมือง..... | 120 |
| ภาพที่ 5-22 ผลจากการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน้ำหลากต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์ | 121 |
| ภาพที่ 6-1 องค์ประกอบทางภูมิทัศน์ที่เป็นปัจจัยในการเกิดภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา | 124 |
| ภาพที่ 6-2 การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและหน้าที่ภูมิทัศน์ที่เกิดจาก การพัฒนาระบบชลประทาน และโครงข่ายถนน | 126 |
| ภาพที่ 6-3 ทิศทางการไหลของน้ำภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาระบบชลประทานและโครงข่ายถนน ซ้อนทับกับการขยายตัวของเมือง..... | 127 |
| ภาพที่ 6-4 แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อพลวัตน้ำหลาก | 129 |
| ภาพที่ 6-5 ข้อมูลพื้นที่ทุ่งรับน้ำหลาก 12 ทุ่ง ซ้อนทับขอบเขตพื้นที่น้ำหลาก | 130 |
| ภาพที่ 6-6 กรอบวิธีในการวางผังภูมิสถาปัตยกรรม..... | 131 |
| ภาพที่ 6-7 วิธีการออกแบบพื้นที่ตามแนวคิด Room for the River..... | 133 |
| ภาพที่ 6-8 ตัวอย่างการจัดการพื้นที่ของ Veneto Plain..... | 135 |
| ภาพที่ 6-9 ความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ของพื้นที่ริมแม่น้ำและลำคลอง กับแม่น้ำ..... | 135 |
| ภาพที่ 6-10 ความหลากหลายในการใช้งานพื้นที่ในรอบปี..... | 136 |
| ภาพที่ 6-11 ตัวอย่างแนวคิดออกแบบเมืองผสมผสานการจัดการน้ำของเมืองรอตเตอร์ดัม..... | 138 |
| ภาพที่ 6-12 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาอย่างยั่งยืน | 139 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา (Chao Phraya Delta) เป็นภูมิทัศน์ในเขตที่ราบภาคกลางตอนล่าง (Lower Central Plain) (Sinsakul, 2000) เกิดจากกระบวนการธารน้ำ (Fluvial Process) มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยา โดยในช่วงฤดูฝนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานอกจากรับน้ำฝนในพื้นที่แล้วยังรับน้ำที่หลากมาจากพื้นที่ต้นน้ำด้วย เมื่อสิ้นฤดูฝนและน้ำที่ไหลหลากมาจากต้นน้ำลดลง น้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจะลดลงและแห้งไป (Takaya, 1987) เป็นลักษณะของที่ราบน้ำท่วมตามฤดูกาล (ตรงใจ หุตางกูร, 2557) การเปลี่ยนแปลงของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีลักษณะน้ำหลากสลับน้ำแล้ง หรือเรียกว่าพลวัตน้ำหลาก (Flood Pulse) (Junk et al., 1989) เป็นพลวัตทางภูมิทัศน์ซึ่งพลวัตดังกล่าวทำให้เกิดการทับถมของตะกอนแม่น้ำจนกลายเป็นที่ราบที่มีความลาดชันต่ำ และมีความอุดมสมบูรณ์

ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยานับเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ด้วยเป็นที่ตั้งของเมืองหลวงทั้งกรุงศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร อีกทั้งยังมีพื้นที่ที่เป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญอย่างจังหวัดชัยนาท จังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดสระบุรี (Sinsakul, 2000) การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นบนพื้นที่นี้ในช่วงระยะแรกมีลักษณะเป็นสังคมลุ่มแม่น้ำ ทำการเกษตรกรรมเป็นหลัก มีวิถีชีวิตที่สัมพันธ์กับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ (ศรีศักร วัลลิโภดม, 2560) โดยจากการศึกษาของ Kaida (1973) ได้อธิบายให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของน้ำที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และการปรับตัวในการทำเกษตรกรรมที่สอดคล้องกับเงื่อนไขตามธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจ การขยายตัวของเมืองและอุตสาหกรรม รวมถึงการเปลี่ยนแปลงด้านเกษตรกรรมจากการปลูกข้าวขึ้นน้ำ มาเป็นปลูกข้าวที่ให้ผลผลิตสูง (High Yield Varieties; HYVs) มีการขุดคลองชลประทาน และสร้างโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมจากแม่น้ำเจ้าพระยา (Kasetsart University and ORSTOM, 1996; Tanabe, 1994) ทำให้โครงสร้างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเปลี่ยนแปลงไป

จากการพัฒนาต่าง ๆ บนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในปัจจุบันที่ขาดความเข้าใจถึงลักษณะโครงสร้างและพลวัตในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบกับการศึกษาเกี่ยวกับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านมานั้นมีอยู่หลากหลายประเด็น เช่น การศึกษาของ Takaya (1987) ซึ่งใช้ข้อมูลแผนที่ชุด AMS L708 ปี พ.ศ. 2502 และการลงพื้นที่สำรวจในการสร้างข้อมูลแผนที่โครงสร้างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา การศึกษาของ Kaida (1973) ที่

ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำในที่ราบแม่น้ำเจ้าพระยา ช่วงปี พ.ศ. 2507 อีกทั้งยังมีงานศึกษาอื่น ๆ ที่อธิบายถึงสัญญาณของที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการประมวลผลการศึกษากันเกี่ยวกับที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีงานศึกษาของ (Takaya, 1987) และ Kaida (1973) เป็นพื้นฐานในการวิจัยและนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันมาช่วยในการวิเคราะห์โครงสร้างที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และการบ่งชี้พลวัตของที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบกับการลงพื้นที่สำรวจเพื่อเก็บข้อมูลภาพภูมิทัศน์ในปัจจุบัน โดยผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการวิเคราะห์และต่อยอดในการศึกษาเพื่อใช้ในการวางแผนพัฒนาต่าง ๆ ในที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาต่อไป

1.2. คำถามการวิจัย

- 1.2.1. โครงสร้างภูมิทัศน์ หน้าที่ภูมิทัศน์ และพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างไร
- 1.2.2. การวิเคราะห์โครงสร้างภูมิทัศน์ หน้าที่ภูมิทัศน์ และพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำได้อย่างไร
- 1.2.3. การเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างไร และส่งผลอย่างไร
- 1.2.4. การวางแผนในอนาคตบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาควรเป็นอย่างไร

1.3. วัตถุประสงค์

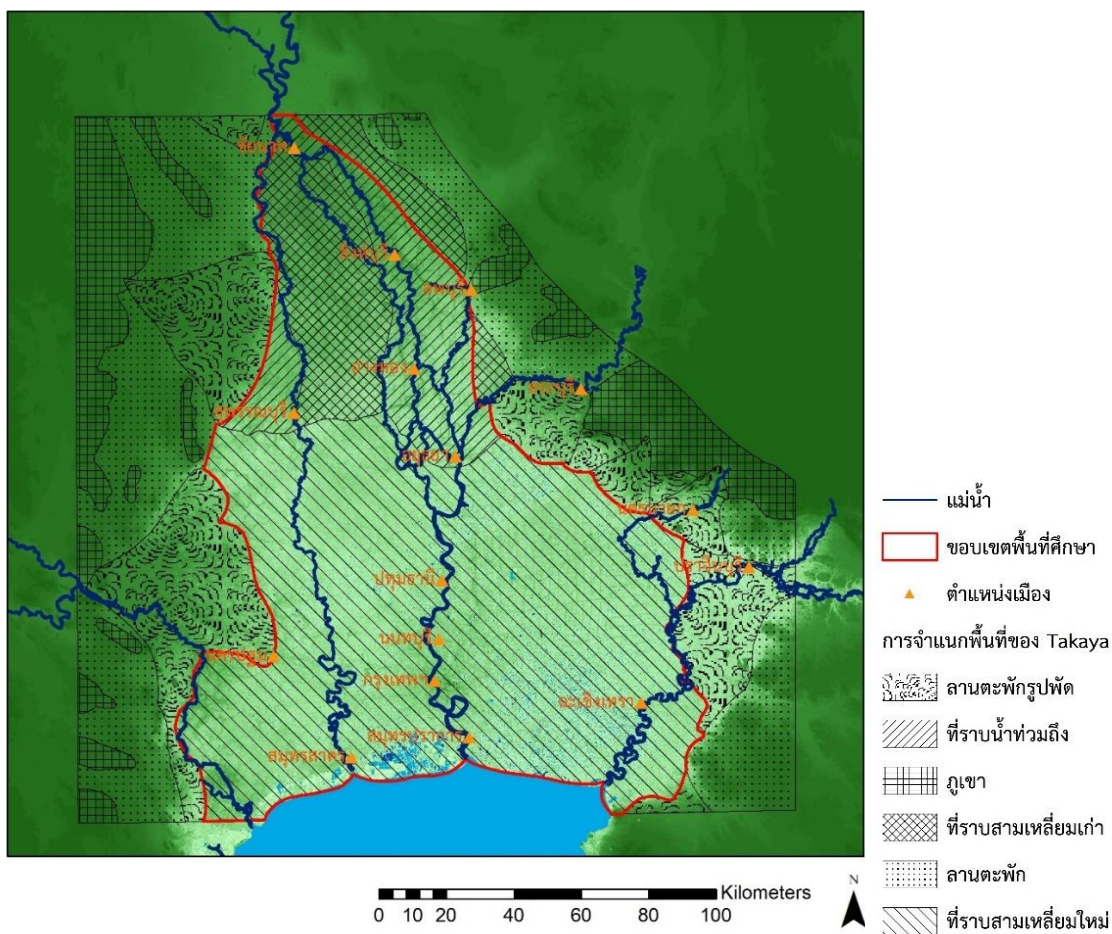
- 1.3.1. เพื่อบ่งชี้โครงสร้างภูมิทัศน์ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
- 1.3.2. เพื่อทำความเข้าใจพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
- 1.3.3. เพื่อบ่งชี้ประเด็นปัญหาของการพัฒนาในปัจจุบันกับลักษณะทางธรรมชาติของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

1.4. ขอบเขตการวิจัย

- 1.4.1. ขอบเขตเชิงเนื้อหา
 - 1) ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์
 - 2) ทฤษฎีเพื่อกำหนดวิธีการศึกษาทำความเข้าใจภูมิทัศน์
 - 3) ทฤษฎีเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้
- 1.4.2. ขอบเขตเชิงพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดพื้นที่ทำการศึกษาคือที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา จากการศึกษาของ Takaya (1969a, 1975b, 1978, 1987) และ Sinsakul

(2000) ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นนับเริ่มตั้งแต่จังหวัดชัยนาท บริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาแยกออกเป็นแม่น้ำสายย่อย และไหลลงทางด้านทิศใต้จนออกสู่อ่าวไทย ดังนั้นขอบเขตเชิงพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ จึงครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง พระนครศรีอยุธยา นนทบุรี ปทุมธานี กรุงเทพมหานคร และสมุทรปราการ (แม่น้ำเจ้าพระยา) จังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และสมุทรสาคร (แม่น้ำท่าจีน) ดังภาพ



ภาพที่ 1-1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)

1.5. ระเบียบวิธีวิจัย

1.5.1. ทบทวนวรรณกรรม

ศึกษาเอกสารข้อมูลที่เป็นข้อมูลพื้นฐาน รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างกรอบความคิดและกรอบในการดำเนินการศึกษา โดยสามารถแบ่งเนื้อหาการทบทวนออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

- 1) ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์
- 2) ทฤษฎีเพื่อกำหนดวิธีวิจัย
- 3) ทฤษฎีเพื่อการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้

1.5.2. รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข

รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมประกอบด้วย Landsat-5 TM และ Landsat-8 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข กำหนดให้ครอบคลุมที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 ในช่วงเดือนมกราคม หรือเดือนกุมภาพันธ์ ด้วยเป็นช่วงที่มีเมฆน้อย ประกอบกับข้อมูลคลอจลประทานและโครงข่ายเส้นทางคมนาคมเพื่อใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และรวบรวมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข เพื่อใช้ในการบ่งชี้ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

1.5.3. วิเคราะห์และบ่งชี้โครงสร้างที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ระดับความสูง (Elevation) โดยใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข ประกอบกับข้อมูลเส้นทางน้ำธรรมชาติ นำมาเปรียบเทียบกับงานศึกษาโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาของ Takaya (1987) โดยวิธีการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) เพื่อบ่งชี้ขอบเขตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

1.5.4. วิเคราะห์และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 โดยการเน้นข้อมูลเชิงคลื่นด้วยดัชนีทั่วไปของสิ่งปลูกสร้าง (Normalize Built-up Area Index; NABI) เพื่อเน้นข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างให้เห็นชัดเจนมากขึ้น ประกอบกับข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาประกอบด้วย ข้อมูลโครงข่ายชลประทาน แนวคลองชลประทาน และโครงข่ายเส้นทางคมนาคม เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาอัน

เกิดจากสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น และลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเพื่อบันทึกภาพถ่ายลักษณะภูมิทัศน์ในปัจจุบัน

1.5.5. สรุปผลการวิเคราะห์

ประมวลผลการวิเคราะห์ประเด็นโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา และบ่งชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาอันเกิดจากสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น เพื่อชี้ให้เห็นถึงปัญหาอันเกิดจากการพัฒนาของเมือง

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

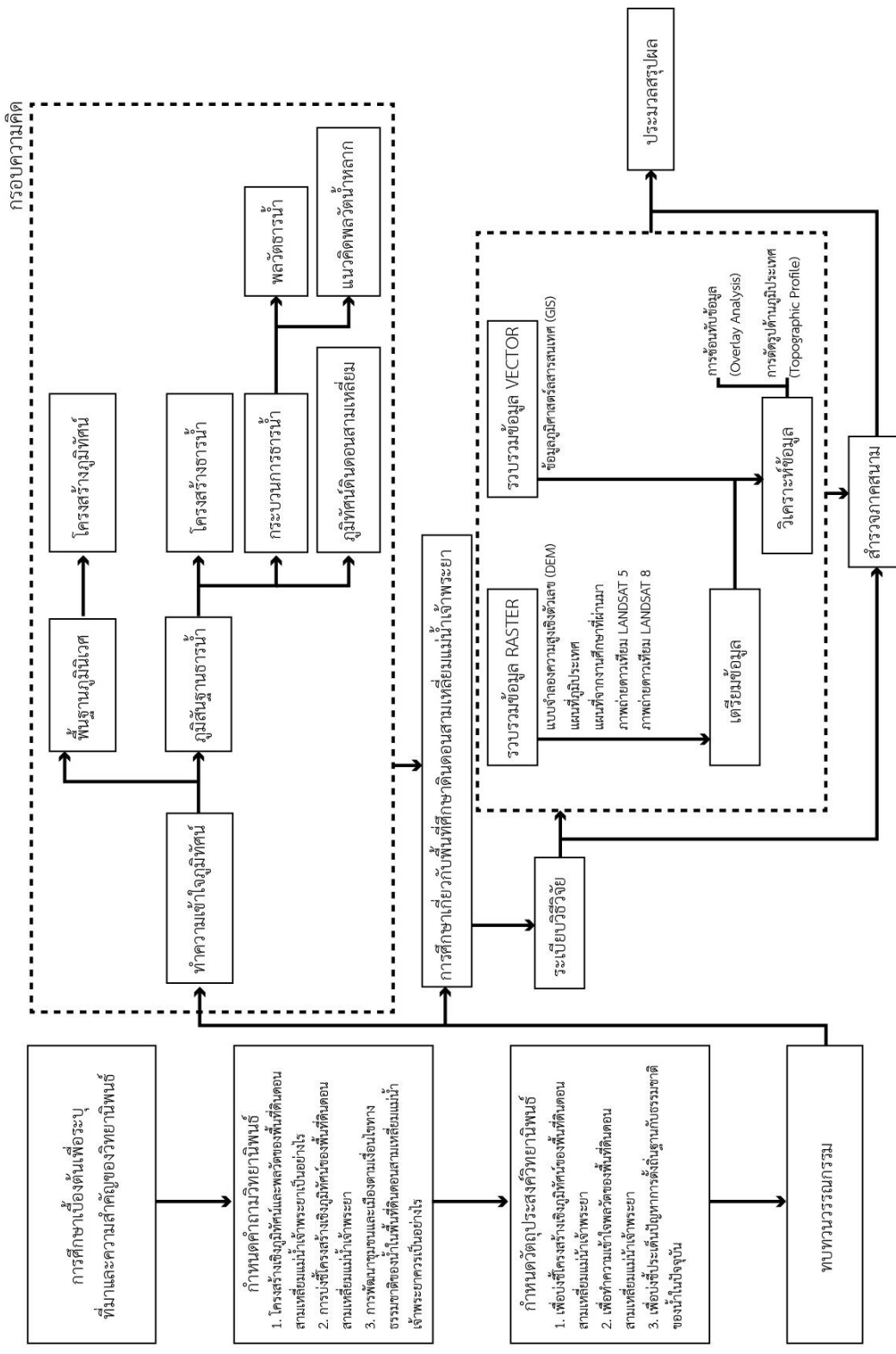
- 1.6.1. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับองค์กรหรือหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
- 1.6.2. เป็นความรู้พื้นฐานนำไปสู่การตั้งคำถาม และการศึกษาต่อยอดในประเด็นที่ความเกี่ยวข้องกันในขั้นต่อไป

1.7. นิยามศัพท์

| | |
|--|---|
| <p>พลวัตเชิงภูมิทัศน์ (Landscape Dynamics)</p> | <p>คือ กระบวนการการเปลี่ยนแปลงของภูมิทัศน์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ภายใต้การรบกวนโดยตัวธรรมชาติเอง (McGarigal, no date) ซึ่งไม่ทำให้โครงสร้างหรือหน้าที่ของภูมิทัศน์เปลี่ยนแปลงไป โดยปัจจัยที่มีผลต่อพลวัตเชิงภูมิทัศน์ ประกอบด้วย ความถี่ของการรบกวน, อัตราในการฟื้นคืนสภาพจากการรบกวน, ขนาดและขอบเขตของการรบกวน และขนาดและขอบเขตของภูมิทัศน์ (Farina, 1998 อ้างถึงใน Wood and Handley, 2010)</p> |
| <p>พลวัตน้ำหลาก (Flood Pulse)</p> | <p>คือ แนวคิดที่อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของแม่น้ำในช่วงน้ำหลากและน้ำแล้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนธาตุอาหาร อินทรีย์วัตถุ หรือสิ่งมีชีวิตระหว่างแม่น้ำกับพื้นที่ราบน้ำหลาก (Junk et al., 1989)</p> |

| | |
|--|--|
| การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) | คือ ระบบสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพื้นผิวโลกด้วยเครื่อง รับรู้ (Sensors) ตรวจจับคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ สะท้อนจากวัตถุบนผิวโลก แล้วแปลงเป็นข้อมูลเชิง ตัวเลขแสดงเป็นภาพ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549) |
| ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา (Chao Phraya Delta) | คือ ที่ราบลุ่มบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง เกิดจากการ ทับถมของตะกอน โดยมีจุดเริ่มของที่ราบลุ่มแม่น้ำ เจ้าพระยาที่จังหวัดชัยนาท บริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยา เริ่มแยกเป็นแม่น้ำสายย่อย ไหลลงสู่อ่าวไทย (Sinsakul, 2000) |





ภาพที่ 1-2 ระเบียบวิธีวิจัย

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์โครงสร้างภูมิทัศน์และพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้เทคโนโลยีปัจจุบัน เช่น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้จากระยะไกล เพื่อทำความเข้าใจลักษณะโครงสร้างภูมิทัศน์และพลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ทั้งนี้ในการศึกษาสามารถแบ่งเนื้อหาทฤษฎีที่มีความเกี่ยวข้องได้ดังนี้

1. ทฤษฎีเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย
 - ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์
 - ทฤษฎีมนุษย์กับภูมิทัศน์
2. ทฤษฎีและแนวคิดเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
 - ทฤษฎีภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม
 - ทฤษฎีพลวัตน้ำหลาก
 - แนวคิดเรื่องภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
3. ทฤษฎีเพื่อกำหนดวิธีการวิจัย
 - ทฤษฎีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
 - ทฤษฎีการรับรู้จากระยะไกล
 - ทฤษฎีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน
4. ทฤษฎีเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้

เป็นทฤษฎีเกี่ยวกับการวางผังออกแบบชุมชนที่สัมพันธ์กับพลวัตของธรรมชาติ เช่น แนวคิดเมืองในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสีน้ำเงิน แนวคิดการวางผังที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ

โดยเนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษามีรายละเอียดจากการทบทวนวรรณกรรมดังนี้

2.1. ทฤษฎีเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย

จากคำถามและวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างและพลวัตของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภูมิทัศน์ซึ่งสัมพันธ์กับมนุษย์ ดังนั้นในการวิจัยจึงมีความจำเป็นต้องทำความเข้าใจว่าภูมิทัศน์คืออะไร และทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของมนุษย์และภูมิทัศน์ว่าคืออะไร เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัยและวิเคราะห์ภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

2.1.1. ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์

ภูมิทัศน์ (Landscape) คือ สิ่งต่าง ๆ บนผิวพื้นที่แตกต่างกันมารวมกันโดยมีความสัมพันธ์เชิงระบบนิเวศซึ่งกันและกัน โดยสิ่งต่าง ๆ นั้นเป็นได้ทั้งองค์ประกอบทางธรรมชาติของพื้นที่นั้น ๆ รวมถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ที่ซ้อนทับอยู่บนองค์ประกอบทางธรรมชาตินั้น ๆ ภูมิทัศน์จึงมีความแตกต่างกันทั้งในเชิงระบบนิเวศ รูปร่าง ขนาด และโครงสร้างของภูมิทัศน์ (Forman and Gordon, 1986; Carl O. Sauer, not date อ้างถึงใน Marsh and Dozier, 1981)

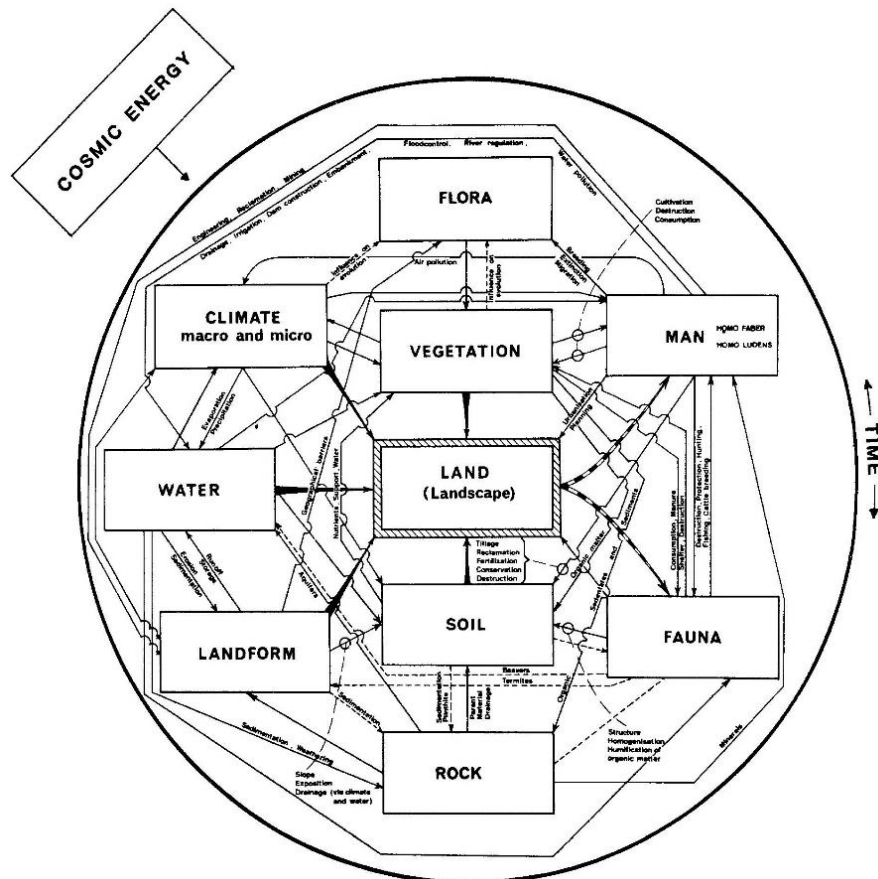
ในการศึกษาทำความเข้าใจภูมิทัศน์นั้นมีทฤษฎีภูมินิเวศ (Landscape Ecology) ซึ่งเป็นการศึกษาภูมิทัศน์ในเชิงนิเวศวิทยาเพื่อทำความเข้าใจกระบวนการทางธรรมชาติ และผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ (Spatial) และเวลา (Temporal) โดยเน้นการศึกษาความสัมพันธ์ของโครงสร้างกับกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งมีผลต่อพลวัตของภูมิทัศน์ โดยกระบวนการนั้นเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในภูมิทัศน์นั้น ๆ หรือเกิดขึ้นระหว่างภูมิทัศน์ รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับภูมิทัศน์ซึ่งมีผลต่อบทบาทหน้าที่ของภูมิทัศน์ ซึ่งหมายรวมถึงกิจกรรมหรือการกระทำของมนุษย์ที่เกิดขึ้นในภูมิทัศน์ (Forman and Godron, 1986; Risser, Karr, and Forman, 1983; Thaitakoo, 1998 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) การศึกษาภูมินิเวศนั้นเน้นการศึกษาคุณลักษณะสำคัญของภูมิทัศน์ 3 อย่าง คือ โครงสร้างภูมิทัศน์ (Landscape Structure) หน้าที่ภูมิทัศน์ (Landscape Function) และการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ (Landscape Change) (Forman and Gordon, 1986) ด้วยในการวิจัยนี้มีคำถามและวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างและพลวัตของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา จึงเลือกนำทฤษฎีภูมินิเวศนี้มาเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย เพื่อนำไปสู่การทำความเข้าใจภูมิทัศน์ในลำดับถัดไป

2.1.1.1. โครงสร้างภูมิทัศน์

โครงสร้างภูมิทัศน์ คือ ลักษณะทางกายภาพที่ประกอบกันเป็นองค์ประกอบทางภูมิทัศน์และมาเรียงตัวกันเกิดเป็นแบบแผน (Pattern) ของภูมิทัศน์ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปฏิสัมพันธ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นกับภูมิทัศน์นั้น ๆ (Forman and Gordon, 1986 อ้างถึงใน หลุยส์ ฟีโลปกรณ, 2552) จึงส่งผลถึงความแตกต่างของสิ่งปกคลุมผิวดิน

การศึกษาโครงสร้างภูมิทัศน์เป็นการศึกษาปัจจัยที่มาประกอบกันทำให้เกิดภูมิทัศน์แต่ละรูปแบบบนผิวโลก ทำให้เกิดเป็นเงื่อนไขของภูมิทัศน์นั้น ๆ และ

ส่งผลต่อผลผลิตของภูมิทัศน์ที่มีความแตกต่างกัน (Naveh and Lieberman, 1984; Zonneveld, 1972 อ้างถึงใน อรรถมล นิละนนท์, 2560) โดยโครงสร้างภูมิทัศน์นั้นมีรูปแบบความสัมพันธ์ในทางตั้ง (Topological Structure) และความสัมพันธ์ในทางราบ (Chorological Structure) (Thaitakoo, 1998)



ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบในภูมิทัศน์และความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ (Zonneveld, 1989, p. 69)

ความสัมพันธ์ของโครงสร้างภูมิทัศน์ในตั้งเป็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในภูมิทัศน์ เช่น ภูมิประเทศ (Topography) ภูมิลักษณะ (Landform) น้ำ (Water) ดิน (Soil) ที่มาประกอบเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นหน่วยภูมิทัศน์ (Land Unit) โดยหน่วยภูมิทัศน์ที่เล็กที่สุด เรียกว่า เขตนิเวศ (Ecotope) ในการศึกษาความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางตั้งนั้นเป็นการศึกษาที่บอกได้ถึงศักยภาพและข้อจำกัดของภูมิทัศน์

ความสัมพันธ์ของโครงสร้างภูมิทัศน์ในทางราบ โครงสร้างภูมิทัศน์สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 องค์ประกอบ คือ (Barnes, 2000; Cadenasso et al., 2013 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559)

1. พื้นหลังภูมิทัศน์ (Matrix)

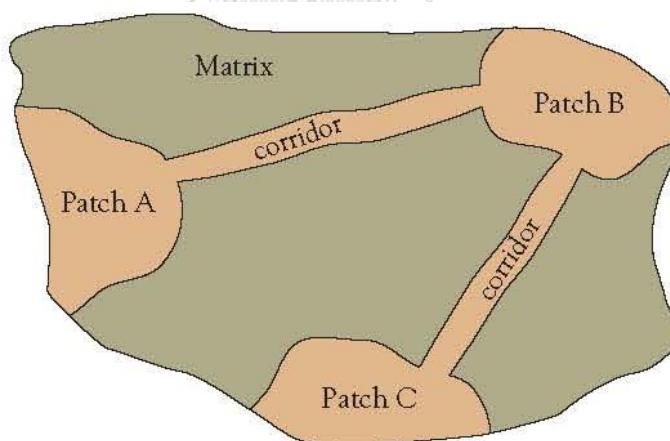
พื้นหลังภูมิทัศน์ คือ องค์ประกอบที่เด่นที่สุดในภูมิทัศน์ มีปริมาณปกคลุมและเชื่อมต่อกันมากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นองค์ประกอบที่มีบทบาททางภูมิทัศน์ที่เด่นมากที่สุด

2. ผืนภูมิทัศน์ (Patch)

ผืนภูมิทัศน์ คือ องค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นผืน ซึ่งมีลักษณะที่แตกต่างจากพื้นที่โดยรอบ

3. เส้นทางเชื่อมต่อภูมิทัศน์ (Corridor)

เส้นทางเชื่อมต่อภูมิทัศน์ เป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นเส้นมีความแตกต่างจากพื้นหลังภูมิทัศน์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อผืนภูมิทัศน์เข้าด้วยกัน จึงมีบทบาทหน้าที่ทางภูมิทัศน์เป็นเส้นทางเคลื่อนย้าย ไหลเวียนของสิ่งมีชีวิต สสาร และพลังงาน

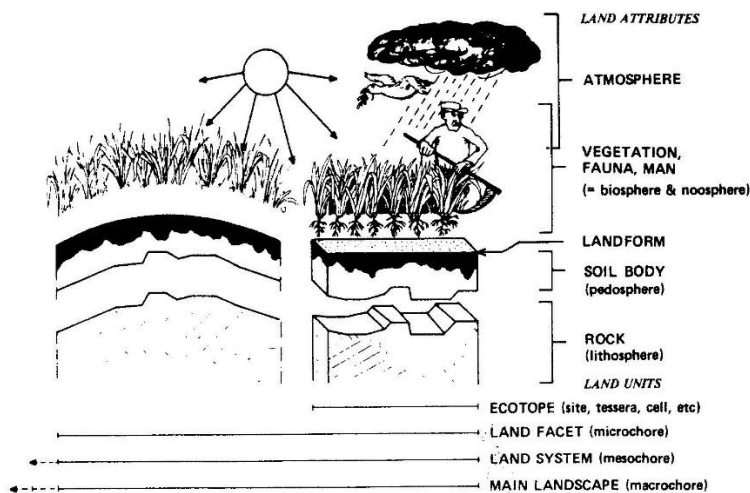


ภาพที่ 2-2 ลักษณะโครงสร้างภูมิทัศน์ตามแนวความคิดภูมินิเวศเพื่อการจัดการระบบนิเวศ

(Barnes, 2000, p. 1)

การศึกษาทำความเข้าใจโครงสร้างภูมิทัศน์ทั้ง 3 องค์ประกอบนี้เป็นการศึกษาทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบที่มาเรียงตัวกันเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนจัดการภูมิทัศน์ (Barnes, 2000; Cadenasso et al., 2013 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) อีกทั้งยังใช้ในการศึกษาการ

เปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ และพลวัตของภูมิทัศน์ (Landscape Dynamics)
(Thaitakoo, 1998)



ภาพที่ 2-3 ความหลากหลายทางความสัมพันธ์เชิงตั้งและเชิงราบของภูมิทัศน์

(Naveh and Lieberman, 1990, p. 71)

2.1.1.2. หน้าที่ภูมิทัศน์

หน้าที่ภูมิทัศน์ หมายถึง ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หรือการไหลเวียน (Flow) ระหว่างองค์ประกอบภายในภูมิทัศน์ เช่น การไหลเวียนของพลังงาน การไหลเวียนของสสาร การไหลเวียนของสิ่งมีชีวิต (Forman and Gordon, 1986; Thaitakoo, 1998) ปฏิสัมพันธ์สัมพันธ์ขององค์ประกอบในภูมิทัศน์ทำให้เกิดเป็นระบบ เป็นความสามารถหรือหน้าที่ของภูมิทัศน์ในเชิงนิเวศ 4 ประการ คือ (Zonneveld, 1988; Vos and Zonneveld, 1993 อ้างถึงใน Thaitakoo, 1998)

1. หน้าที่ในการผลิต (Production Function)

หมายถึง ความสามารถในการเป็นแหล่งในการผลิต เช่น แร่ธาตุ สสาร ผลิตผลทางเกษตรกรรม แหล่งพลังงาน

2. หน้าที่ในการสนับสนุน (Supporting Function/Carrying Function)

หมายถึง ความสามารถเป็นพื้นที่รองรับกิจกรรมหรือการกระทำของสิ่งมีชีวิต

3. หน้าที่ในการควบคุม (Regulating Function)

หมายถึง ความสามารถในการควบคุมระบบภายในภูมิทัศน์ให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืน

4. หน้าที่ในการให้ข้อมูล (Information Function)

หมายถึง การบ่งบอกถึงศักยภาพ และข้อจำกัดของภูมิทัศน์ เชื่อมโยงถึงการรับรู้ความงาม ความสนใจต่าง ๆ ของมนุษย์

2.1.1.3. การเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์

จากการที่ภูมิทัศน์นั้นเกิดจากการรวมกันขององค์ประกอบทางภูมิทัศน์ผ่านกระบวนการทางธรรมชาติ มีระบบที่เป็นพลวัต ดังนั้นภูมิทัศน์จึงการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา มีทั้งแบบที่เกิดเป็นพลวัตเป็นวงจร เช่น น้ำขึ้นน้ำลง ฤดูกาล และแบบที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปแล้วไม่ย้อนกลับคืน เช่น การกัดเซาะ การผุกร่อน การเปลี่ยนของเส้นทางน้ำ (Marsh, 1981 อ้างถึงใน อรรถมล นิละนนท์, 2560) การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางธรรมชาติ เรียกว่า พลวัตทางภูมิทัศน์

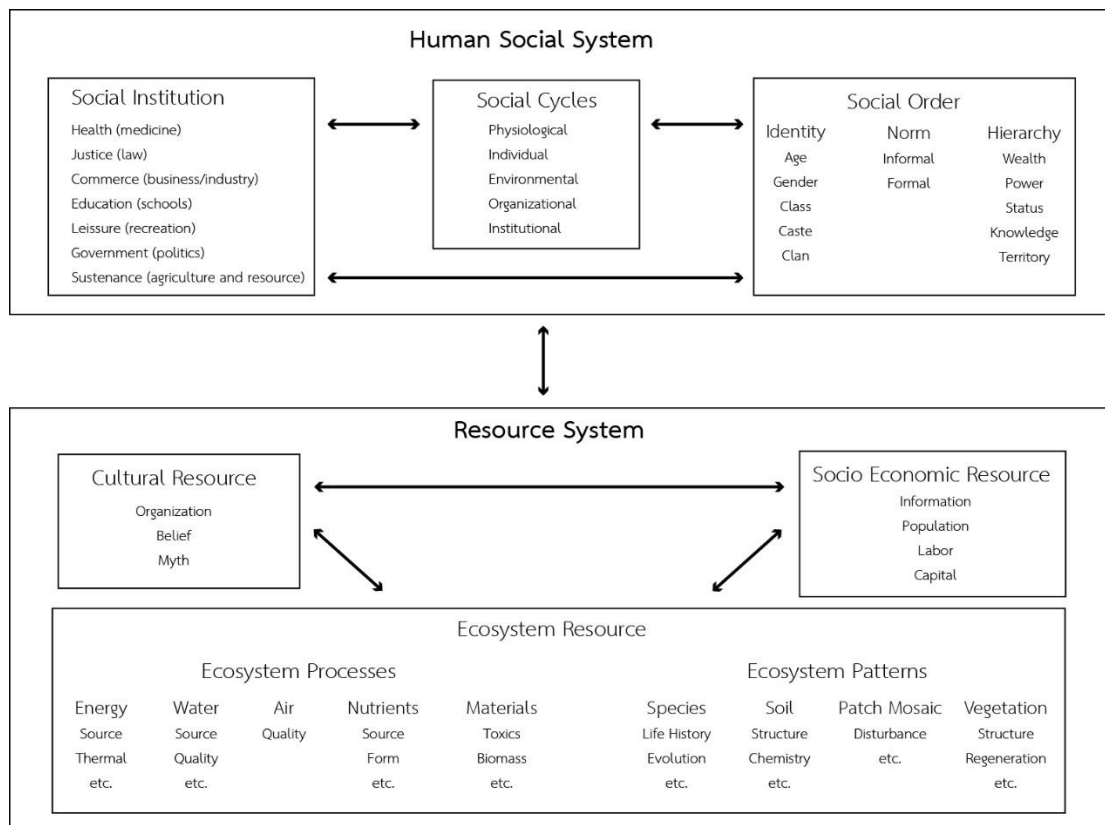
นอกจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งเป็นแรงกระทำตามธรรมชาติ (Natural Force) แล้ว การเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ยังสามารถเกิดจากการถูกรบกวน (Disturbance) จากแรงกระทำมนุษย์ เช่น การตัดต้นไม้ การก่อสร้างต่าง ๆ ที่ทำให้ลักษณะของภูมิทัศน์เปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัด (Forman and Gordon, 1986) เรียกลักษณะการเปลี่ยนแปลงแบบนี้ว่า การเปลี่ยนแปลงทางภูมิทัศน์

การเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ทั้งที่เกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติและที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ล้วนส่งผลต่อโครงสร้างภูมิทัศน์ เมื่อโครงสร้างภูมิทัศน์มีการเปลี่ยนแปลงย่อมส่งผลต่อกระบวนการในภูมิทัศน์ และส่งผลต่อหน้าที่ภูมิทัศน์รวมถึงนิเวศบริการ

2.1.2. ทฤษฎีมนุษย์กับภูมิทัศน์

ภูมิทัศน์ให้ประโยชน์กับมนุษย์ในแง่ของการเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและแหล่งหาอาหาร มนุษย์ไม่สามารถดำรงชีพโดยไม่มีพารามิเตอร์นิเวศ มนุษย์กับภูมิทัศน์จึงเกิดปฏิสัมพันธ์กัน (P.S. Ramakrishnan, Boojh, and Saxena, 2005; Milcu et al., 2013 อ้างถึงใน อรรถมล นิละนนท์, 2560) เรียกได้ว่าเป็นระบบนิเวศมนุษย์ที่เชื่อมโยงระหว่างระบบย่อย 2 ระบบ คือ ระบบสังคมมนุษย์ (Human Social System) และระบบทรัพยากร

(Resource System) หรือระบบนิเวศ โดยระบบนิเวศทำหน้าที่เป็นพื้นฐานให้กับระบบสังคมมนุษย์ (ตวงพร ปิตินานนท์, 2560) ดังนั้นในการศึกษาความสัมพันธ์ของมนุษย์และภูมิทัศน์จึงทำการศึกษเกี่ยวกับประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศ หรือ นิเวศบริการ และการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 2-4 ความสัมพันธ์ของระบบสังคมมนุษย์และระบบนิเวศ

(ดัดแปลงจาก Machlis, Burch, and Force, 1997 อ้างถึงใน Pickett et al., 1997)

2.1.2.1. นิเวศบริการ

นิเวศบริการ คือ ผลประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศ โดยผลประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับนั้นอาจจะไม่ได้รับโดยตรง ในการแบ่งกลุ่มนิเวศบริการนั้นสามารถจัดแบ่งได้หลายรูปแบบ โดยการแบ่งกลุ่มนิเวศบริการที่ถูกนำมาใช้อธิบายอย่างแพร่หลายนั้น คือ การแบ่งกลุ่มนิเวศบริการตามทฤษฎีของ Millennium Ecosystem Assessment (Alcamo et al., 2003) ซึ่งเป็นการแบ่งนิเวศบริการตามกระบวนการของการบริการเชิงนิเวศ และอธิบายคุณค่าด้วยคุณภาพชีวิตมนุษย์ (มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559; Japan Satoyama Satoumi

Assessment, 2010 อ้างถึงใน อรรถมล นิละนนท์, 2560) สามารถจัดแบ่งกลุ่มนิเวศบริการออกได้เป็น 4 คือ

1. นิเวศบริการเชิงการผลิต (Provisioning Service)

คือ ผลผลิตที่ได้จากระบบนิเวศ เช่น อาหาร เชื้อเพลิง น้ำ เป็นบริการที่มนุษย์ได้รับโดยตรงจากระบบนิเวศ

2. นิเวศบริการเชิงการควบคุม (Regulating Service)

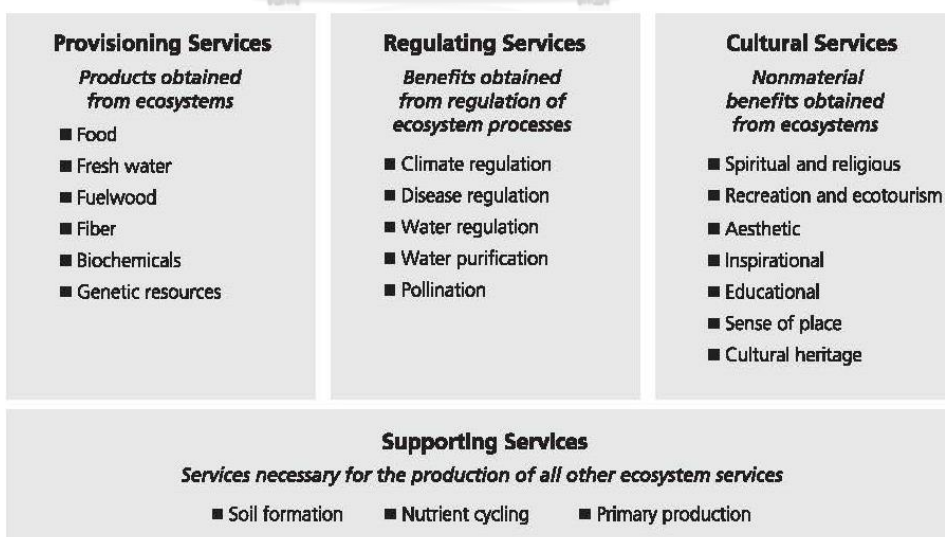
คือ ประโยชน์ที่มนุษย์ได้รับจากการการควบคุมของกระบวนการเชิงนิเวศ ซึ่งดำเนินไปอย่างสมดุล เช่น การบำรุงรักษาคุณภาพอากาศที่ดี การควบคุมอุณหภูมิ การควบคุมน้ำทั้งปริมาณและคุณภาพของน้ำ

3. นิเวศบริการเชิงการสนับสนุน (Supporting Service)

คือ นิเวศบริการที่รองรับการบริการทุกด้าน อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงยังส่งผลต่อนิเวศบริการด้านอื่น ๆ โดยนิเวศบริการเชิงการสนับสนุนนั้นจะมีผลต่อมนุษย์ทางอ้อมและใช้ระยะเวลานานจึงแสดงผลกระทบให้เห็น

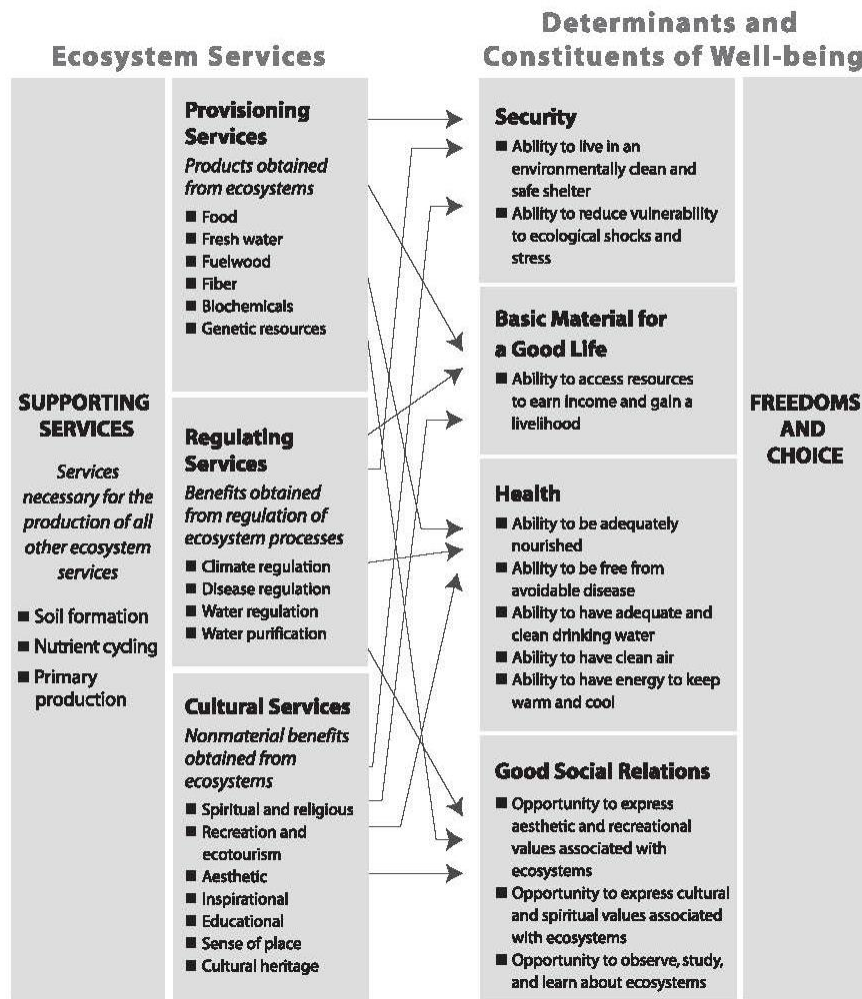
4. นิเวศบริการเชิงวัฒนธรรม (Cultural Service)

คือ ประโยชน์ที่จับต้องไม่ได้ เป็นนามธรรมที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศ โดยเป็นผลด้านคุณค่าทางจิตใจ การพัฒนาทางสติปัญญา การรับรู้ ความงาม และนันทนาการ เช่น ความหลากหลายทางวัฒนธรรม คุณค่าทางจิตวิญญาณและศาสนา คุณค่าทางความงาม ความสัมพันธ์ทางสังคม



ภาพที่ 2-5 การแบ่งกลุ่มนิเวศบริการ

(Alcamo et al., 2003, p. 57)



ภาพที่ 2-6 ความสัมพันธ์ของนิเวศบริการต่อคุณภาพชีวิตมนุษย์

(Alcamo et al., 2003, p. 78)

2.1.2.2. การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์และการกลายเป็นเมือง

มนุษย์เป็นสัตว์สังคมที่มีความสามารถในการจัดการกับธรรมชาติเพื่อการดำรงชีวิต โดยวิธีการแรกที่ใช้จัดการกับธรรมชาติในการดำรงชีพ คือ การเรียนรู้ในการปรับตัว (Adaptation) (Pickett et al., 1997) มนุษย์มีการรับรู้และตอบสนองต่อเงื่อนไขของธรรมชาติ โดยวิธีการที่มนุษย์ตอบสนองต่อเงื่อนไขของธรรมชาตินั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีการหลักตามพัฒนาการในการอยู่กับธรรมชาติของมนุษย์ที่ผ่านมา (Elmqvist et al., 2013)

1. การย้ายถิ่นฐาน

มนุษย์ย้ายถิ่นฐานของตนเองจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่งเพื่อหาแหล่งทรัพยากรในการดำรงชีพอย่างแหล่งอาหารและแหล่งน้ำ

2. การตั้งถิ่นฐานเป็นชุมชน

มนุษย์เริ่มปรับเปลี่ยนตัวเองจากการย้ายถิ่นฐานในแต่ละปีเพื่อหาแหล่งทรัพยากรมาเป็นการตั้งถิ่นฐานอยู่ประจำเป็นหลักแหล่งเมื่อมนุษย์มีความรู้ในการทำเกษตรกรรม ซึ่งนับเป็นการจัดการกับระบบนิเวศเพื่อเพิ่มผลผลิต เกิดเป็นลักษณะชุมชนเกษตรกรรม

3. การขยายตัวกลายเป็นเมือง

เมื่อมนุษย์สามารถผลิตอาหารได้ด้วยตนเอง มีการตั้งถิ่นฐานเป็นหลักแหล่ง ประชากรที่เพิ่มขึ้น ความซับซ้อนของสังคมที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการทางสังคมภายในชุมชน มีการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น ระบบชลประทานเพื่อการเกษตร หัตถกรรม และการกระจายการแลกเปลี่ยนทรัพยากร

มนุษย์สร้างหรือปรับเปลี่ยนความหลากหลายทางกายภาพในระบบนิเวศ โดยการตั้งทรัพยากรธรรมชาติออกไปใช้ การปรับเปลี่ยนภูมิลักษณะและลักษณะการไหลของน้ำ การควบคุมหรือปรับเปลี่ยนปัจจัยทางธรรมชาติ และการสร้างโครงสร้างต่าง ๆ (Turner et al., 1990 อ้างถึงใน Pickett et al., 1997) ซึ่งนับเป็นจุดแรกเริ่มของการกลายเป็นเมือง โดยที่เมืองนั้นไม่สามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง ต้องพึ่งพาแหล่งทรัพยากรจากพื้นที่ชนบทโดยรอบ

การกลายเป็นเมืองและการเพิ่มขึ้นของประชากรเมืองทำให้มนุษย์เริ่มเปลี่ยนตัวเองจากการใช้ชีวิตอย่างพอยังชีพได้ด้วยตนเอง หันมาเป็นพึ่งพาสิ่งที่ได้จากอุตสาหกรรมเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นการส่งผลเสียต่อพื้นที่ชนบทและละเลยต่อความพลวัตของระบบนิเวศ

2.2. ทฤษฎีเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากทฤษฎีและแนวคิดในการทำความเข้าใจภูมิทัศน์นั้นได้ให้กรอบในการทำความเข้าใจภูมิทัศน์ไว้คือ การทำความเข้าใจโครงสร้างภูมิทัศน์ หน้าที่ภูมิทัศน์ และพลวัตภูมิทัศน์ซึ่งเป็นลักษณะตามธรรมชาติของภูมิทัศน์ และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดการกระทำของมนุษย์ ดังนั้นในการศึกษาทำความเข้าใจภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานี้จึงประกอบด้วยการศึกษาทำความเข้าใจธรรมชาติของภูมิทัศน์ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภูมิทัศน์ โดยมีทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.1. ทฤษฎีภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม (Delta Plain) คือภูมิทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบหนึ่งของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ (River Delta) โดยภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำนั้นเกิดจากกระบวนการตกตะกอนที่พัฒนามากับแม่น้ำออกสู่ทะเลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการของธารน้ำ (Fluvial Process) ดังนั้นในการทำความเข้าใจภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมจึงต้องทำความเข้าใจในภาพรวมของภูมิทัศน์

ภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำโดยทั่วไปแล้วมักมีความเข้าใจว่าหมายถึงภูมิทัศน์ที่เกิดจากตะกอนที่พัฒนามาโดยแม่น้ำที่ตกบริเวณปากแม่น้ำ (Goodbred and Saito, 2012) แต่ในความจริงนั้นภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเป็นภูมิทัศน์ที่เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างแผ่นดินและผืนน้ำ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนซึ่งมีกระบวนการที่แตกต่างกัน (Sharma, 2010) คือ

1. พื้นที่ตอนบน (Upper Zone)

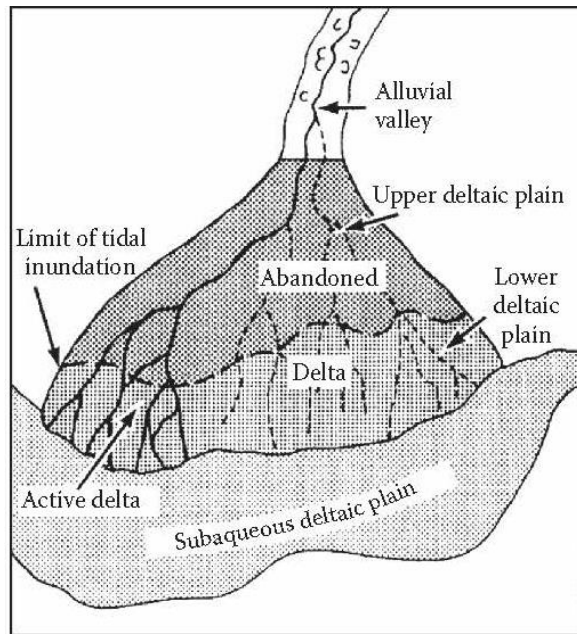
เป็นส่วนที่ตะกอนแม่น้ำเริ่มมีการตกสะสม แม่น้ำสายหลักเริ่มแยกออกเป็นแม่น้ำสายย่อย และไหลลงมาจนสิ้นสุดบริเวณขอบเขตอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal Influence) พื้นที่บริเวณมักปรากฏภูมิลักษณะของเนินดินธรรมชาติ (Levee) สันดอนทรายที่เกิดจากการคดโค้ง (Point Bar) ที่ลุ่มหลังคันดิน (Backswamp)

2. พื้นที่ตอนกลาง (Intermediate Zone)

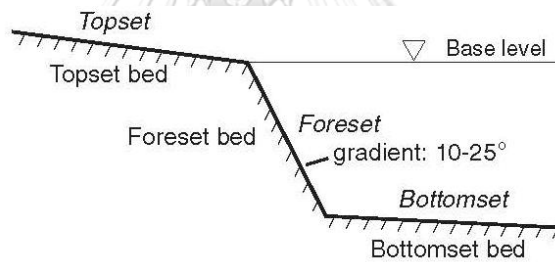
เป็นพื้นที่อยู่ในเขตอิทธิพลน้ำขึ้นน้ำลง ภูมิลักษณะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณนี้จึงเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างแม่น้ำ (Fluvial) และทะเล (Marine) เช่น สันดอนชายฝั่ง (Coastal Dune) หาดโคลน (Mudflat) ที่ราบลุ่มน้ำขึ้นถึง (Tidal Marsh)

3. พื้นที่ใต้น้ำ (Subaqueous Zone)

เป็นพื้นที่ส่วนหลักของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ มีอัตราการตกตะกอนแม่น้ำจำนวนมากและสะสมงอกเป็นแผ่นดิน (Progradation) ออกสู่ทะเล สามารถจำแนกพื้นที่ส่วนนี้ออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนตะกอนสะสมในทะเลบริเวณชายฝั่ง (Delta Front หรือ Foreset) และ ส่วนตะกอนสะสมในทะเลลึก (Prodelta หรือ Bottomset)

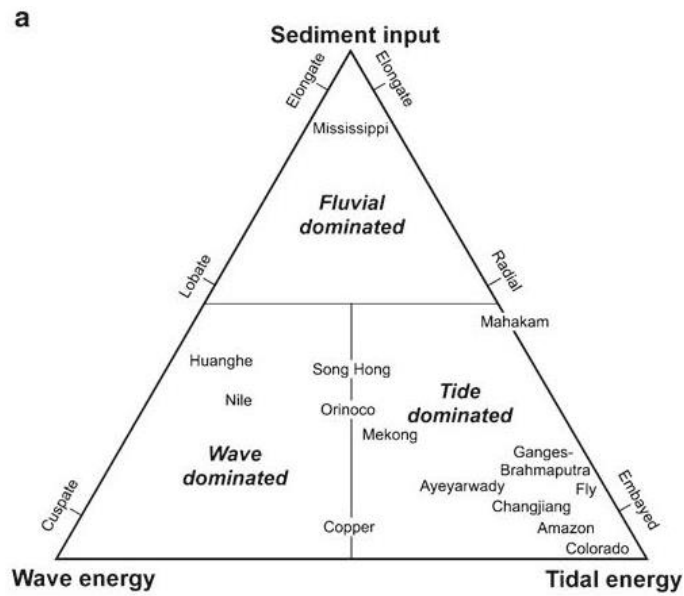


ภาพที่ 2-7 ส่วนพื้นที่ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำประกอบด้วย พื้นที่ส่วนบน ส่วนกลาง และใต้
(Wright, L. D., 1978 อ้างถึงใน Sharma, 2010, p. 161)



ภาพที่ 2-8 สันฐานที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำส่วนพื้นที่ใต้น้ำ
(Hori and Saito, 2003 อ้างถึงใน Hori and Saito, 2007, p. 78)

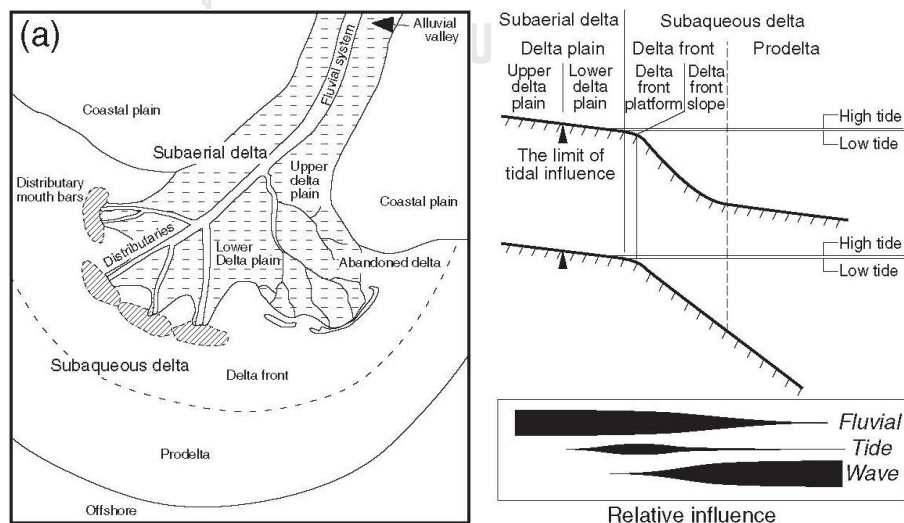
รูปร่างและขนาดของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำนั้นมีความแตกต่างกันไปในแต่ละแห่งขึ้นกับระบบธารน้ำ (Fluvial System) ของแต่ละแห่ง โดยขนาดจะขึ้นอยู่กับปริมาณของตะกอนแม่น้ำ ส่วนรูปร่างนั้นขึ้นกับกระบวนการที่เข้ามามีอิทธิพล ซึ่งประกอบด้วยอิทธิพลของแม่น้ำ (Fluvial Dominated) อิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง (Tide Dominated) และอิทธิพลของคลื่น (Wave Dominated)



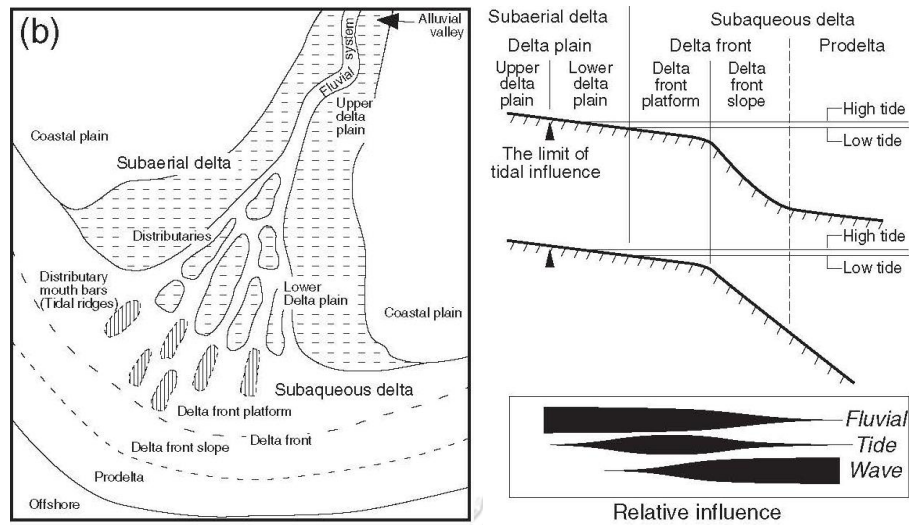
ภาพที่ 2-9 อิทธิพลที่เข้ามามีส่วนในการก่อรูปร่างของภูมิตันที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ (Goodbred and Saito, 2012, p. 131)

นอกจากนั้นภูมิตันที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำบางแห่งที่มีขนาดใหญ่ (Mega Delta) เช่น ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำมิสซิสซิปปี ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา รูปร่างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมนั้นอาจจะเกิดจากอิทธิพลที่เข้ามาเกี่ยวข้องมากกว่า 1 อิทธิพล โดยแต่ละส่วนของภูมิตันที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำขนาดใหญ่จะมีรูปร่างที่เกิดจากอิทธิพลที่เข้ามาเกี่ยวข้องแตกต่างกัน (Bhattacharya and Giosan, 2003 อ้างถึงใน Goodbred and Saito, 2012)

จุพาลกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2-10 รูปร่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่เกิดจากอิทธิพลของแม่น้ำ (Suter, 1994; Hori and Saito, 2003 อ้างถึงใน Hori and Saito, 2007, pp. 77-78)



ภาพที่ 2-11 รูปร่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่เกิดจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

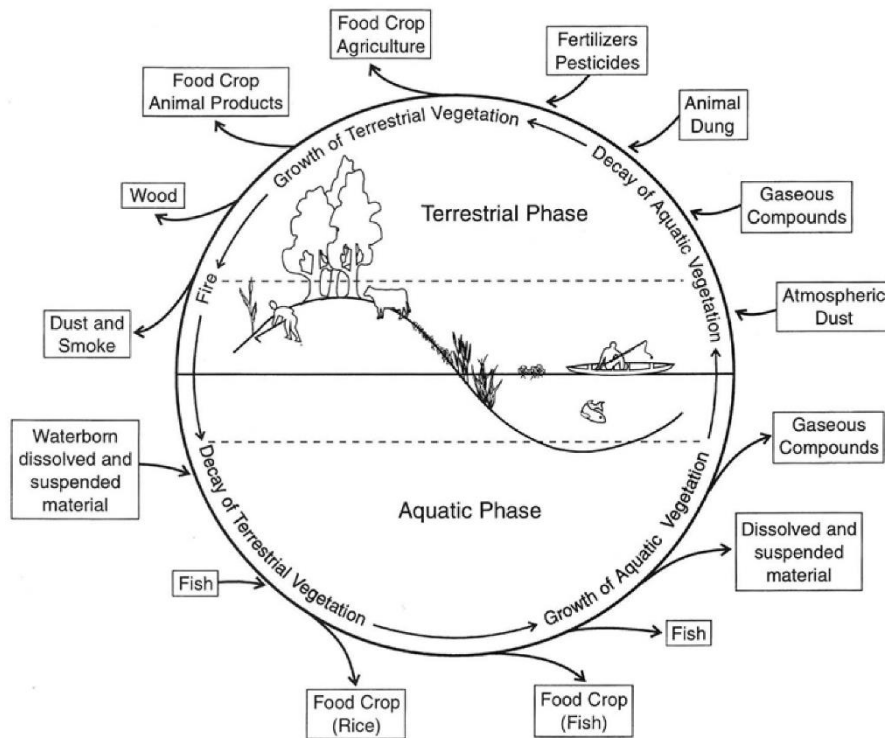
(Suter, 1994; Hori and Saito, 2003 อ้างถึงใน Hori and Saito, 2007, pp. 77-78)

2.2.2. ทฤษฎีพลวัตน้ำหลาก

จากการทบทวนในหัวข้อที่แล้ว พบว่าที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเป็นภูมิทัศน์ที่มีน้ำเป็นปัจจัยหลักและมีลักษณะเป็นพลวัตที่เกิดขึ้นในพื้นที่ ดังนั้นในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับพลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำนั้น มีแนวคิดที่เกี่ยวข้อง คือ แนวคิดพลวัตน้ำหลาก (Flood Pulse Concept)

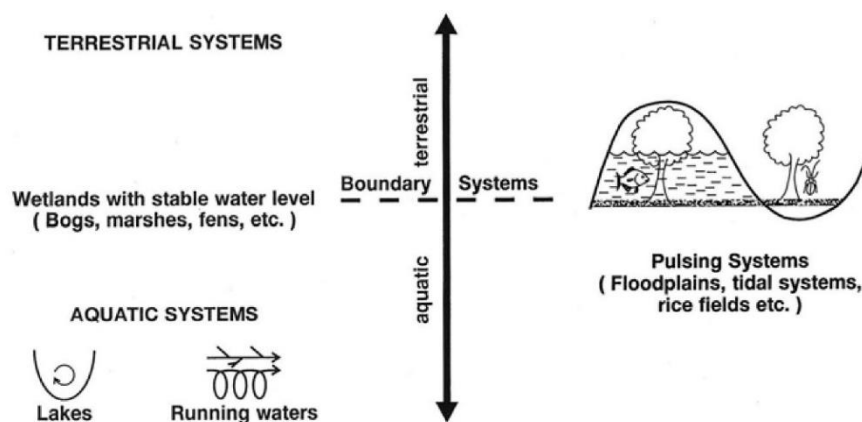
แนวคิดพลวัตน้ำหลาก เป็นแนวคิดที่มีพื้นฐานอยู่บนการทำความเข้าใจแม่น้ำ ในส่วนของขนาดลำน้ำและที่ลุ่มน้ำหลาก ซึ่งแม่น้ำและที่ลุ่มน้ำหลากนั้นทั้งในเชิงของอุทกวิทยาและชีววิทยานั้นเป็นองค์ประกอบที่ไม่สามารถแยกจากกันได้ เป็นลักษณะของระบบแม่น้ำและที่ลุ่มน้ำหลาก (River-floodplain System) (Junk, 1989 อ้างถึงใน Junk, 1997)

การเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำและที่ลุ่มน้ำหลากนั้นมีความสัมพันธ์กับระดับน้ำในแม่น้ำ กล่าวคือ ในช่วงที่น้ำในแม่น้ำต่ำ ที่ลุ่มน้ำหลากจะไม่เชื่อมต่อกับแม่น้ำ แต่เมื่อระดับน้ำในแม่น้ำสูงขึ้นน้ำจะล้นหลากท่วมที่ลุ่มน้ำหลาก ซึ่งการเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำและที่ลุ่มน้ำหลากนั้นมีผลต่อหน้าที่ภูมิทัศน์ของที่ลุ่มน้ำหลาก เช่น การผลิต การย่อยสลาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประชากรพืชและสัตว์ การหมุนเวียนแลกเปลี่ยนแร่ รวมถึงพลังงาน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นเหตุทำให้ที่ลุ่มน้ำหลากมีความอุดมสมบูรณ์ (Junk, 1997; Grubaugh and Anderson, 1988; Sparks et al., 1990 อ้างถึงใน Middleton, 2002)



ภาพที่ 2-12 การหมุนเวียนของพลังงานและแร่ธาตุในที่ลุ่มน้ำหลากที่สัมพันธ์กับช่วงน้ำหลากและแห้ง (Junk, 1997, p. 9)

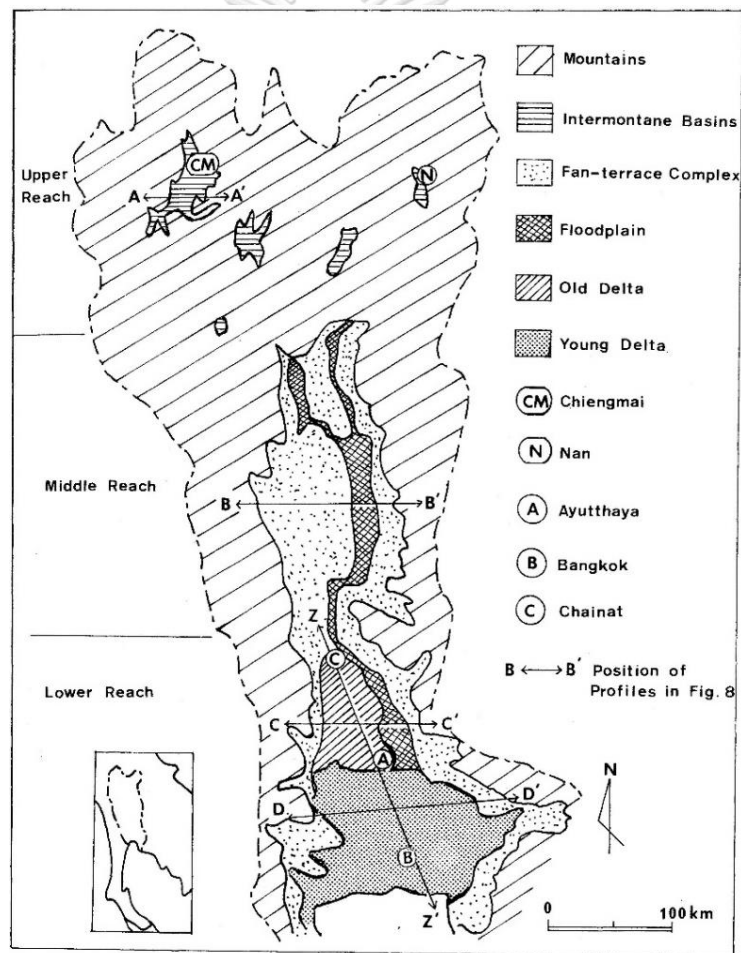
ผลของพลวัตน้ำหลากนี้ที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วงน้ำหลากและช่วงน้ำแห้ง ทำให้ที่ลุ่มน้ำหลากมีความแตกต่างจากพื้นที่เปลี่ยนผ่านระหว่างน้ำกับบกรูปแบบอื่น ๆ ที่มีน้ำอยู่ตลอดเวลา ซึ่งในพื้นที่ราบลุ่มซึ่งแม่น้ำไม่มีคันดินธรรมชาติ น้ำล้นจากแม่น้ำเข้าสู่พื้นที่ราบเชื่อมแม่น้ำกับพื้นที่ราบเป็นภูมิทัศน์เดียวกันนั้นจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุก ๆ ปี ต่างจากพื้นที่ที่แม่น้ำมีคันดินธรรมชาติจะเกิดขึ้นเฉพาะในปีน้ำมาก (High Flood) (Junk, 1997)



ภาพที่ 2-13 ความสัมพันธ์ของที่ลุ่มน้ำหลากกับระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศในน้ำ (Junk, 1997, p. 7)

2.2.3. แนวคิดเรื่องภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นภูมิทัศน์ส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Chao Phraya Basin) ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงข่ายของแม่น้ำแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย พื้นที่ตอนบน (Upper Reach) เป็นพื้นที่ที่มีแม่น้ำสายเล็กหลายๆสายไหลมารวมกันเป็นแม่น้ำสายใหญ่ ส่วนถัดมาคือ พื้นที่ตอนกลาง (Middle Reach) เป็นพื้นที่ที่มีแม่น้ำใหญ่เป็นสายหลักเพียงสายเดียวไหลผ่านพื้นที่ และส่วนสุดท้ายคือ พื้นที่ตอนล่าง (Lower Reach) เป็นพื้นที่ที่แม่น้ำสายใหญ่เริ่มแยกออกเป็นแม่น้ำสายย่อย เป็นส่วนที่รับน้ำหลาก (Flood-reception) และกระจายน้ำหลาก (Flood-dispersion) ซึ่งที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ในพื้นที่ส่วนนี้ (Takaya, 1987)

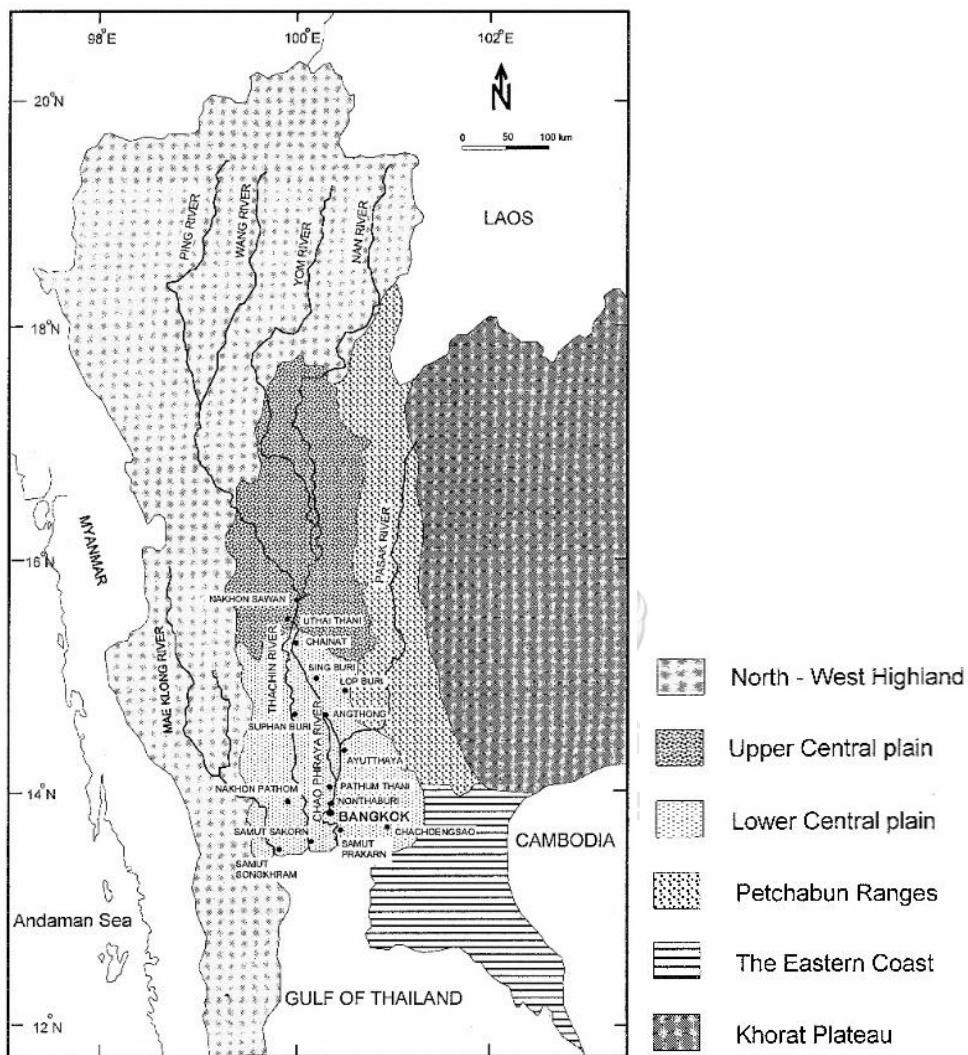


ภาพที่ 2-14 การแบ่งภูมิทัศน์ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา

(Takaya, 1987, p. 13)

พื้นที่ตอนกลางและพื้นที่ตอนล่างของลุ่มน้ำเจ้าพระยามีลักษณะเป็นพื้นที่ราบกว้าง และลุ่มต่ำ รวมเรียกว่า ที่ราบภาคกลาง (Central Plain) (Takaya, 1969a) แบ่ง

ออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ที่ราบภาคกลางตอนบน (Upper Central Plain) นับตั้งแต่บริเวณที่แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่านไหลมารวมกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ และที่ราบภาคกลางตอนล่าง (Lower Central Plain) นับตั้งแต่จังหวัดชัยนาทบริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มแยกออกเป็นแม่น้ำสายย่อย เป็นจุดเริ่มของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา (Hubbard, 1977; Noppadol and Nutalaya, 2005; Sinsakul, 2000; Takaya, 1969a)



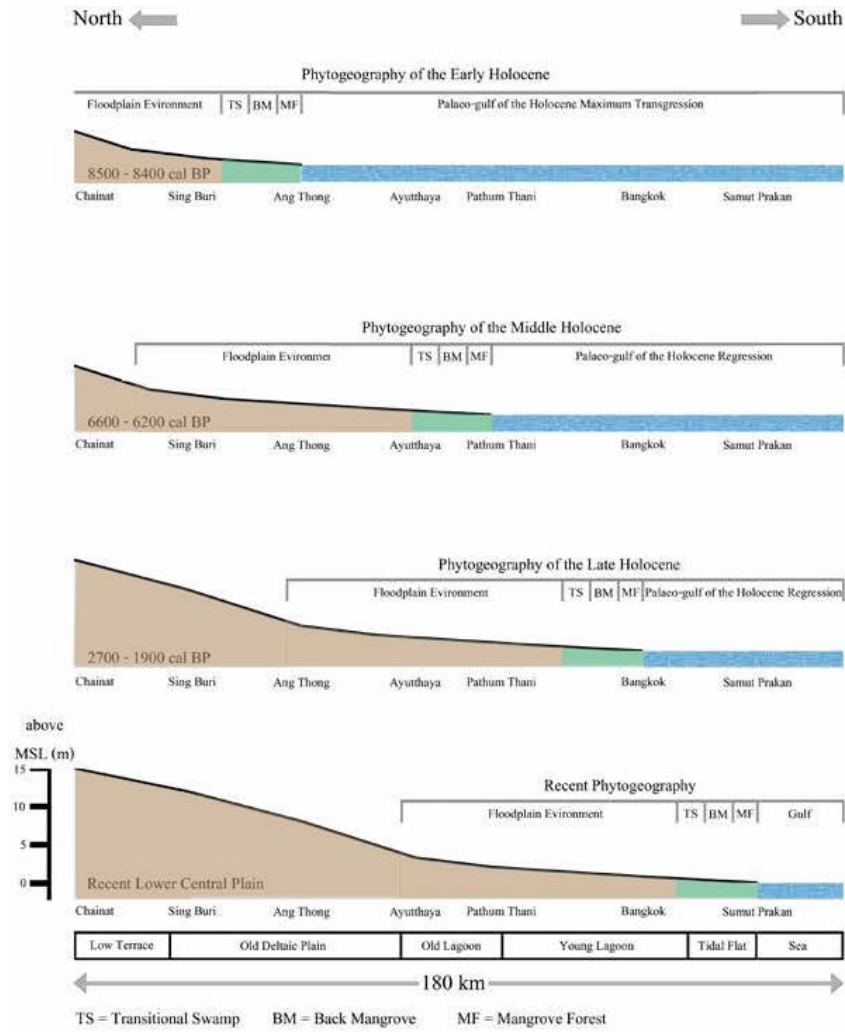
ภาพที่ 2-15 การแบ่งภูมิภาคของประเทศไทย

(Sinsakul, 2000, p. 416)

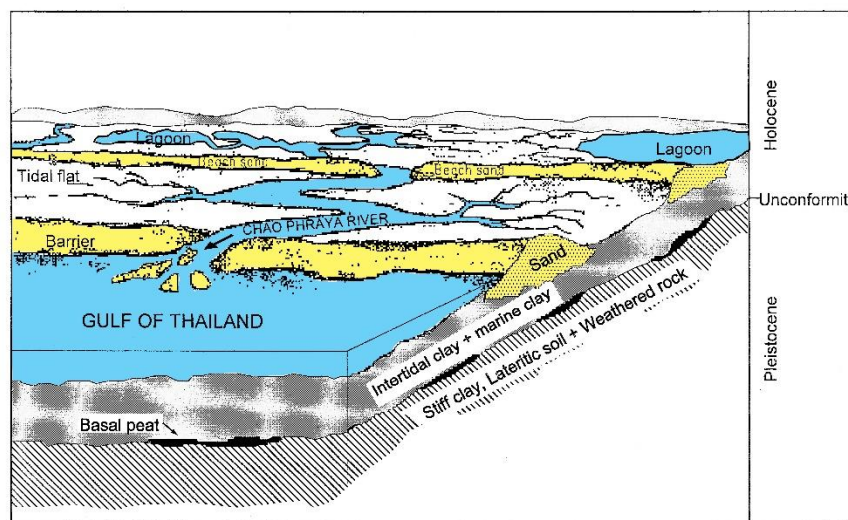
ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากตะกอนแม่น้ำบริเวณจังหวัดชัยนาทแผ่ขยายไปทางทิศใต้ชนกับตะกอนทะเลบริเวณอ่าวไทย โดยมีการตกตะกอนสะสมใน

ยุคควอเทอร์นารีตอนปลาย (Late Quaternary) แบ่งออกเป็น 2 สมัย (Sinsakul, 2000; ตรงใจ หุตากร, 2557) คือ

1. สมัยไพลสโตซีนตอนปลาย เป็นช่วงเวลาที่น้ำทะเลอยู่ต่ำกว่าระดับทะเลปัจจุบันประมาณ 120 เมตร ภูมิลักษณะของพื้นที่เป็นหุบเขา มีการกัดเซาะและผุกร่อนเกิดตะกอนไหลตามธารน้ำลงสู่พื้นที่ต่ำ เกิดตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial Fan)
2. สมัยโฮโลซีน เป็นช่วงเวลาที่น้ำทะเลเริ่มรุกเข้าพื้นที่หุบเขาสมัยไพลสโตซีน จนกระทั่งน้ำทะเลรุกเข้าสูงสุด (Holocene Maximum Transgression) เมื่อประมาณ 8,000-7,000 ปีก่อนตามปีปฏิทิน ที่ราบภาคกลางตอนล่างส่วนใหญ่กลายเป็นที่ราบน้ำทะเลท่วมถึง (Tidal Flat) แม่น้ำเจ้าพระยายังคงพัดพาตะกอนออกสู่ทะเล และเนื่องจากบริเวณปากแม่น้ำนั้นมีอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้นน้ำลงน้อย ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่เกิดขึ้นจึงได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำเป็นหลัก (River-dominated Delta) เมื่อตะกอนจากแม่น้ำออกสู่ทะเล และมีการเคลื่อนที่ไปตามขอบชายฝั่งทะเลโบราณ (Paleo-shoreline) จึงทำให้เกิดสันดอนชายฝั่ง (Coastal Barrier) ทะเลสาบหลังสันดอน (Back Barrier Lagoon) และที่ลุ่ม (Marshes) ต่อมาเมื่อน้ำทะเลเริ่มถอยลง อัตราการรุกเข้าของทะเลน้อยกว่าอัตราการตกตะกอนชายฝั่งจึงทำให้เกิดการงอกของแผ่นดิน จนกระทั่งสมัยโฮโลซีนตอนปลาย (Late Holocene) น้ำทะเลถอยลงจนอยู่ในระดับปัจจุบัน

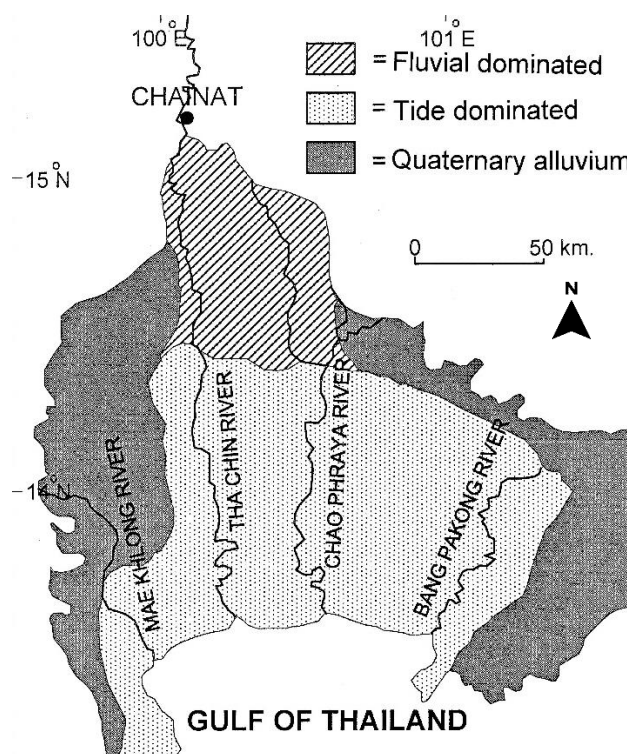


ภาพที่ 2-16 การเปลี่ยนแปลงภูมิสิณฐานช่วงน้ำทะเลรุกเข้าสูงสุดจนถึงปัจจุบัน
(ดัดแปลงจาก ตรงใจ หุตางกูร, 2557, p. 37)



ภาพที่ 2-17 แบบจำลองที่ราบภาคกลางตอนล่างช่วงที่น้ำทะเลรุกเข้าสูงสุด
(ดัดแปลงจาก Sinsakul, 2000, p. 423)

จากพัฒนาการในช่วงสมัยไพลสโตซีนตอนปลาย (Late Pleistocene) และสมัยโฮโลซีน (Holocene) ทำให้เกิดที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าซึ่งได้รับอิทธิพลจากกระบวนการของแม่น้ำและที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ซึ่งได้รับอิทธิพลจากกระบวนการของน้ำขึ้นน้ำลง



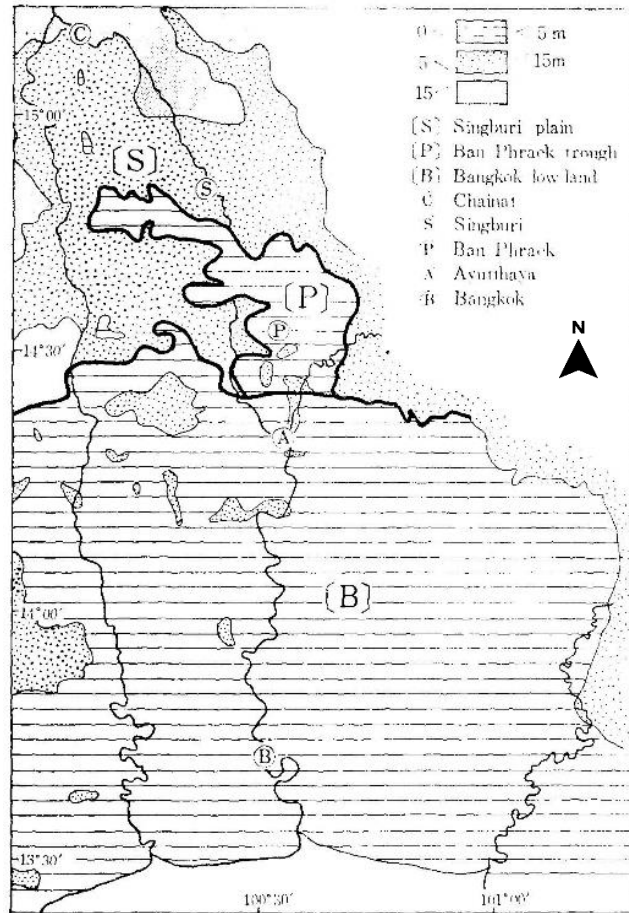
ภาพที่ 2-18 การจำแนกประเภทที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมตามอิทธิพลในที่ราบเจ้าพระยาตอนล่าง (Sinsakul, 2000, p. 421)

2.2.3.1. โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาประกอบด้วยภูมิประเทศ (Topography) และระบบแม่น้ำ (River System) ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวเป็นปัจจัยหลักที่นำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกพื้นที่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา (Takaya, 1969b, 1987)

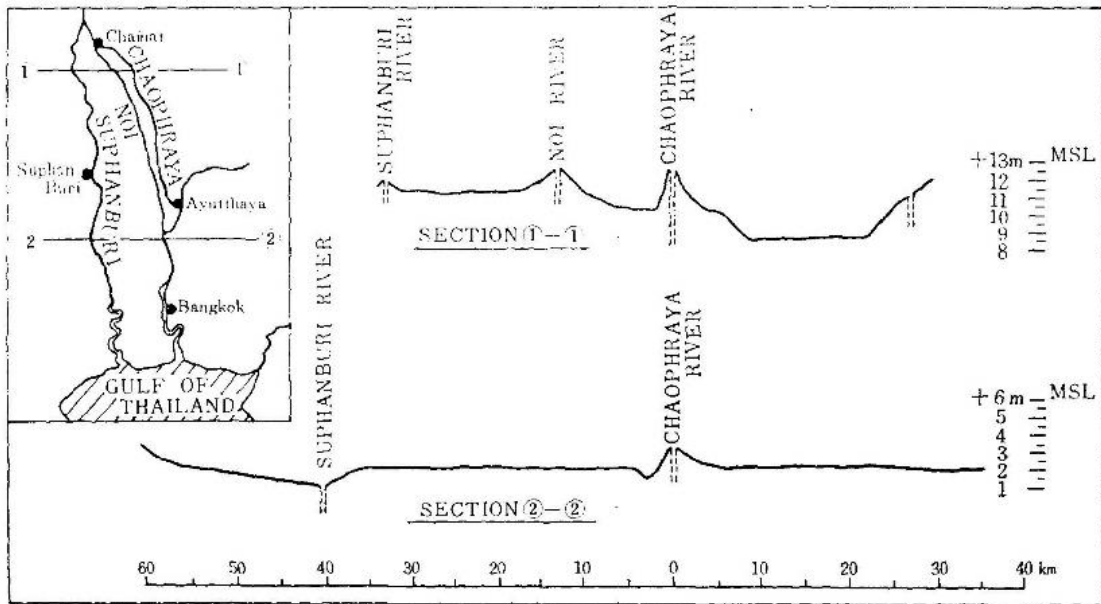
ภูมิประเทศของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน โดยแบ่งที่เส้นชั้นความสูง 5 เมตร คือ ที่ราบสิงห์บุรี (Singburi Plain) มีความสูงของพื้นที่อยู่ 5 ถึง 15 เมตร และที่ลุ่มบางกอก (Bangkok Lowland) มีความสูงไม่เกิน 2 เมตร ยกเว้นบางพื้นที่ที่มีความสูง 2-5 เมตรมีลักษณะเป็นเกาะ (Old Barrier Island) โดยรอยต่อระหว่างที่ราบทั้ง 2 พื้นที่นั้นมีลักษณะเหมือนแอ่งหุบเขาแคบ (Valley-like Depression) แทรกเข้าไปในที่ราบ

สิงห์บุรี เรียกว่า ร่องบ้านแพรก (Ban Phraek Trough) (Takaya, 1969a, 1969b)



ภาพที่ 2-19 การจำแนกที่ราบสิงห์บุรี ที่ลุ่มบางกอก และร่องบ้านแพรก

(Takaya, 1969a, p. 295)

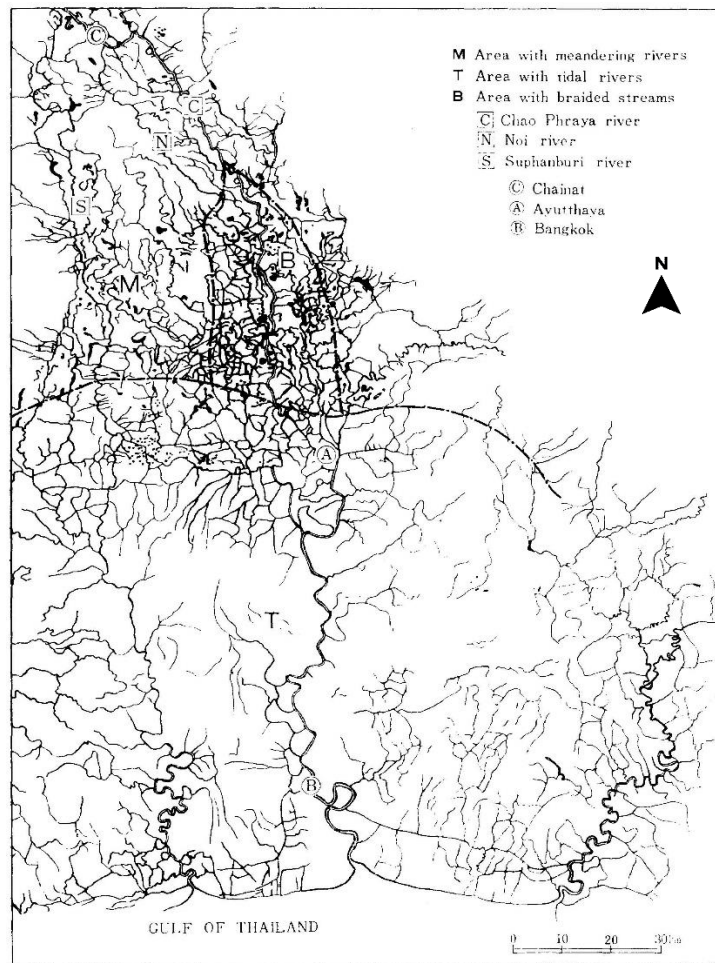


ภาพที่ 2-20 ภาพตัดขวางที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

(Takaya, 1969a, p. 295)

ระบบแม่น้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เมื่อพิจารณาจากแผนที่แสดงเส้นทางน้ำสามารถแบ่งพื้นที่ออกได้ 3 พื้นที่โดยจำแนกจากรูปแบบของทางน้ำ และความหนาแน่นของทางน้ำ (Takaya, 1969a, 1969b) ประกอบด้วย

1. พื้นที่ที่มีแม่น้ำโค้งตัว (Meandering River) อยู่ในส่วนที่ราบสิงห์บุรี บริเวณจังหวัดสุพรรณบุรีและแม่น้ำน้อยช่วงบน (Upper Reach) มีคันดินธรรมชาติ (Natural Levee) และความหนาแน่นของแม่น้ำอยู่ระดับปานกลาง
2. พื้นที่ที่มีแม่น้ำที่มีน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal River) อยู่ในส่วนที่ลุ่มบางกอก แม่น้ำมีความคงตัวในลักษณะแม่น้ำโค้งใหญ่ และมีความหนาแน่นของแม่น้ำน้อย
3. พื้นที่ที่มีทางน้ำเกลียวเชือก (Braided Stream) มีลักษณะพื้นที่รูปพัดมีจังหวัดสิงห์บุรีอยู่ด้านปลายยอดของพื้นที่ มีลำน้ำต้นขนาดเล็กจำนวนมากซึ่งเป็นลำน้ำสาขาจากแม่น้ำเจ้าพระยา และแม่น้ำน้อยตอนล่าง



ภาพที่ 2-21 แผนที่ระบบแม่น้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

(Takaya, 1969a, p. 297)

จากโครงสร้างทางภูมิประเทศและระบบแม่น้ำ สามารถจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาออกได้เป็น 4 พื้นที่หลัก คือ ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า (Old Delta) พื้นที่ที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ (Young Delta) และพื้นที่เนินตะกอนกับลานตะพักเชิงซ้อน (Fan-terrace Complex) (Takaya, 1987)

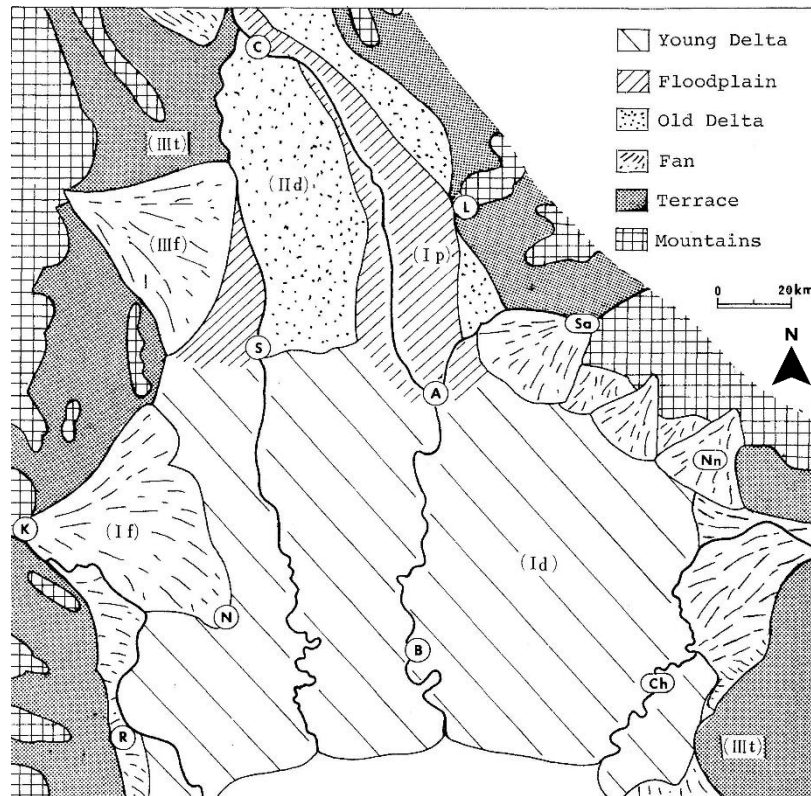
ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า พื้นที่ส่วนนี้ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างจังหวัดสุพรรณบุรีและแม่น้ำน้อย มีภูมิลักษณะเป็นแอ่งต่ำ (Depression) กับเนินดินธรรมชาติ (Natural Levee) มีระดับความสูง 15 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง บริเวณปลายยอดที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม และสูง 5 เมตรบริเวณขอบล่างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า (Kasetsart University and ORSTOM, 1996)

ที่ราบน้ำท่วมถึง มีภูมิลักษณะเป็นแอ่งต่ำที่แทรกเข้าไปในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า (Takaya, 1987) ประกอบด้วยที่ราบต่ำหลังแม่น้ำ (Back Swamp) และมีเนินดินธรรมชาติริมแม่น้ำสูงจากพื้นที่แอ่งประมาณ 4 เมตร (Kasetsart University and ORSTOM, 1996)

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำใหม่ พื้นที่ส่วนนี้มีภูมิลักษณะเป็นพื้นที่ราบแผ่กว้างขนาดใหญ่ เป็นพื้นที่ที่รับและกักเก็บน้ำหลากที่แพร่กระจายเข้ามาในพื้นที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ลักษณะ (Takaya, 1975b) คือ

1. ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมสูง (Higher Delta/Deltaic High) มีภูมิลักษณะคล้ายเกาะมีความสูงมากกว่า 2.5 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง
2. ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ (Riverine Delta Flat) เป็นพื้นที่ระหว่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมต่ำและปากแม่น้ำ ภูมิลักษณะของพื้นที่มีความไม่สม่ำเสมอและมีเนินดินธรรมชาติ
3. ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมต่ำ (Lower Delta/Delta Flat) เป็นพื้นที่ส่วนหลักของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่โดยส่วนใหญ่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 2 เมตร มีภูมิลักษณะที่แบนราบ
4. ที่ราบชายฝั่งทะเล (Coastal Flat) เป็นพื้นที่ที่อยู่ระหว่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมต่ำและอ่าวไทย มีความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 1-2 เมตร พื้นที่ประกอบไปด้วยแนวสันทรายที่ไม่เด่นชัดและแอ่งน้ำที่ขนานไปกับแนวชายฝั่ง

พื้นที่เนินตะกอนรูปพัดกับลานตะพัก (Fan-terrace Complex) เป็นพื้นที่ที่เป็นขอบของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและขาดแคลนแหล่งน้ำ อยู่สูงกว่าระดับ 5 เมตรจากน้ำทะเล (Kasetsart University and ORSTOM, 1996; Takaya, 1975b)



ภาพที่ 2-22 การจำแนกโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

(Takaya, 1987, p. 116)

2.2.3.2. พลวัตของน้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่ภายใต้อิทธิพลจากน้ำเอ่อท่วมตามฤดูมรสุม (Monsoonal Inundation) เป็นระยะเวลาสั้นในแต่ละปี โดยน้ำจะเอ่อท่วมพื้นที่ทั้งหมด ยกเว้นบริเวณเนินดินธรรมชาติในที่ราบน้ำท่วมถึง และที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำเอ่อท่วม (Takaya, 1975a, 1985)

จากน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ และน้ำท่วมที่ไหลหลากเข้ามาในพื้นที่ประกอบกับโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีความแตกต่างกันของลักษณะภูมิประเทศ ทำให้เกิดเป็นหน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ โดยสามารถจำแนกได้เป็น 4 ลักษณะ (Takaya, 1985)

1. พื้นที่รับน้ำฝน

พื้นที่ส่วนนี้สัมพันธ์กับพื้นที่เนินตะกอนรูปพัดกับลานตะพัก และที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า พื้นที่เนินตะกอนรูปพัดกับลานตะพักนั้นจะมีน้ำท่วมขังในพื้นที่เพียงตื้นๆ และขังอยู่ไม่นาน โดยระดับน้ำท่วมขังสูงสุดจะอยู่ในช่วงเดือนกันยายน และเดือนตุลาคม แต่บางพื้นที่อาจ

ท่วมขังสูงสุดในเดือนสิงหาคม ส่วนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าด้วยระดับความสูงของพื้นที่ที่สูงกว่าระดับน้ำท่วม ทำให้ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าได้รับผลจากน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เพียงอย่างเดียว โดยในฤดูฝนพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นเนิน (Swell) จะมีระดับน้ำท่วมขังลึกประมาณ 10 ซม. และท่วมขังอยู่ไม่นาน แต่ในพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นร่อง (Swale) จะมีระดับน้ำท่วมขังที่ลึกกว่า และท่วมขังอยู่นานกว่าเนื่องจากน้ำในพื้นที่ไหลมารวมกันในพื้นที่บริเวณนี้ โดยพื้นที่ต่ำเหล่านี้จะเริ่มมีน้ำท่วมขังตั้งแต่ช่วงต้นเดือนกรกฎาคม และท่วมขังจนกระทั่งเดือนธันวาคมหรือบางครั้งถึงเดือนมกราคม (Takaya, 1985, 1987)

2. พื้นที่สะสมน้ำท่วม

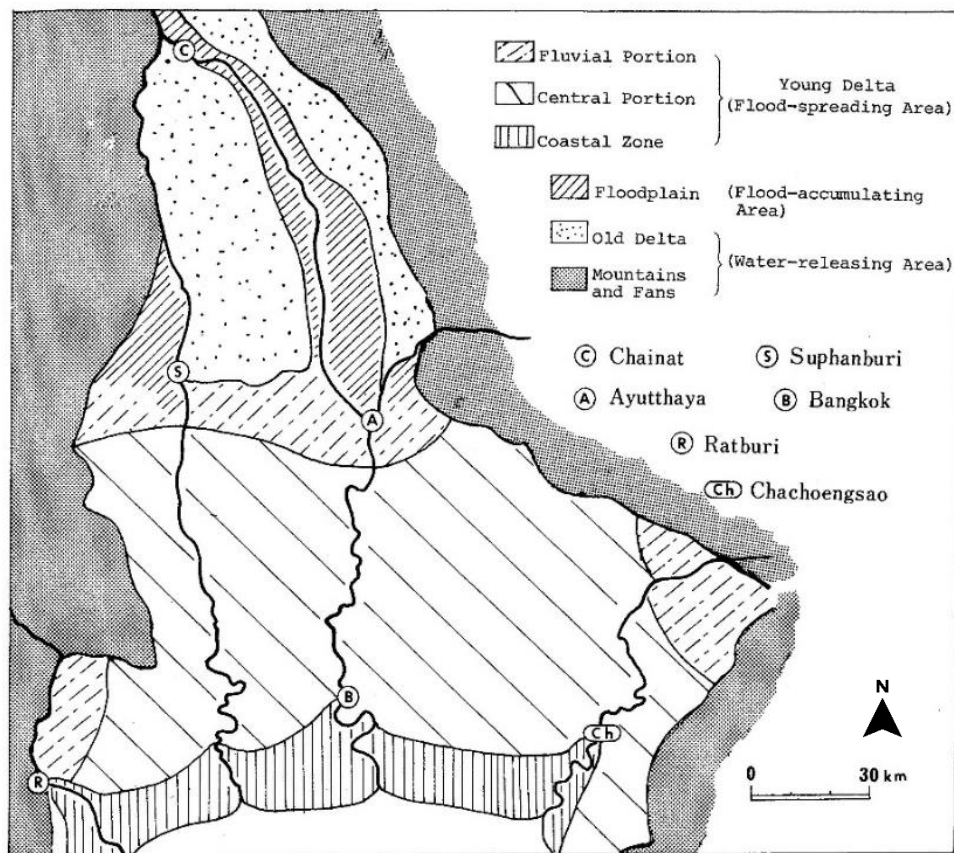
พื้นที่ส่วนนี้สัมพันธ์กับที่ราบน้ำท่วมถึงซึ่งมีระดับน้ำท่วมขังที่ลึกและขังอยู่นานกว่าที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า น้ำท่วมขังจะเริ่มเมื่อฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องในช่วงปลายเดือนสิงหาคม เมื่อเข้าช่วงปลายเดือนกันยายนน้ำจะหลากล้นจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่มีระดับสูงขึ้นเข้าพื้นที่ลุ่มหลังคันดิน (Backswamp) พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับน้ำท่วมขังสูงสุดที่ 2 เมตร และท่วมขังอยู่จนถึงปลายเดือนพฤศจิกายน (Takaya, 1985, 1987; Tanabe, 1994)

3. พื้นที่กระจายน้ำหลาก

พื้นที่ส่วนนี้อยู่ในส่วนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่โดยประกอบด้วยพื้นที่ส่วนกลาง (Central Portion) และพื้นที่ส่วนธารน้ำ (Fluvial Portion) พื้นที่ทั้งสองส่วนจะรับน้ำหลากจากที่ราบน้ำท่วมถึงแพร่กระจายเข้าสู่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ในลักษณะไหลเป็นผืน (Sheet Flow) ระดับน้ำในพื้นที่จะสูงขึ้นอย่างช้า ๆ ตั้งแต่เดือนสิงหาคม จนท่วมสูงสุดในช่วงต้นเดือนกันยายนถึงปลายเดือนตุลาคม และจะเริ่มลดลงจนแห้งหมดในช่วงต้นเดือนธันวาคม ความลึกของระดับน้ำท่วมขังสูงสุดโดยเฉลี่ยในปีน้ำท่วมปกติของพื้นที่ส่วนกลางอยู่ที่ระดับ 50 ซม. ถึง 1 เมตร ส่วนในพื้นที่ส่วนธารน้ำด้วยลักษณะภูมิประเทศที่ลุ่มๆดอนๆ ทำให้มีระดับน้ำท่วมขังที่ลึกกว่า (Takaya, 1985, 1987)

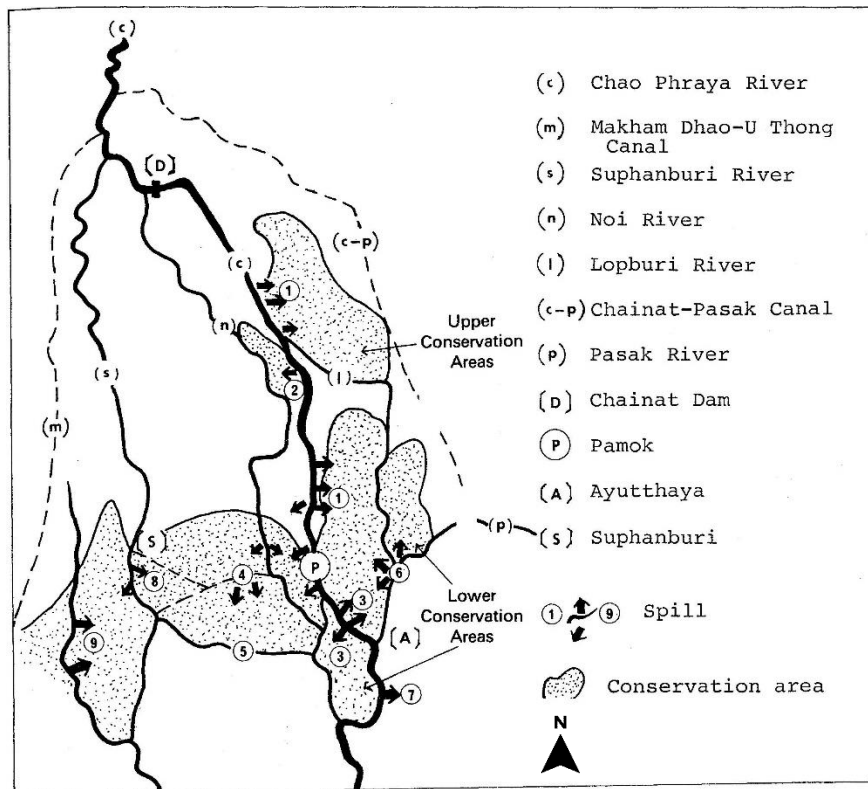
4. พื้นที่ชุ่มน้ำตลอดปี

พื้นที่ส่วนนี้สัมพันธ์กับที่ราบชายฝั่งทะเล พื้นที่ที่มีความชื้นอยู่ตลอดเวลา โดยน้ำหลากจะไหลมายังพื้นที่ส่วนนี้ตั้งแต่เดือนสิงหาคม และต่อเนื่องไปจนถึงเดือนธันวาคม ระดับความลึกของน้ำท่วมซึ่งมีระดับที่คงที่ที่ระดับ 20-30 ซม. ในพื้นที่มีแม่น้ำที่มีน้ำขึ้นน้ำลงเป็นจำนวนมาก ซึ่งในช่วงหน้าแล้งจะกลายเป็นทางให้น้ำเค็มเข้าไปในแผ่นดินด้านใน (Takaya, 1985, 1987)



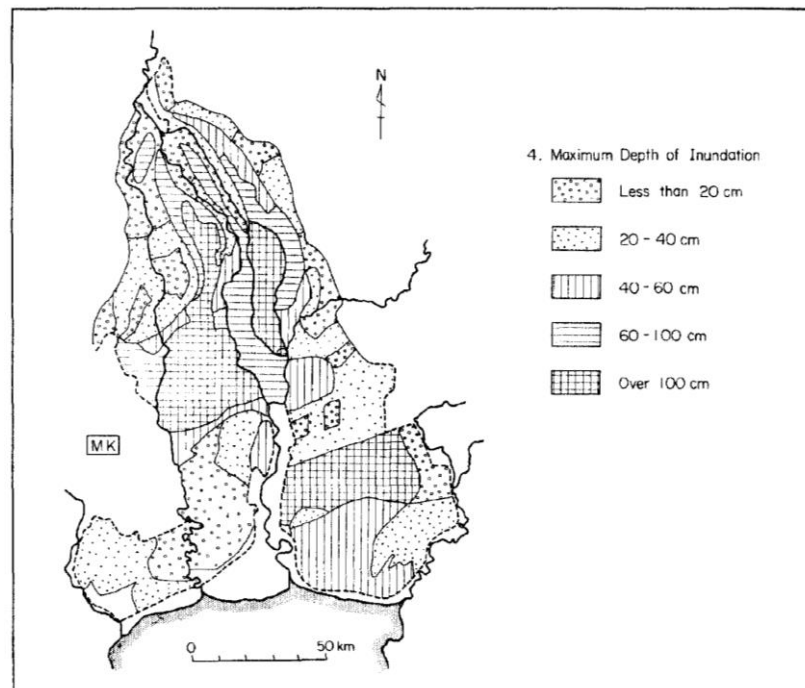
ภาพที่ 2-23 การจำแนกพื้นที่ตามเงื่อนไขอุทกวิทยา

(Takaya, 1987, p. 141)

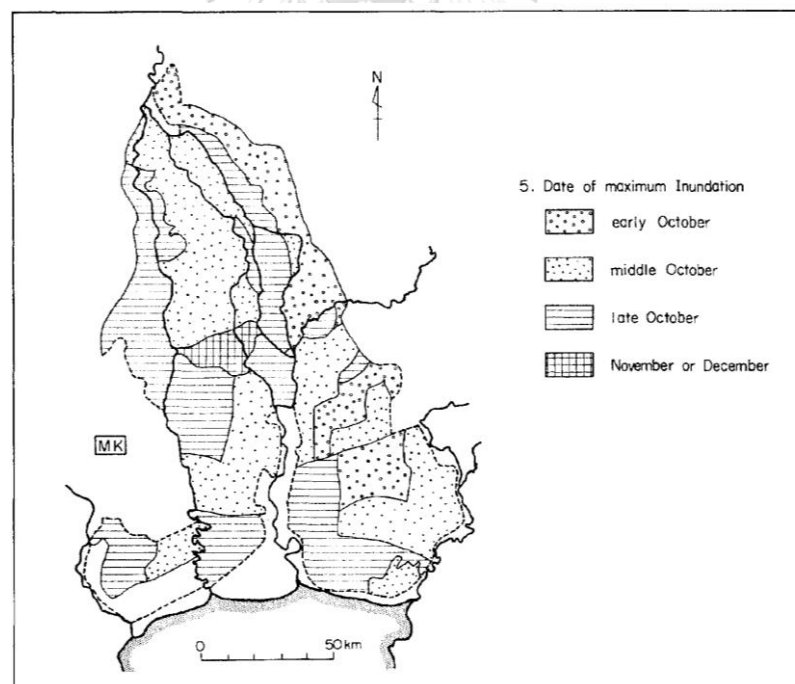


ภาพที่ 2-24 ทิศทางการไหลของน้ำหลากและการหลากล้นบริเวณที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า
 (Takaya, 1987, p. 143)

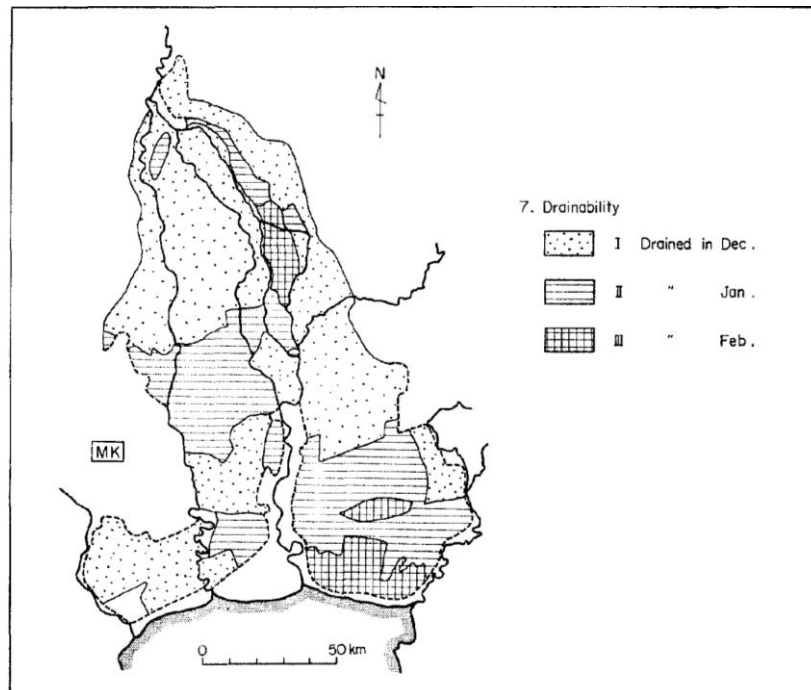
จากความแตกต่างกันของโครงสร้างในด้านภูมิประเทศของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำให้เกิดเงื่อนไขของน้ำในแต่ละส่วนพื้นที่ที่แตกต่างกัน และเป็นเงื่อนไขข้อจำกัดตามธรรมชาติของพื้นที่ โดยเงื่อนไขนั้นประกอบด้วยระยะเวลาที่น้ำหลากท่วมขังในพื้นที่ (Period of Inundation) ระดับความลึกสูงสุดของน้ำหลากท่วมขัง (Depth of Maximum Inundation) ช่วงเวลาที่น้ำหลากท่วมขังสูงสุด (Date of Maximum Inundation) อัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำในพื้นที่ (Rate of Increase of the Water Table) และความสามารถในการระบายน้ำ (Drainability) (Kaida, 1973)



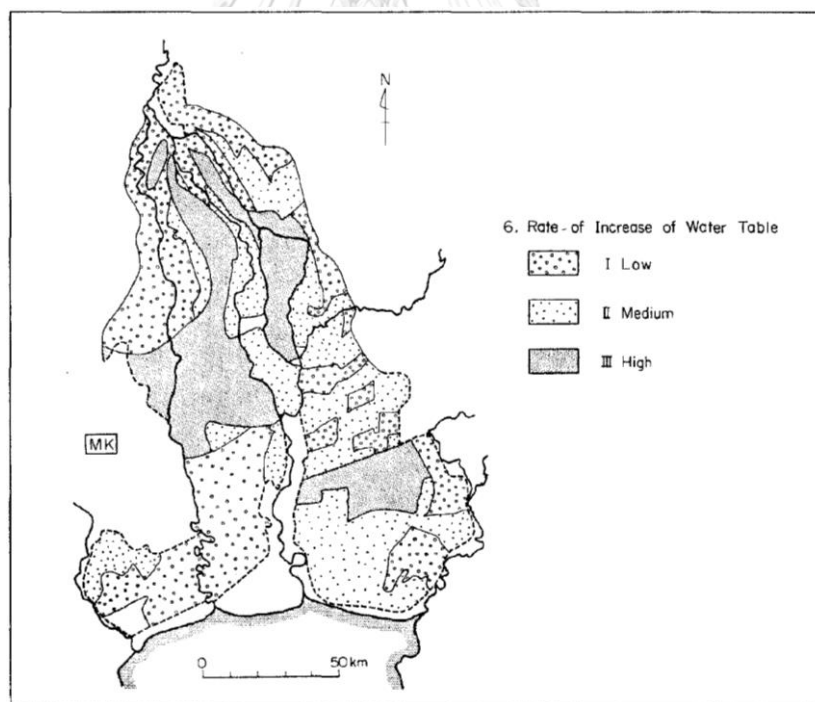
ภาพที่ 2-25 ระดับความลึกของน้ำหลากท่วม
(Kaida, 1973, p. 411)



ภาพที่ 2-26 ช่วงเวลาน้ำหลากท่วมเต็มพื้นที่
(Kaida, 1973, p. 412)



ภาพที่ 2-27 ช่วงเวลาน้ำหลากระบายออกจากพื้นที่หมด
(Kaida, 1973, p. 413)



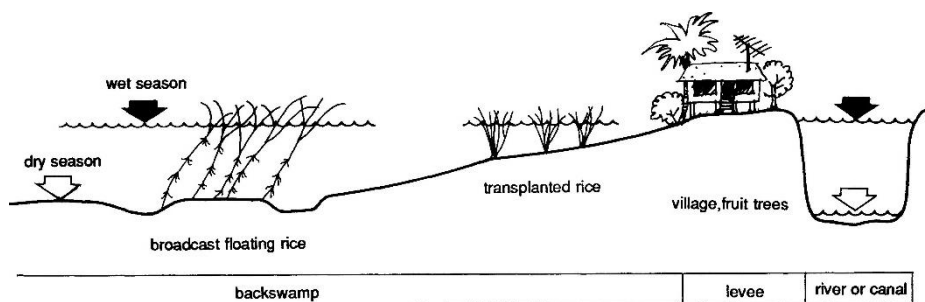
ภาพที่ 2-28 อัตราการเพิ่มขึ้นของน้ำหลากท่วม
(Kaida, 1973, p. 412)

การเปลี่ยนแปลงของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีลักษณะเป็นวัฏจักร (Cycle) ของฤดูน้ำมาก (High-water Season) และฤดูน้ำน้อย (Low-water Season) ทำให้เกิดลักษณะของพื้นที่ที่จมอยู่ใต้น้ำในช่วงฤดูฝนสลับกับสภาพพื้นที่แห้งแล้งในช่วงฤดูแล้ง (Takaya, 1977, 1987) โดยในฤดูน้ำมากน้ำที่ล้นตลิ่งและล้นทุ่งเป็นสิ่งที่นำความหลากหลายของสัตว์น้ำและพืชพรรณมาสู่พื้นที่ (ศรีศักร วัลลิโภดม, 2560) นอกจากนั้นแล้วสัญญาณของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาก็ยังเปลี่ยนแปลงด้วยการงอกของพื้นดินเป็นที่ดอนจากตะกอนหนักที่มากับน้ำหลาก (Jarupongsakul and Kaida, 2000)

2.2.3.3. การเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

การเปลี่ยนแปลงทางภูมิทัศน์ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์นั้นมียุหลายระดับซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและหน้าที่ของภูมิทัศน์ ซึ่งจากทฤษฎีความสัมพันธ์ของมนุษย์และภูมิทัศน์นั้น เริ่มแรกจะมีลักษณะเป็นการปรับตัว ต่อมาจึงเริ่มมีการปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่บางส่วนแต่ยังคงรักษาเงื่อนไขทางธรรมชาติ และสุดท้ายคือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเงื่อนไขทางธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

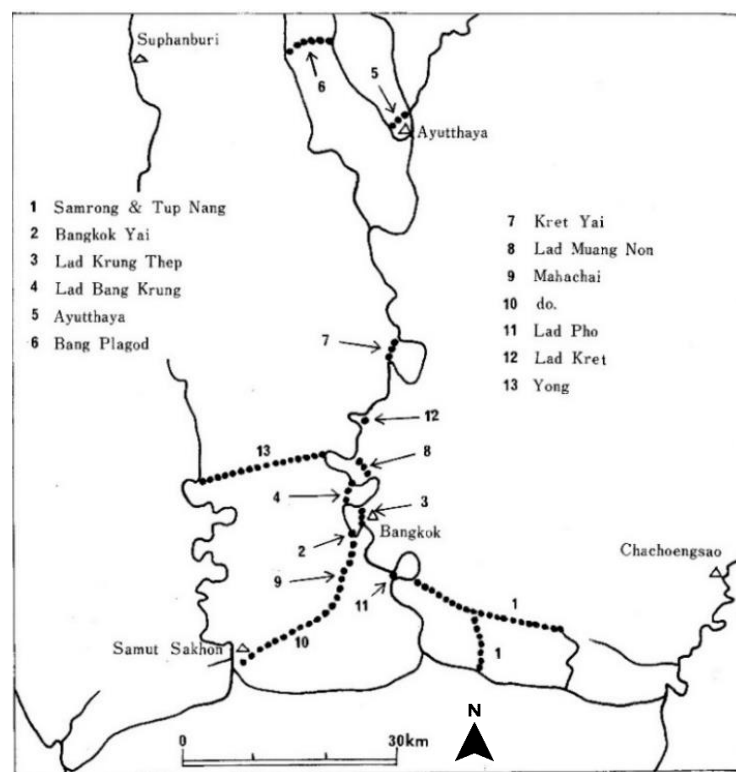
การตั้งถิ่นฐานในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาตามหลักฐานทางโบราณคดีพบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ สมัยทวารวดี-ลพบุรีซึ่งสัมพันธ์กับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า และสมัยอยุธยา-กรุงเทพฯ ที่สัมพันธ์กับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ โดยทั้งสองช่วงนั้นลักษณะของสังคมเป็นสังคมลุ่มน้ำ (Riverine Society) มีการตั้งถิ่นฐานตามริมฝั่งแม่น้ำลำคลองที่เป็นสันดอนธรรมชาติซึ่งเกิดจากการทับถมของตะกอนเวลาที่น้ำเอ่อล้นช่วงฤดูน้ำ และประกอบอาชีพทำการเกษตร (ศรีศักร วัลลิโภดม, 2560)



ภาพที่ 2-29 การปรับตัวอยู่กับลักษณะทางธรรมชาติบริเวณอยุธยา ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า

(Kaida, et al., 1974 อ้างถึงใน Catling, 1999, p. 303)

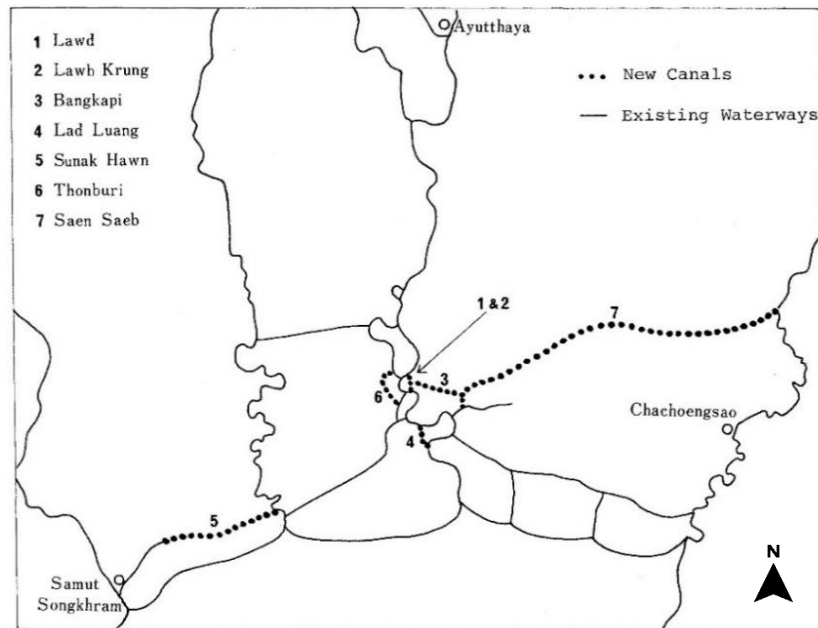
การปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่ (Land Reclamation) ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เริ่มปรากฏในสมัยกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานี มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ระหว่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าและที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ การปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่ในช่วงกรุงศรีอยุธยานั้นเป็นเพียงการขุดคลองเพื่อการสัญจร โดยขุดคลองลัดแม่น้ำ และการขุดคลองในเขตเมืองเชื่อมต่อกับแม่น้ำ ส่วนพื้นที่ตอนล่างของกรุงศรีอยุธยายังคงมีเป็นพื้นที่ที่มีน้ำท่วมหลากและเป็นธรรมชาติ ไม่ค่อยมีผู้คนอาศัย (Jarupongsakul and Kaida, 2000)



ภาพที่ 2-30 แนวคลองขุดสมัยกรุงศรีอยุธยา

(Takaya, 1987, p. 184)

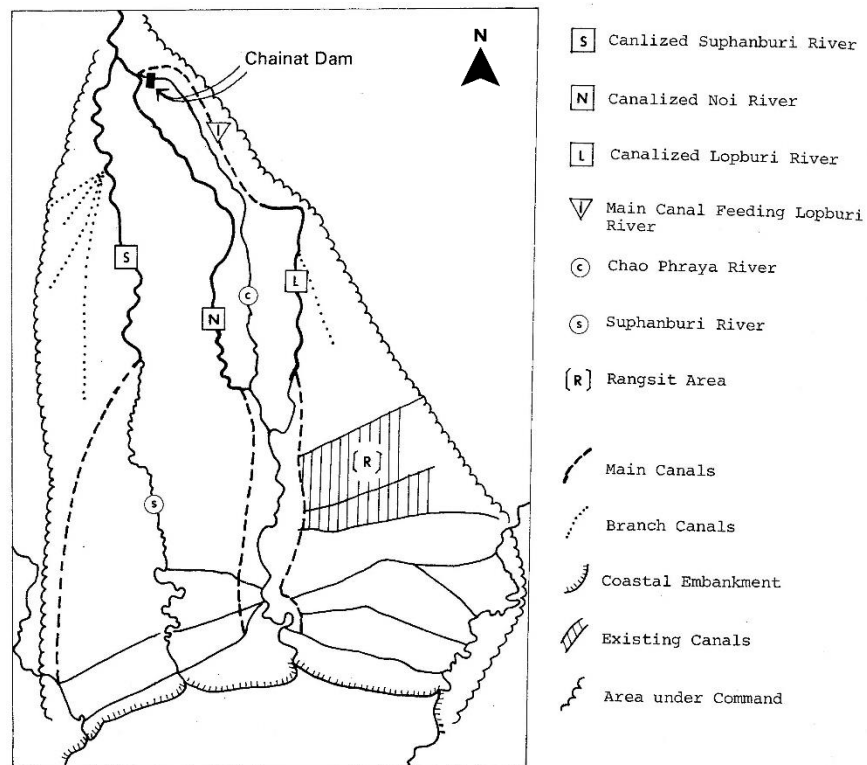
ต่อมาในสมัยกรุงธนบุรีและช่วงต้นรัตนโกสินทร์นับเป็นช่วงแรกเริ่มของการพัฒนาในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มต่ำ เริ่มมีการเข้ามาตั้งถิ่นฐาน การพัฒนาพื้นที่ในช่วงนี้มีลักษณะเป็นการปรับเปลี่ยนสภาพพื้นที่โดยการขุดคลองเช่นเดียวกับช่วงสมัยกรุงศรีอยุธยา คือเป็นการขุดคลองเพื่อการสัญจร การขุดคูเมืองเพื่อป้องกันข้าศึกศัตรู รวมถึงการขุดคลองเชื่อมระหว่างแม่น้ำเพื่อวัตถุประสงค์ทางการทหารในสมัยรัชกาลที่ 3 (Jarupongsakul and Kaida, 2000)



ภาพที่ 2-31 แนวคลองขุดสมัยกรุงธนบุรีและรัตนโกสินทร์ตอนต้น

(Takaya, 1987, p. 192)

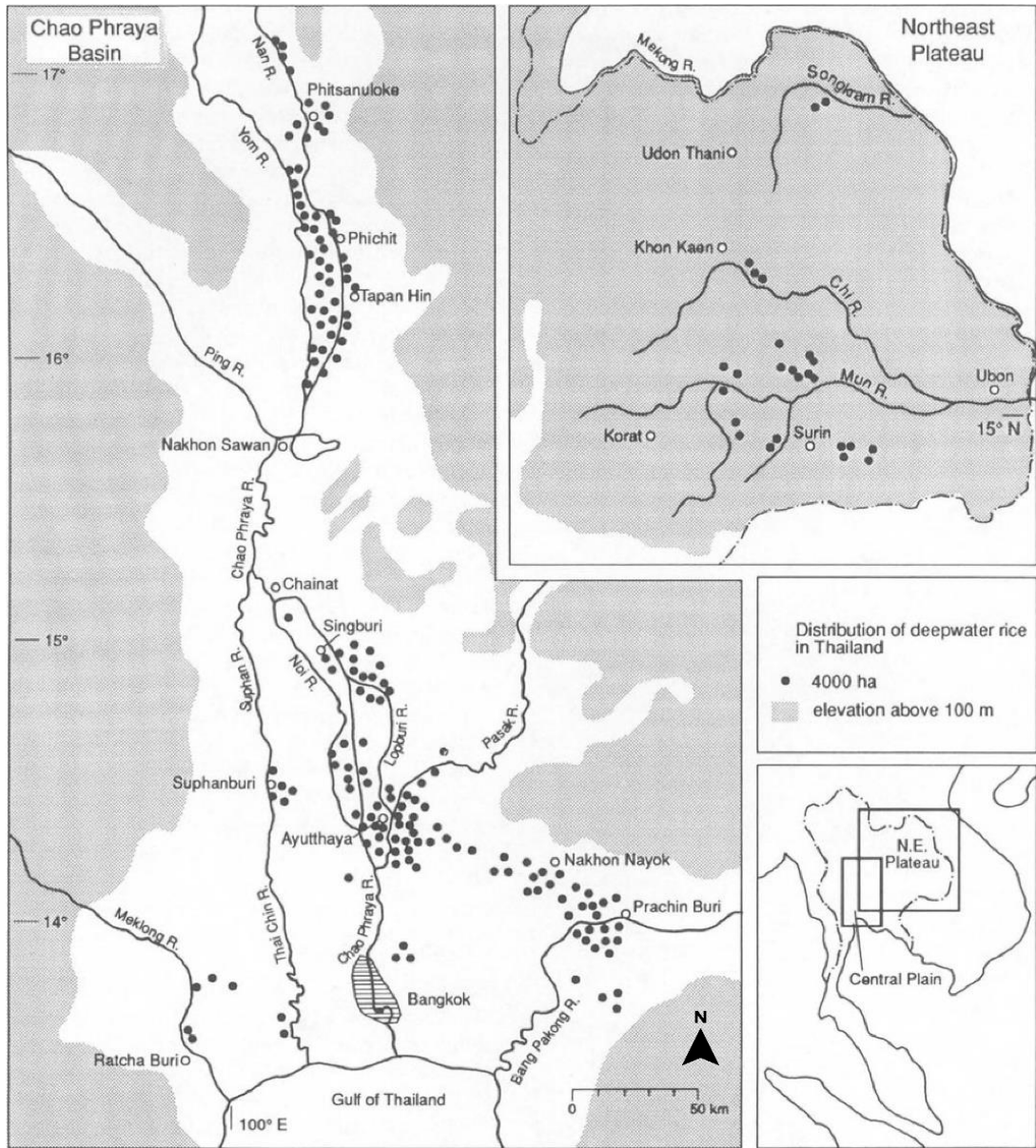
เมื่อเข้าสู่ช่วงสมัยรัชกาลที่ 4 เมื่อมีการทำสนธิสัญญาเบาว์ริงจึงเริ่มมีการขยายพื้นที่เมือง และการเปลี่ยนพื้นที่ป่าให้กลายเป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยการขุดคลองเพิ่มการเข้าถึงในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา และเพื่อการชลประทานแต่คลองเหล่านี้ยังคงพึ่งน้ำขึ้นน้ำลงเพื่อให้สามารถแจกจ่ายน้ำเข้าพื้นที่เกษตรกรรมได้ จนกระทั่งในสมัยรัชกาลที่ 5 จึงเริ่มมีการชลประทานที่เป็นไปตามหลักวิชาการสากล มีการจ้างผู้เชี่ยวชาญชาวฮอลันดา คือ นายโฮมัน แวน เดอ ไฮด์ (Homan Van de Heide) เพื่อวางแผนพัฒนาระบบชลประทานในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา หากแต่ไม่ได้มีการก่อสร้างโครงการใด ๆ ตามแผนดังกล่าวด้วยข้อจำกัดทางเศรษฐกิจในสมัยนั้น ถึงอย่างไรการพัฒนาระบบชลประทานยังคงมีการวางแผน และดำเนินโครงการต่อมาอย่างต่อเนื่องหลังจากสมัยรัชกาลที่ 5 (Jarupongsakul and Kaida, 2000; กรมชลประทาน, 2545)



ภาพที่ 2-32 ผังแนวคิดการพัฒนาการชลประทานของ โทมัน แวน เดอ ไฮต์

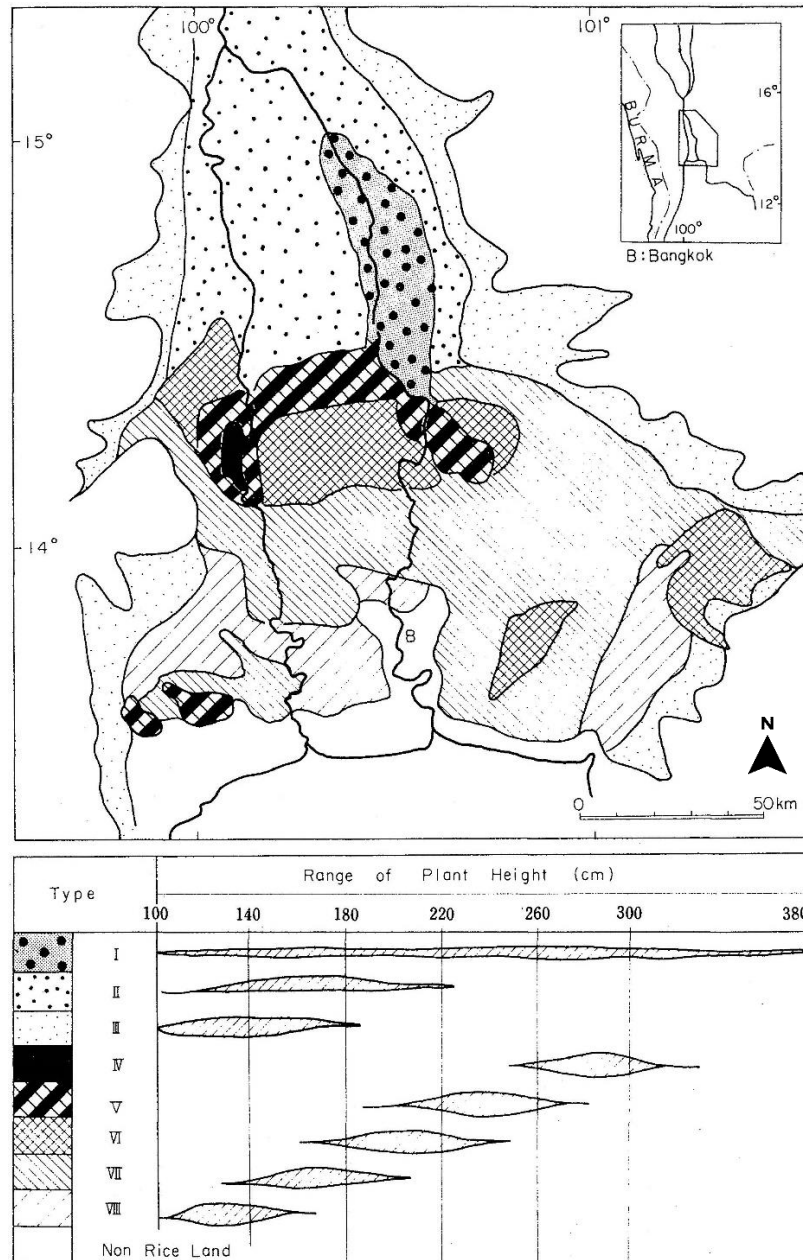
(Takaya, 1987, p. 222)

การพัฒนาที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยาในเวลาดังกล่าวข้างต้นนั้น เป็นเพียงการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพื่อให้เหมาะต่อการอยู่อาศัย มนุษย์ปรับตัวให้ สามารถดำรงชีวิตอยู่ในพื้นที่บริเวณนี้โดยการปลูกข้าวน้ำลึก ซึ่งการปลูกข้าวนั้นมี มาตั้งแต่ก่อนที่จะมีการก่อสร้างระบบจัดการน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำ เจ้าพระยา จวบจนกระทั่งในช่วงสมัยรัชกาลที่ 4 ถึง รัชกาลที่ 5 ที่ประเทศไทยเริ่ม มีการส่งออกข้าว มีการทำระบบชลประทาน ขยายพื้นที่เพาะปลูก ข้าวที่ส่งออก ส่วนใหญ่ก็น่าจะยังคงเป็นข้าวน้ำลึก (Catling, 1999)



ภาพที่ 2-33 การกระจายตัวของข้าวน้ำลึกในประเทศไทย

(Catling, 1999, p. 287)

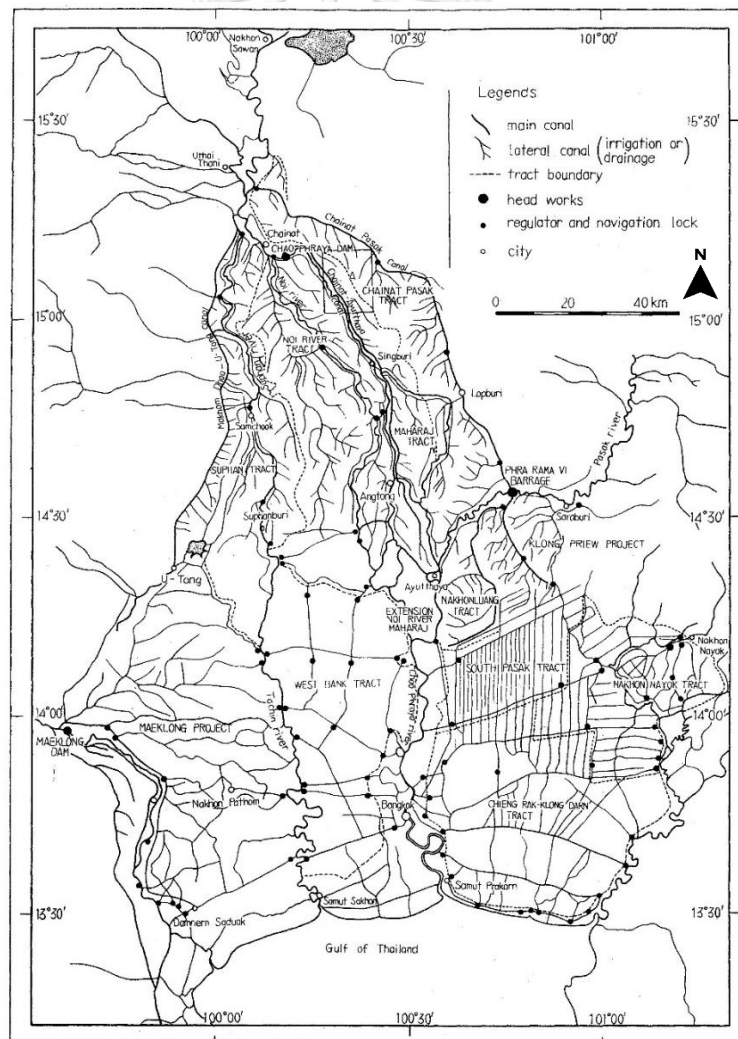


ภาพที่ 2-34 ความสูงของข้าวในแต่ละพื้นที่ซึ่งสัมพันธ์กับความลึกของน้ำหลากขัง (Takaya, 1987, p. 139)

การพัฒนาที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยาที่นับว่าเป็นการเปลี่ยนแปลง ภูมิทัศน์ที่ส่งผลต่อระบบการไหลของน้ำ (Flow or Hydraulic Regimes) คือ โครงการชลประทานป่าสักใต้ที่ส่งผลให้พื้นที่ทุ่งรังสิตจากที่เคยรับเพียงน้ำฝน และ น้ำเอ่อล้นจากแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำบางปะกง มารับน้ำที่ผันจากแม่น้ำป่าสัก ทางคลองระพีพัฒน์แทน อีกทั้งยังส่งผลน้ำที่เคยถูกกักบริเวณตอนกลางหรือ

ตอนล่างของที่ราบน้ำท่วมถึงถูกระบายสู่ทะเลเร็วขึ้น (Jarupongsakul and Kaida, 2000)

ภายหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีการดำเนินโครงการเจ้าพระยาใหญ่ (The Greater Chao Phraya Project) ประกอบกับการสร้างเขื่อนในพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำเจ้าพระยา คือ เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ นับเป็นการเปลี่ยนระบบน้ำตามธรรมชาติของพื้นที่ไปเป็นอย่างมาก เพื่อพัฒนาการชลประทาน ส่งผลทำให้ฤดูน้ำมากและน้ำน้อยตามธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป (Molle et al., 1999; ศรีศักร วัลลิโภดม, 2560) นอกเหนือจากนั้นยังมีการก่อสร้างโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมเป็นคันกันน้ำล้นจากแม่น้ำเจ้าพระยาเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก (Jarupongsakul and Kaida, 2000)



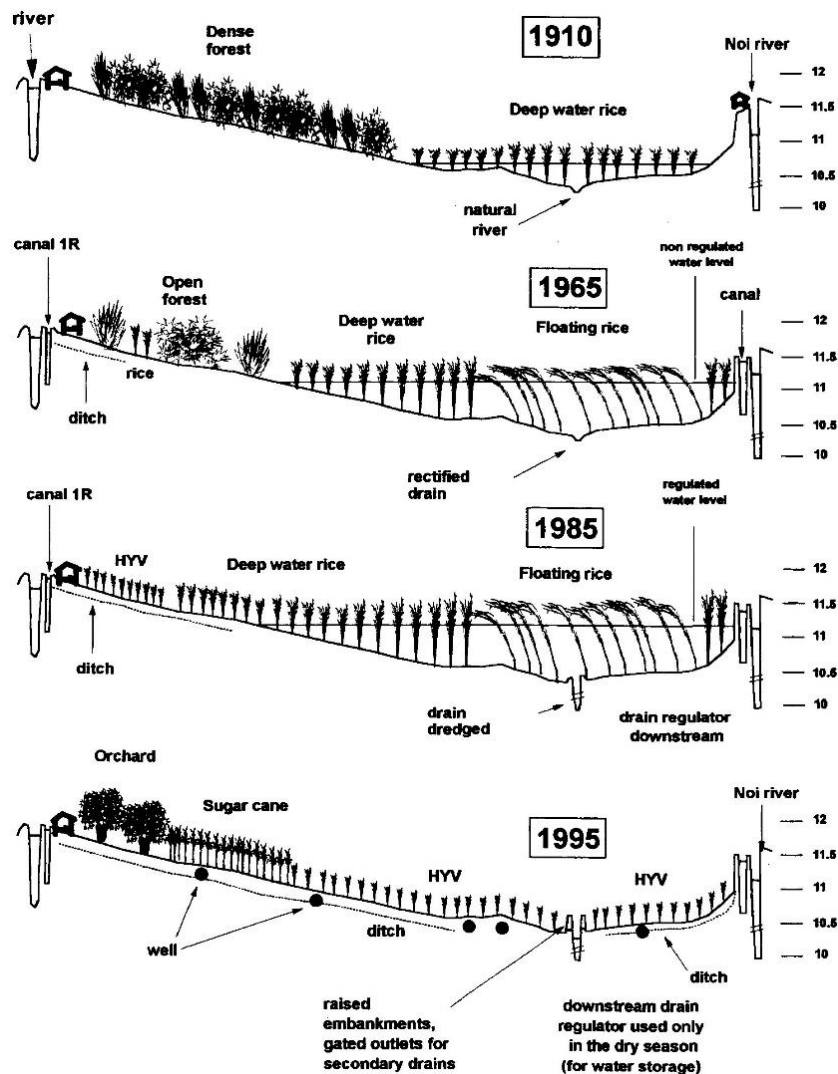
ภาพที่ 2-35 ทางน้ำในพื้นที่โครงการเจ้าพระยาใหญ่

(Takaya, 1987, p. 239)

การก่อสร้างเขื่อนเจ้าพระยา และระบบชลประทานสมัยใหม่ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นส่งผลทำให้พื้นที่ที่เคยเพาะปลูกข้าวน้ำลึกเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ การทำนาเปลี่ยนจากการปลูกข้าวน้ำลึกมาเป็นการทำนาชลประทานแทน (Catling, 1999)

จากการศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998) ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า บริเวณด้านทิศใต้ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรรทัดดีกับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาชั้นสูตร การศึกษานี้นำเสนอการเปลี่ยนแปลงของการทำเกษตรกรรมในพื้นที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของน้ำในพื้นที่

แต่เดิมนั้นพื้นที่บริเวณนี้จะรับน้ำหลากมาจากแม่น้ำน้อย ซึ่งระดับความลึกของน้ำที่ล้นเข้าบริเวณที่เป็นที่ลุ่มสามารถปลูกข้าวน้ำลึก (Deep Water Rice) ได้ ต่อมาเมื่อมีคลองชลประทาน แต่ยังไม่มีการควบคุมระดับน้ำ น้ำปริมาณมากจากพื้นที่ตอนเหนือไหลเข้ามาในพื้นที่ ทำให้ระดับน้ำในพื้นที่สูงกว่าแต่ก่อน เกษตรกรต้องเปลี่ยนจากการปลูกข้าวน้ำลึกมาเป็นข้าวฟางลอย (Floating Rice) แทน และเริ่มขยายพื้นที่นาข้าว เมื่อมีการก่อสร้างอาคารบังคับน้ำ (Regulator) เพื่อควบคุมระดับน้ำ จึงเริ่มมีการปลูกข้าวพันธุ์ให้ผลผลิตสูง (High Yield Variety) ผสมกับการปลูกข้าวน้ำลึก ข้าวฟางลอยตามเงื่อนไขของภูมิภาคและระดับน้ำ และท้ายที่สุดเมื่อมีการจัดการน้ำ ควบคุมระดับน้ำในพื้นที่ทั้งหมด การเกษตรจึงเปลี่ยนไปปลูกข้าวพันธุ์ให้ผลผลิตสูงทั้งหมด



ภาพที่ 2-36 การเปลี่ยนแปลงการทำเกษตรกรรมตามการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของน้ำในพื้นที่

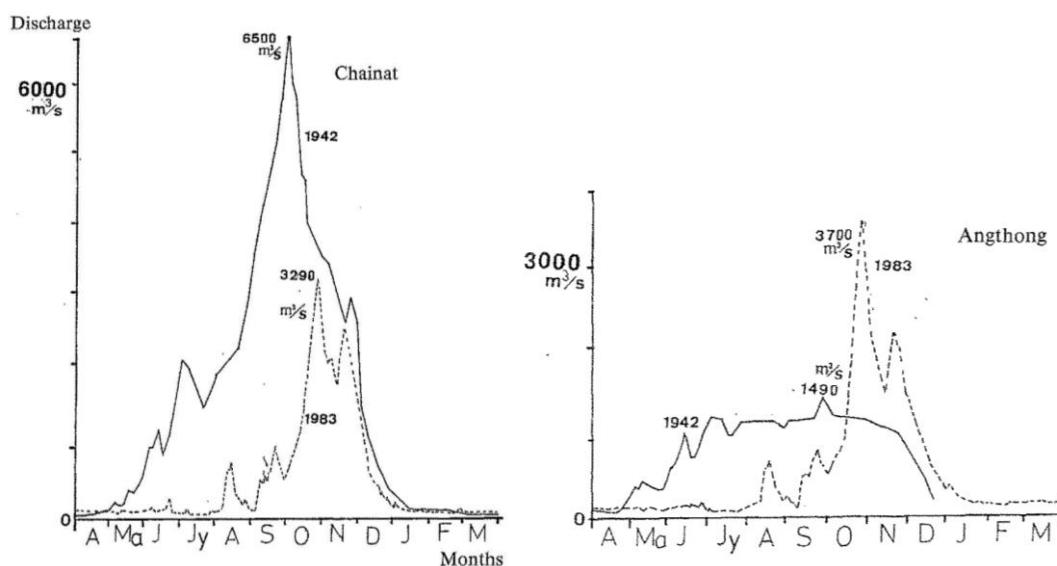
(Molle and Keawkulaya, 1998, p. 36)

จากพื้นที่ศึกษาที่ Molle and Keawkulaya (1998) ได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของน้ำโดยการผันส่งน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าจากการก่อสร้างเขื่อนชัยนาทไว้ว่า

“การผันส่งน้ำไปตามคลองชลประทานนั้นเป็นประโยชน์ต่อพื้นที่ที่อยู่สูง แต่กลับส่งผลเสียต่อพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่า ซึ่งมีศักยภาพในการระบายน้ำต่ำ ไม่สามารถที่จะรับปริมาณน้ำที่มากเกินไปได้”

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Haruyama (1993) ที่นำเสนอข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลน้ำท่าของจังหวัดชัยนาทกับจังหวัดอ่างทองในช่วงก่อนและหลังการก่อสร้างเขื่อนเจ้าพระยาพบว่าจากที่ปกติระดับน้ำท่าสูงสุดในช่วงฤดูฝนของ

จังหวัดชัยนาทจะสูงกว่าที่จังหวัดอ่างทอง แต่หลังจากมีการสร้างเขื่อนเจ้าพระยา ระดับน้ำท่าสูงสุดในช่วงฤดูฝนของจังหวัดอ่างทองมีระดับที่สูงกว่า



ภาพที่ 2-37 กราฟน้ำท่าจังหวัดชัยนาทและจังหวัดอ่างทอง ปี ค.ศ. 1942 และปี ค.ศ. 1983
(Haruyama, 1993, pp. 328,333)

จากการศึกษาของทั้ง Molle and Keawkulaya (1998) และ Haruyama (1993) ซึ่งให้ว่าการดำเนินการก่อสร้างเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนป้องกันตลิ่ง และโครงสร้างอื่น ๆ มีผลทำให้ระบบน้ำในพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยโครงสร้างคันป้องกันน้ำท่วมตามแนวแม่น้ำและทางน้ำ รวมถึงการทำพื้นที่ปิดล้อมในพื้นที่เกษตร ทำให้น้ำไม่สามารถเอ่อล้นเข้าสู่ที่ราบซึ่งเป็นเสมือนพื้นที่กันชน (Buffer Area) ที่ให้น้ำหลากสามารถเข้าไปอยู่และไหลออกไปได้ ประกอบกับการสร้างคันต่าง ๆ เช่น ถนน ซึ่งไปขวางทางน้ำไหล ทำให้น้ำหลากไม่สามารถไหลระบายออกได้

2.3. ทฤษฎีเพื่อกำหนดวิธีการวิจัย

จากคำถามการวิจัยครั้งนี้ที่ต้องการศึกษาทำความเข้าใจโครงสร้างและพลวัตของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และบ่งชี้ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา รวมไปถึงศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้สามารถตอบคำถามในการวิจัยได้ จึงต้องกำหนดวิธีการวิจัยที่เหมาะสม โดยวิธีวิจัยที่เลือกมาใช้นั้นมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1. ทฤษฎีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการรับรู้จากระยะไกล

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) และการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) เป็นองค์ประกอบของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ที่นำมาใช้เพื่อการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่นำไปใช้ในการวางแผน และการตัดสินใจ (สุเพชร จิระจรกุล, 2560)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึก จัดเก็บ จัดการ และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบของแผนที่ หรือข้อมูลดิจิทัล โดยในการใช้งานนั้นจะต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งหากเป็นแผนที่กระดาษจะต้องมีการจัดการกับแผนที่เพื่อให้มีการอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) ที่ถูกต้องก่อน เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปงานต่อไป (สุเพชร จิระจรกุล, 2560)

ข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้นมี 2 รูปแบบ คือ 1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนวัตถุ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลก โดยมีการจัดเก็บข้อมูลรูปแบบตารางกริดหรือแรสเตอร์ (Raster) และรูปแบบข้อมูลเชิงเส้น (Vector) และ 2) ข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Data) ซึ่งเป็นข้อมูลแสดงคุณลักษณะของวัตถุ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นบนโลก (สุเพชร จิระจรกุล, 2560)

ในการศึกษาด้านภูมิศาสตร์ในระยะแรกเริ่มนั้นการจัดทำข้อมูลต่าง ๆ ได้มาจากการสำรวจภาคสนาม (Field Survey) จัดทำเป็นแผนที่เพื่อแสดงตำแหน่งสิ่งต่าง ๆ อ้างอิงกับตำแหน่งที่เป็นจริงบนพื้นโลก ต่อมาได้มีการนำระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) เข้ามาใช้ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นมาตรฐานสากล ในขณะที่เดียวกันก็ได้มีการพัฒนาวิธีการสำรวจโดยไม่ต้องลงภาคสนาม ขึ้นมาควบคู่กัน เรียกว่า การรับรู้จากระยะไกล

การรับรู้จากระยะไกล เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์บนพื้นโลก โดยไม่มีการเข้าถึงวัตถุเป้าหมาย ซึ่งข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน และใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลที่อาศัยพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อกลางในการนำมาซึ่งข้อมูล โดยมีคุณสมบัติ 3 อย่าง (จรัญธร บุญญานภาพ, 2557; สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559; สมพร สง่าวงศ์, 2552) คือ

1. การสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral Characteristics)
2. ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นโลก (Spatial Characteristics)
3. การเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (Temporal Characteristics)

จากคุณสมบัติของข้อมูลที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลนั้น ทำให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และแปลตีความได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ข้อมูล

2.3.2. ทฤษฎีการแปลตีความข้อมูลด้วยเว็ยมด้วยตาเปล่า

การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม เป็นวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม โดยการแปลความหมายของกลุ่มจุดภาพ (Group of Pixel) ที่มีขนาดรูปร่าง (Size and Shape) ระดับสีหรือสี (Tone or Color) เนื้อภาพ (Texture) รูปแบบการจัดเรียงของวัตถุ (Pattern or Structure) และความแน่นทึบที่แตกต่างกัน

การแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยตาเปล่า (Visual Interpretation) มักจะประมวลและตีความข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเข้ากับข้อมูลอื่น ๆ โดยในการแปลตีความจำแนกความแตกต่าง มีองค์ประกอบที่นำมาใช้ในการพิจารณา (จรัณธรมบุญญานภาพ, 2557) ดังนี้

1. ระดับความเข้มของสีและสี

วัตถุแต่ละประเภทบนพื้นโลกจะสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต่างกัน เช่น ฝิวน้ำจะสะท้อนแสงต่ำที่สุด จึงแสดงผลออกมาเป็นสีดำ

2. ระดับความหยาบละเอียดหรือเนื้อภาพ

ความแตกต่างกันของสภาพพื้นผิว ช่วยในการจำแนกวัตถุที่มีค่าการสะท้อนแสงที่เหมือนกัน ออกจากกัน เช่น พื้นที่ป่ากับสวนยางพาราที่อาจมีระดับความเข้มและสีใกล้เคียงกัน แต่สวนยางพาราจะมีพื้นผิวที่สมำเสมอกว่า

3. การเกิดเงา (Shadow)

การเกิดเงาในภาพช่วยให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านธรณีสารสนเทศ แต่ก็มีข้อเสียคือสูญเสียข้อมูลบางอย่างที่ถูกเงาบดบัง

4. รูปร่าง (Shape)

ลักษณะที่ปรากฏตามรูปร่างของสภาพพื้นผิว ซึ่งเป็นภาพที่มองเห็นจากด้านบน ซึ่งจะมีความแตกต่างจากรูปร่างที่เห็นโดยทั่วไปจากบนพื้นดิน

5. ขนาด (Size)

ขนาดที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมนั้นจะมีความสัมพันธ์กันกับความสูงในการโคจรของดาวเทียม ดังนั้นในการแปลตีความจึงต้องทราบถึงมาตราส่วนของภาพถ่ายดาวเทียมด้วย

6. รูปแบบการจัดเรียงตัว (Pattern or Structure)

รูปแบบการเรียงตัวสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ โดยใช้ระวางว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น

7. ความสัมพันธ์กับตำแหน่งและสิ่งข้างเคียง (Location and Environmental)

องค์ประกอบนี้เป็นตัวช่วยประกอบการตัดสินใจ ด้วยวัตถุบางอย่างจะพบอยู่ในภูมิประเทศที่มีความเฉพาะ ดังนั้นสภาพแหล่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์จะช่วยในการวิเคราะห์ได้ชัดเจนขึ้นว่าวัตถุนั้นเป็นอะไร

ในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยตาเปล่านั้นก่อนที่จะทำการแปลตีความได้จะต้องมีการปรุงแต่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หรือเน้นภาพ (Image Enhancement) ก่อนเพื่อให้ภาพเกิดความชัดเจนมากขึ้นและง่ายต่อการแปลตีความ (จรัณร บุญญาภาพ, 2557; สมพร สง่างศ์, 2552) ซึ่งเป็นการเน้นข้อมูลเชิงคลื่น (Spectral Enhancement) สามารถทำได้หลายวิธี โดยการวิจัยนี้เลือกใช้การผสมสีภาพถ่ายดาวเทียม และการคำนวณดัชนีเชิงคลื่น (Spectral Indices)

การผสมสีภาพถ่ายดาวเทียม (Band Composition) เป็นการเน้นภาพโดยสร้างสีขึ้นมาใหม่จากข้อมูลหลายช่วงคลื่น โดยการนำช่วงคลื่น 3 ช่วงคลื่นมาซ้อนกันโดยใช้แม่สี 3 สี คือ สีแดง เขียว และน้ำเงิน เมื่อนำมาซ้อนทับกันจะได้ภาพสีผสม (Color Composite Image) ซึ่งการผสมสีภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1 สีผสมของดาวเทียม Landsat ระบบ TM และ ระบบ ETM+

(ดัดแปลงจาก จรัณร บุญญาภาพ, 2557)

| ช่วงคลื่น / R G B | คุณสมบัติ |
|-------------------|---|
| 1 2 3 | สีธรรมชาติ (Natural Color) คือ พืชพรรณเป็นสีเขียว ใช้ศึกษาความชุ่มชื้นของตะกอน น้ำตื้น และพื้นที่ชายฝั่ง |
| 2 3 4 | ให้สีผสมเท็จมาตรฐาน (Standard False Color) พืชพรรณปรากฏเป็นสีแดง น้ำเป็นสีน้ำเงิน และพื้นที่เปิดโล่งเป็นสีขาว |
| 3 4 5 | พืชพรรณเป็นสีเขียว ให้รายละเอียดความแตกต่างของความชื้นดิน ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืชพรรณ |
| 3 5 4 | พืชพรรณเป็นสีแดงและสีส้ม แสดงขอบเขตพื้นดินและน้ำ แยกป่าชายเลน (สีส้ม) ออกจากป่าปก (สีแดง) ให้ลักษณะคลองระบายน้ำ |
| 2 5 4 | พืชพรรณสีแดง แยกพื้นที่สวนยางพารา (สีส้มและชมพู) ได้ชัดเจน |
| 7 5 4 | พืชพรรณสีแดงให้รายละเอียดความชื้นที่แตกต่างตามลักษณะพื้นที่ |
| 1 2 4 | พืชพรรณสีแดง ให้รายละเอียดตะกอนชุ่มบริเวณชายฝั่ง |

การคำนวณดัชนีเชิงคลื่น เป็นวิธีการเน้นภาพถ่ายดาวเทียมด้วยใช้การปฏิบัติการระหว่างช่วงคลื่น (Band Operation) โดยการคำนวณ เช่น การคำนวณอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น (Band-to-Band Ratio) การนำช่วงคลื่นมาลบกัน (Subtraction) การนำช่วงคลื่นมาทำสัดส่วนกันและลบกัน (Image Differencing)

สำหรับการวิจัยครั้งนี้้นำการคำนวณดัชนีเชิงคลื่นมาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเน้นข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง (Built-up Area) โดยดัชนีที่ใช้ในการเน้นข้อมูลประเภทสิ่งปลูกสร้างนั้นมีอยู่หลากหลาย เช่น Normal Difference Built-up Index (NDBI), New Built-up Index (NBI) และเนื่องด้วยข้อจำกัดที่สำคัญของการจำแนกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างจากการคำนวณดัชนีนั้น ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถแยกพื้นที่สิ่งปลูกสร้างออกจากผิวดินเปล่า (Bared Soil) ได้ จึงทำให้มีการพัฒนาขึ้นมาโดยตลอดเพื่อให้สามารถจำแนกสิ่งปลูกสร้างออกจากดินเปล่าได้ โดยในปัจจุบันจากการทบทวนงานศึกษาและทดลองใช้ค่าดัชนีพบว่า ดัชนีทั่วไปของสิ่งปลูกสร้าง (Normalized Built-up Area Index: NBAI) ซึ่งพัฒนาโดย Waqar et al. (2012) เป็นดัชนีที่สามารถจำแนกสิ่งปลูกสร้างออกจากดินเปล่าได้ชัดเจนที่สุด

ดัชนี NBAI เป็นดัชนีที่ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน และช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีเขียว มาทำสัดส่วนและลบกัน ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณจะอยู่ในช่วง -1 ถึง 0 แต่เนื่องจากการใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรด และช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีเขียวมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งผิวน้ำเองก็สะท้อนช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีเขียวได้ดีเช่นเดียวกัน จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ผิวน้ำจะถูกทำให้เด่นชัดขึ้นมาเช่นกัน ดังนั้นก่อนการคำนวณด้วยดัชนี NBAI จึงต้องทำการตัดข้อมูลน้ำออกไปก่อน (Waqar et al., 2012) โดยในการนี้จึงนำเอาดัชนีความแตกต่างทั่วไปของน้ำ (Normalized Difference Water Index: NDWI) มาใช้ด้วย

ดัชนี NDWI เป็นดัชนีที่ใช้เน้นข้อมูลผิวน้ำ นำเสนอโดย McFeeters ในปี ค.ศ. 1996 โดยการใช้ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีเขียว และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาทำสัดส่วนและลบกัน ซึ่งค่าที่ได้ออกมา ผิวน้ำ จะมีค่าเป็นบวก ในขณะที่พืชพรรณและผิวดินจะมีค่าเป็นศูนย์หรือเป็นลบ (Xu, 2006)

2.3.3. ทฤษฎีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา มีความจำเป็นต้องทำการจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินเพื่อให้เห็นข้อมูลที่ชัดเจนเมื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาที่น่ามาใช้ในการศึกษา

การจำแนกข้อมูล (Classification) คือ การลำดับหรือจัดเรียงข้อมูลให้เป็นกลุ่มบนพื้นฐานความสัมพันธ์ของข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยชื่อประเภทหรือเกณฑ์ในการจำแนก การจำแนกจึงสัมพันธ์กับความหมายของขอบเขตซึ่งควรมีความชัดเจนและแม่นยำ เช่น ขอบเขตเชิงปริมาณ โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการจำแนก (Gregorio and Jansen, 2000 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559)

การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งระบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยส่วนใหญ่นั้นถูกพัฒนามาใช้ร่วมกับข้อมูลภาพที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกล (Cadenasso et al., 2013 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) โดยการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินด้วยภาพจากการรับรู้จากระยะไกลเป็นการจัดกลุ่มจุดภาพ เพื่อแสดงถึงลักษณะของโครงสร้างทางกายภาพของภูมิทัศน์ หรือ สิ่งปกคลุมผิวดิน เช่น อาคาร ต้นไม้ ซึ่งจะแตกต่างจากการจำแนกการใช้ที่ดินที่เป็นการอธิบายลักษณะการครองครอง จัดการโดยมนุษย์ที่เกิดขึ้นบนผิวดิน เช่น พื้นที่พักอาศัย พื้นที่พาณิชยกรรม (Cadenasso et al., 2013; Gregorio and Jansen, 2000 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559)

การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายระบบ แต่ระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินอื่น ๆ มีตัวอย่างดังต่อไปนี้ (มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559)

1. ระบบยูเอสจีเอส (The United States Geological Survey: USGS)

เป็นระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมผิวดิน (LULC) ตามหลักเกณฑ์ของ Anderson et al. ที่เสนอในปี ค.ศ. 1976 โดยทำการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินเป็น 2 ระดับ โดยระดับแรกจำแนกออกเป็น 9 กลุ่ม ประกอบด้วย

- 1) เมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up Area)
- 2) พื้นที่เกษตรกรรม (Agriculture Area)
- 3) ทุ่งหญ้า (Range Land)
- 4) ป่าไม้ (Forest)
- 5) แหล่งน้ำ (Water)
- 6) พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland)
- 7) ที่โล่งหรือที่ว่าง (Barren Land)

8) พื้นที่ปกคลุมด้วยหิมะหรือน้ำแข็งชั่วคราว (Perennial Snowfields)

9) พื้นที่ในเขตทุนดรา (Tundra)

จากการแบ่งกลุ่มในระดับที่ 1 จะถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ ในระดับที่ 2 เช่น ระดับที่ 1 เมืองและสิ่งปลูกสร้าง จะแบ่งย่อยในระดับที่ 2 เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัย พื้นที่พาณิชยกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม

นอกจากการจำแนกตามหลักเกณฑ์ของ Anderson et al. ที่เสนอในปี ค.ศ. 1976 แล้วยังการจำแนกตามหลักเกณฑ์ของ Ellis et al. ที่เสนอในปี ค.ศ. 2000 เรียกว่าระบบ LU/LC-ecotope ที่มีลักษณะคล้ายกับของ Anderson แต่จะมีการแบ่งที่ละเอียดกว่า เช่น พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง เมื่อแบ่งตามลักษณะการใช้ที่ดินแล้วจะแบ่งย่อยอีกตามลักษณะสิ่งปกคลุมผิวดิน

2. ระบบการจำแนกโดยใช้แผนที่เขตชีวชาติ (Biotope Mapping)

เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้พัฒนาพื้นที่เมืองและการวางแผนภาคและเมือง โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสิ่งมีชีวิตหรือถิ่นอาศัยที่น่าสนใจ (Sukopp and Weiler, 1988 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559)

3. ระบบ Potentially Rating Index for Zip code Markets (PRIZM)

ระบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินที่เน้นลักษณะกลุ่มทางสังคม เป็นการทำให้แผนที่การกระจายตัวของกลุ่มสังคมต่าง ๆ เพื่ออธิบายความหลากหลายของภูมิภาคในทางสังคม โดยใช้ข้อมูลความหนาแน่นของประชากร (จำแนกระดับหยาบที่สุด) เงินเดือนและการศึกษา รวมถึงรูปแบบการบริโภค (จำแนกระดับละเอียดที่สุด)

4. ระบบ High Ecological Resolution Classification for Urban

Landscapes and Environmental Systems (HERCULES)

ระบบที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและรูปแบบเชิงปริภูมิของภูมิทัศน์กับหน้าที่เชิงนิเวศ แยกความหลากหลายของภูมิทัศน์ออกเป็นผืนภูมิทัศน์ด้วยการใช้สิ่งปกคลุมผิวดิน โดยระบบ HERCULES ให้ความสนใจกับองค์ประกอบทางชีวภาพของภูมิทัศน์ซึ่งแบ่งสิ่งปกคลุมผิวดินออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับองค์ประกอบที่แบ่งได้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ อาคาร วัสดุพื้นผิว และพืชพรรณ (Ridd, 1995 อ้างถึงใน Cadenasso et al., 2013 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559) และระดับลักษณะที่แบ่งย่อยจากองค์ประกอบทั้ง 3 อย่างออกได้เป็น 6 ลักษณะ ประกอบด้วย ต้นไม้ใหญ่ ไม้พุ่มและไม้คลุมดิน ดินเปล่า (Bare Soil) พื้น

ดาตแข็ง อาคาร และกลุ่มอาคาร (Cadenasso et al., 2007 อ้างถึงใน มิ่งขวัญ นันทวิสัย, 2559)

จากรูปแบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินที่ยกตัวอย่างมาข้างต้นนี้ ด้วยจุดมุ่งหมายของการวิจัยที่ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภูมิภาคนี้ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในเชิงสิ่งปกคลุมผิวดิน และนำไปอธิบายถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ภูมิทัศน์ในลำดับต่อไป ดังนั้นรูปแบบการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินที่เหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้จึงเป็นระบบ HERCULES โดยเพิ่มเติมองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับน้ำเข้าไป และจัดกลุ่มในการจัดจำแนกใหม่ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

- 1) กลุ่มพืชพรรณและดินเปล่า ประกอบด้วยต้นไม้ใหญ่ ไม้พุ่มและไม้คลุมดิน และดินเปล่า
- 2) กลุ่มสิ่งปลูกสร้าง ประกอบด้วย อาคาร และกลุ่มอาคาร พื้นดาตแข็ง
- 3) กลุ่มแหล่งน้ำและทางน้ำ ประกอบด้วย แม่น้ำ คลอง อ่างเก็บน้ำ ผิวน้ำอื่น ๆ

2.4. ทฤษฎีเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้

2.4.1. แนวคิดการพัฒนาเมืองในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม

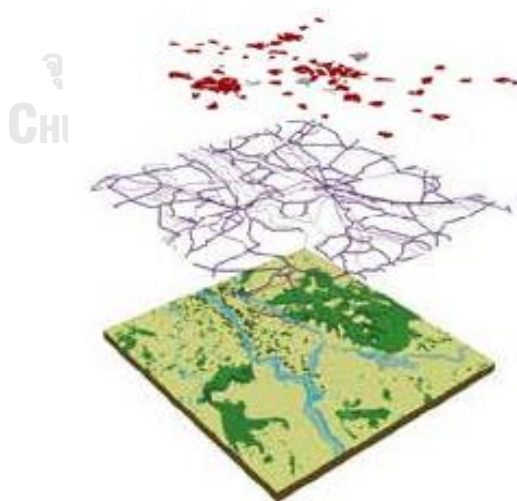
เมืองที่ตั้งอยู่บนภูมิภาคที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมนั้นล้วนมีความสลับซับซ้อน อันเนื่องมาจากลักษณะทางภูมิทัศน์และระบบนิเวศที่หลากหลาย อีกทั้งยังมีความซับซ้อนของการใช้ที่ประโยชน์ที่ดินที่สัมพันธ์กับระบบเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ครอบคลุมไปถึงมุมมองในการจัดการพื้นที่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมของหน่วยงานภาครัฐ (Meyer et al. 2010 อ้างถึงใน ตวงพร ปิตินานนท์, 2560) ซึ่งนั่นทำให้เห็นว่ามนุษย์มีอิทธิพลต่อที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเป็นอย่างมาก โดยส่งผลโครงสร้างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม (Nienhuis, 2008 อ้างถึงใน ตวงพร ปิตินานนท์, 2560)

การพัฒนาเมืองในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมนั้นสิ่งสำคัญคือการผสมผสานโครงสร้างพื้นฐาน (Integrate Infrastructure) กล่าวคือ การวางระบบที่เกี่ยวข้องกับน้ำให้เป็นส่วนสำคัญของเมืองสำหรับการป้องกันน้ำท่วมและการจัดการน้ำ โดยจะต้องมีความสมดุลของการป้องกันและการจัดการ (Meyer, 2008) โดยตัวอย่างกรณีของเนเธอร์แลนด์ที่มีการพัฒนาแนวคิดในการพัฒนาเมืองในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม จากที่เคยมีแนวคิดต่อสู้กับน้ำ (Fighting Against the Water) โดยมีหลักในการจัดการ คือ การระบาย การขุดลอก และการปรับเปลี่ยนพื้นที่ (Drain, Dredge, Reclaim) เปลี่ยนไปสู่แนวความคิดการทำงานร่วมกับธรรมชาติ (Work with Nature) ซึ่งแนวคิดนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของ

สภาพอากาศและน้ำทะเลที่สูงขึ้น (Meyer et al., 2010 อ้างถึงใน ตวงพร ปิตินานนท์, 2560)

จากแนวความคิดการทำงานร่วมกับธรรมชาติประกอบกับความซับซ้อนในการจัดการเมืองที่ต้องคำนึงถึงการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ การใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงการป้องกันน้ำท่วม จึงนำไปสู่แนวทางในการพัฒนาที่สร้างความสัมพันธ์ของการพัฒนาระบบป้องกันน้ำท่วม การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การพัฒนาเมืองที่มีศักยภาพ การจัดการภูมิทัศน์ที่ดี รวมถึงการสนับสนุนการเจริญทางด้านเศรษฐกิจ โดยแนวทางนี้เริ่มต้นจากการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนของเมือง ซึ่งภูมิสถาปนิกและนักผังเมืองประเทศเนเธอร์แลนด์ได้ทำการศึกษาและทดลองวิธีการทำความเข้าใจโดยจำแนกสิ่งแวดล้อมทางกายภาพออกเป็น 3 องค์ประกอบซ้อนกันเป็นชั้นข้อมูลประกอบด้วย (Meyer et al., 2010 อ้างถึงใน ตวงพร ปิตินานนท์, 2560)

- 1) ชั้นล่างสุด (Bottom Layer) เป็นส่วนแผ่นดินและใต้แผ่นดิน ประกอบด้วย น้ำ ดิน และชั้นหิน
 - 2) ชั้นกลาง (Middle Layer) เป็นส่วนระบบโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ที่สร้างเงื่อนไขในการอยู่อาศัย การพัฒนา กิจกรรมทางเศรษฐกิจ และการคมนาคม
 - 3) ชั้นบนสุด (Top Layer) เป็นส่วนข้อมูลกิจกรรมของมนุษย์ รูปแบบเมือง และกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้น
- โดยชั้นข้อมูล 2 ชั้นแรกนั้นจะเป็นส่วนฐานให้กับการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืนและมั่นคง



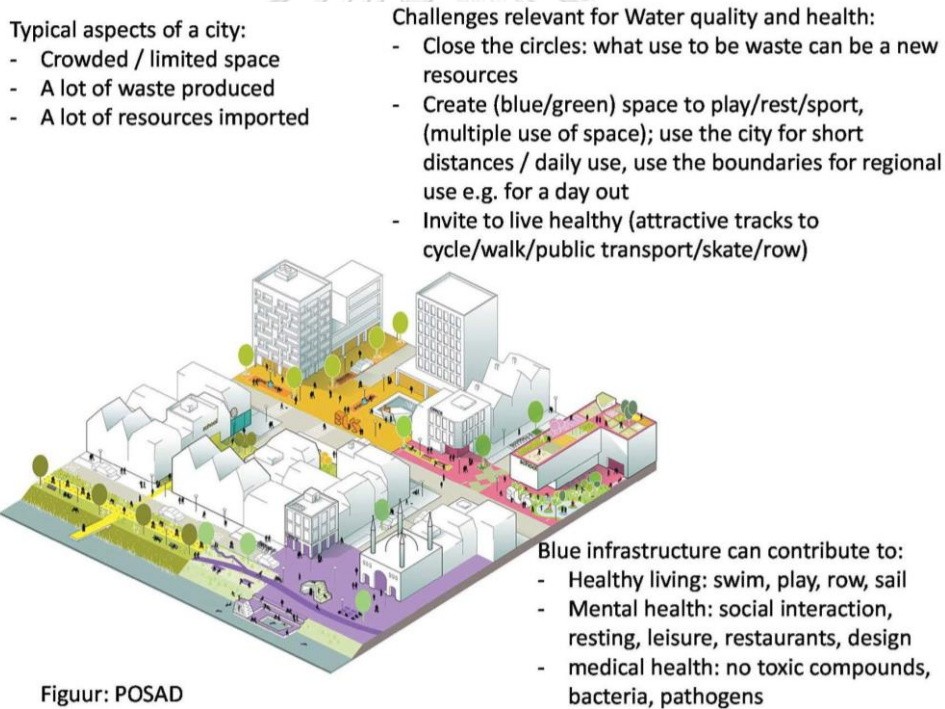
ภาพที่ 2-38 แบบจำลองการจำแนกข้อมูลเป็นชั้น ๆ เพื่อทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของเมือง
ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม

(Meyer et al., 2010, p. 9)

2.4.2. แนวคิดโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสีน้ำเงิน

โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสีน้ำเงิน หมายถึง พื้นที่สีเขียว (Green Space) และสิ่งแวดล้อมทางน้ำ (Water Environment) ที่จำเป็นต่อคุณภาพชีวิต (Quality of life) และคุณภาพของระบบนิเวศ เช่น พื้นที่ธรรมชาติและพื้นที่กึ่งธรรมชาติ เส้นทางสีเขียว เส้นทางน้ำ พื้นที่กีฬากลางแจ้ง สวนสาธารณะ (Maidstone Borough Council, 2016)

ในปัจจุบันหลาย ๆ เมืองที่ตั้งอยู่บนชายฝั่งหรือบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล รวมถึงการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เพิ่มพื้นที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่ส่งผลถึงความเสี่ยงต่อปัญหาน้ำท่วมที่เพิ่มขึ้น การวางแผนและการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวและสีน้ำเงินจะเป็นสิ่งที่จะช่วยให้เมืองสามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติและสนับสนุนนิเวศบริการที่ทำให้คนและเมืองมีสุขภาพที่ดี (Gehrels et al., 2016 อ้างถึงใน ดวงพร ปิตินานนท์, 2560)



Figuur: POSAD

ภาพที่ 2-39 ภาพจำลองเมืองที่ออกแบบบนพื้นฐานของเมืองที่สุขภาพที่ดี

(POSAD, 2014 อ้างถึงใน Gehrels et al., 2016, p. 12)

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว เป็นการออกแบบและวางผังโครงข่ายซึ่งช่วยจัดการคุณค่าทางทรัพยากรธรรมชาติและความสัมพันธ์ของนิเวศเมือง (Vanno, 2012 อ้างถึงในดวงพร ปิตินานนท์, 2560) โดยใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์มาเป็นหลักในการออกแบบวางผัง ซึ่งให้ประโยชน์ทั้งด้านนันทนาการ การเป็นพื้นที่สาธารณะ การ

สร้างความสวยงามให้กับเมือง รวมถึงการทำให้เมืองมีสุขภาวะที่ดี (Healthy City) อีกทั้งยังให้ประสิทธิผลทางด้านนิเวศบริการที่หลากหลาย (Gehrels et al., 2016 อ้างถึงใน ตวงพร ปิตินานนท์, 2560)

1) การควบคุมน้ำ (Water Regulation)

โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวช่วยลดปริมาณน้ำไหลนอง (Storm Water Runoff) ด้วยเรือนยอดของต้นไม้จะช่วยดักน้ำฝนที่ตกลงมา และในพื้นที่ที่มีพืชคลุมดินจะช่วยให้การซึมน้ำลงไปในดิน

2) การควบคุมอุณหภูมิ (Air Temperature Regulation)

พืชพรรณสามารถช่วยลดอุณหภูมิด้วยการให้ร่มเงา และคายน้ำซึ่งระเหยให้ความเย็นกับสภาพแวดล้อม

3) การควบคุมคุณภาพของอากาศ (Air Quality Regulation)

โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวช่วยเพิ่มปัจจัยในการลดมลภาวะและช่วยในการหมุนเวียนของลม ซึ่งสัมพันธ์กับชนิดพันธุ์ที่เลือกใช้และตำแหน่งในการปลูก

4) ส่งเสริมสุขภาวะทางจิต (Mental Health) และส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social Interaction)

ด้วยมนุษย์และธรรมชาตินั้นมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวให้มีพื้นที่สีเขียวใกล้กับแหล่งชุมชนและสามารถเข้าถึงได้ง่ายจะเป็นตัวกระตุ้นให้คนออกมาทำกิจกรรมภายนอกร่วมกัน

ในส่วนของการออกแบบวางผังโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินนั้น เป็นการออกแบบวางผังองค์ประกอบที่เกี่ยวกับน้ำทั้งที่เป็นธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ ลำคลอง บ่อน้ำ ท่อระบายน้ำ ระบบระบายน้ำ การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินนั้นจะต้องมีการวางแผนไว้ตั้งแต่เริ่มต้นวางแผน โดยโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินถูกนำมาผสานเข้ากับเมืองเพื่อเป็นโครงข่ายที่ช่วยป้องกันน้ำท่วม แก้ปัญหาน้ำแล้ง และรักษาคุณภาพน้ำเพื่อให้ยังคงประโยชน์ทางนิเวศบริการไว้ โดยนิเวศบริการที่โครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินให้กับเมืองนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย (Gehrels et al., 2016 อ้างถึงใน ตวงพร ปิตินานนท์, 2560)

1) สุขภาวะทางการแพทย์ (Medical Health)

ในการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินเพื่อส่งเสริมด้านสุขภาวะทางการแพทย์นั้นเป็นการคำนึงถึงประเด็นด้านมลภาวะและการปนเปื้อนของน้ำ เพื่อให้คุณภาพของน้ำทางด้านชีวภาพและเคมีอยู่ในเกณฑ์ที่คนสามารถสัมผัสน้ำได้โดยไม่เป็นอันตราย

2) สุขภาวะในการดำรงชีวิต (Living Health)

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินเพื่อส่งเสริมกิจกรรมของคน และส่งเสริมการใช้ชีวิตนั้น แหล่งน้ำจะต้องมีคุณภาพที่ใสสะอาดและมีสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมทั้งการใช้ทางน้ำเป็นเส้นทางสัญจร ควรออกแบบให้เชื่อมโยงกันเป็นโครงข่าย

3) สุขภาวะทางจิต (Mental Health)

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินนอกจากจะส่งเสริมสุขภาวะในการดำรงชีวิตแล้ว ยังส่งเสริมสุขภาวะทางจิตไปพร้อมกันด้วย เนื่องจากคนชอบที่จะอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ ทำให้เกิดความเพลิดเพลินทางจิตใจ



ภาพที่ 2-40 ตัวอย่างความสัมพันธ์เชิงนิเวศบริการของโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงิน

กับเมืองที่ส่งเสริมสุขภาวะของคน

(Gehrels et al., 2016, p. 18)

2.4.3. แนวคิดการวางแผนพัฒนาอย่างยั่งยืน

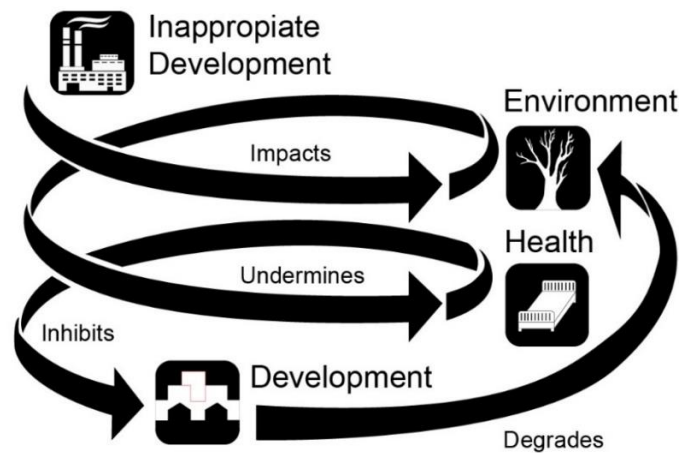
ผืนดิน ผืนน้ำ และป่าไม้เป็นทรัพยากรที่สำคัญในการดำรงชีวิตและการรักษาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ทรัพยากรธรรมชาติเหล่านี้เป็นแหล่งพื้นฐานของประโยชน์ที่ทั้งพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบทได้รับ (Eckman, 1994)

มนุษย์นำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในหลากหลายรูปแบบทั้งเป็นวัตถุดิบ ทั้งเป็นวัสดุแปรรูป ซึ่งทั้ง 2 อย่างนี้มีความสำคัญต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ความมั่นคงทาง

อาหาร รวมถึงทรัพยากรธรรมชาติฐานที่สำคัญของเศรษฐกิจแบบยั่งยืนของชนบท (Eckman, 1994)

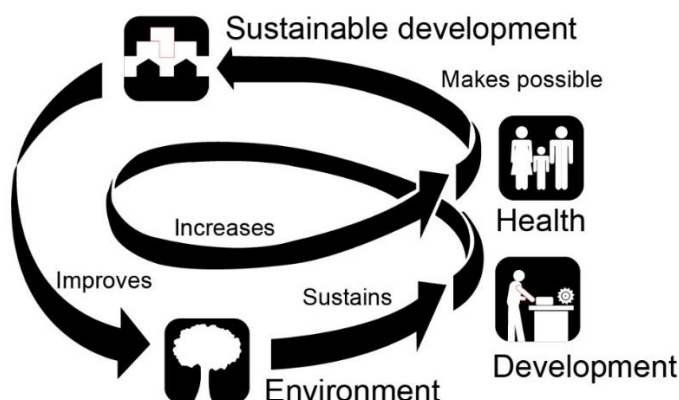
ในปัจจุบันหลาย ๆ ประเทศประสบกับปัญหาการลดลงของฐานทรัพยากร ซึ่งสาเหตุที่ทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงและเสื่อมโทรมลงนั้นสามารถพิจารณาได้หลายระดับตั้งแต่ระดับโลก ระดับประเทศ จนถึงระดับพื้นที่แต่ละบุคคล (Commonwealth Secretariat, 1992 อ้างถึงใน Eckman, 1994) โดยสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แหล่งทรัพยากรเสื่อมโทรมลง ก็คือ นโยบายการพัฒนาต่าง ๆ ที่ผ่านมาโดยไม่มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ทำให้พื้นที่ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งผลิตอาหาร เช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ ลดลง (Eckman, 1994)

THE DESCENDING SPIRAL



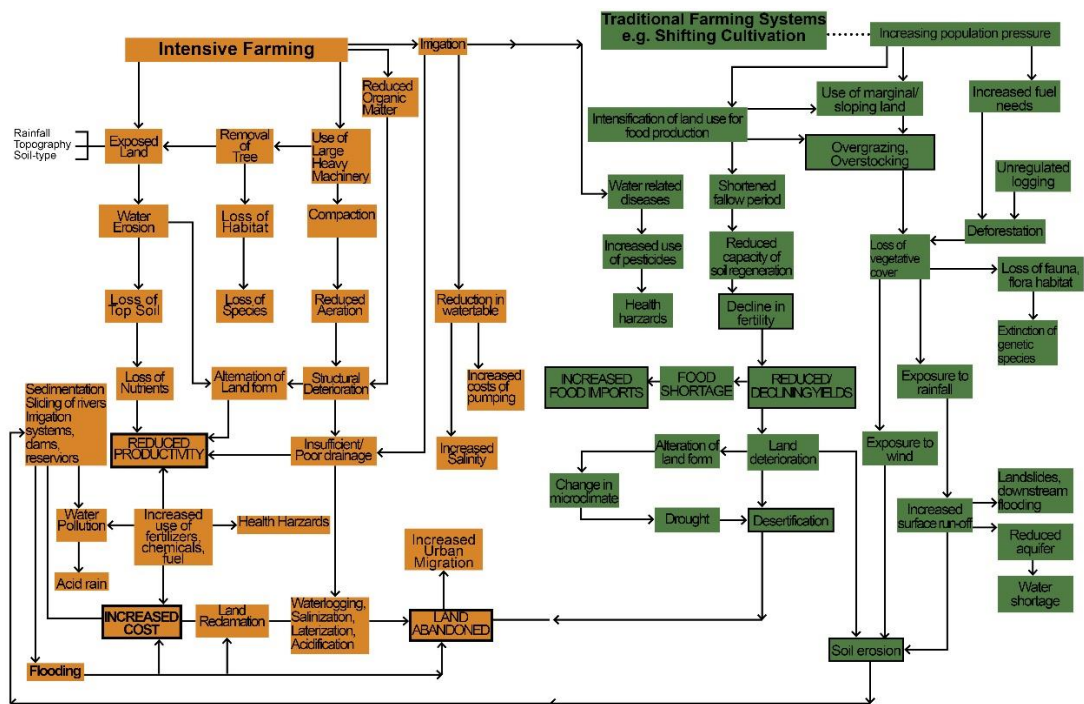
ภาพที่ 2-41 ลักษณะการพัฒนาที่ทำลายความมั่นคงของสิ่งแวดล้อม (ดัดแปลงจาก UNEP, in Rodda 1991 อ้างถึงใน Eckman, 1994)

THE ASCENDING SPIRAL



ภาพที่ 2-42 ลักษณะการพัฒนาที่ส่งเสริมต่อความมั่นคงของสิ่งแวดล้อม
(ดัดแปลงจาก UNEP, in Rodda 1991 อ้างถึงใน Eckman, 1994)

การวางแผนพัฒนาอย่างยั่งยืนนั้นต้องคิดวางแผนในการใช้ทรัพยากรเชื่อมโยงกัน ในทุกระดับตั้งแต่ระดับโลกจนถึงระดับท้องถิ่น เพราะการใช้ทรัพยากรอย่างไม่เหมาะสม ไม่ยั่งยืนในที่หนึ่ง ๆ นั้นสามารถส่งผลกระทบต่อชุมชน หรือเมืองที่อยู่ข้างเคียง แม้กระทั่ง ประเทศข้างเคียงโดยผลกระทบนั้นมาในรูปแบบของมลภาวะทางอากาศ มลภาวะทางน้ำ



ภาพที่ 2-43 แผนภูมิอธิบายการเปรียบเทียบผลของการทำเกษตรแบบใหม่ และการทำเกษตรแบบดั้งเดิม
(ดัดแปลงจาก FAO, 1991j อ้างถึงใน Eckman, 1994)

2.5. สรุปทฤษฎีและกรอบแนวคิดการวิจัย

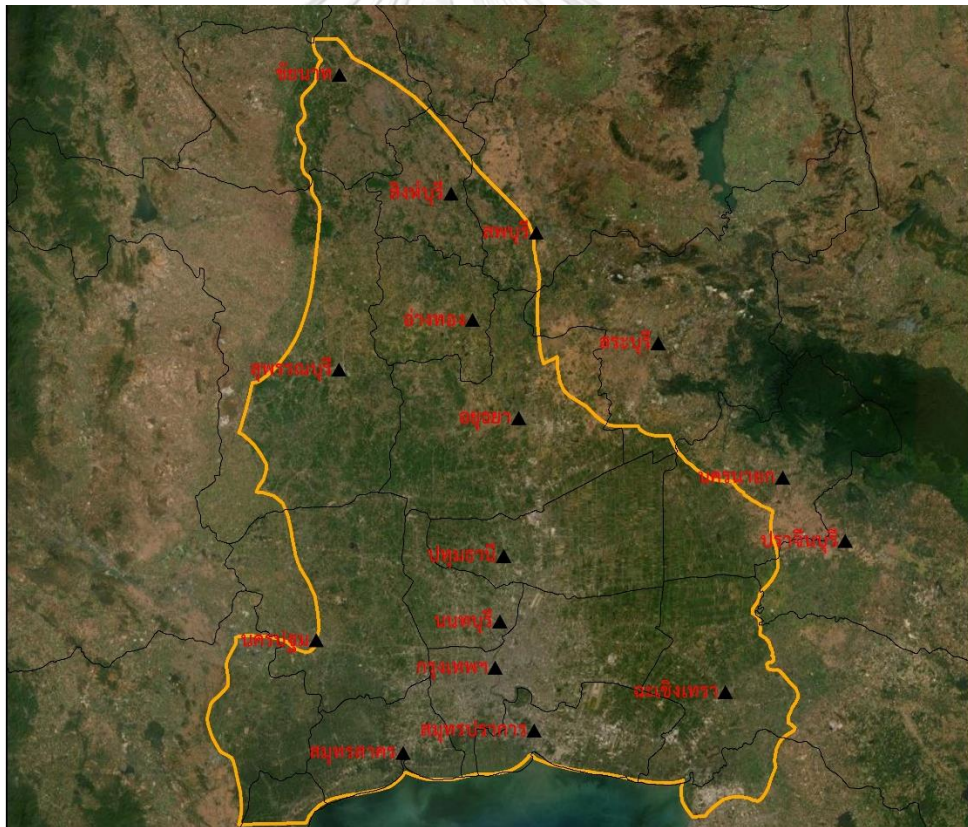
ในการวิจัยเพื่อศึกษาโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และการศึกษากการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น อาศัยทฤษฎีภูมินิเวศเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจภูมิทัศน์โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ โครงสร้างภูมิทัศน์ หน้าที่ภูมิทัศน์ และการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติหรือพลวัตภูมิทัศน์ เมื่อเข้าใจและสามารถอธิบายได้แล้วว่าภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาคืออะไร จึงทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของคนกับภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งการอธิบายความสัมพันธ์ของคนกับภูมิทัศน์นั้นเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือการปรับตัวของคนกับภูมิทัศน์ และการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ที่เกิดจากการกระทำของคนซึ่งส่งผลถึงโครงสร้างและพลวัตของ

ภูมิทัศน์ เมื่อทำการศึกษาศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่ได้มาคือปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งจะนำไปสู่ข้อเสนอแนะแนวทางในการจัดการกับปัญหา โดยในการวิจัยนี้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการรับรู้จากระยะไกลเข้ามาช่วยในการวิจัยในแต่ละชั้นการวิจัย



บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นการศึกษาในระดับภูมิภาค (Regional Scale) ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นเป็นส่วนหนึ่งของลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา (Chao Phraya Basin) บริเวณตอนล่างของลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา (Takaya, 1987) ในเขตที่ราบภาคกลางตอนล่างโดยที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นมีจุดเริ่มต้นที่จังหวัดชัยนาทบริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มแยกออกเป็นสายย่อย แต่พื้นที่ออกเป็นลักษณะสามเหลี่ยม (Sinsakul, 2000) โดยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 11 จังหวัด ประกอบด้วย ชัยนาท, สิงห์บุรี, อ่างทอง, สุพรรณบุรี, อยุธยา, นครปฐม, นนทบุรี, ปทุมธานี, กรุงเทพมหานคร, สมุทรปราการ และสมุทรสาคร

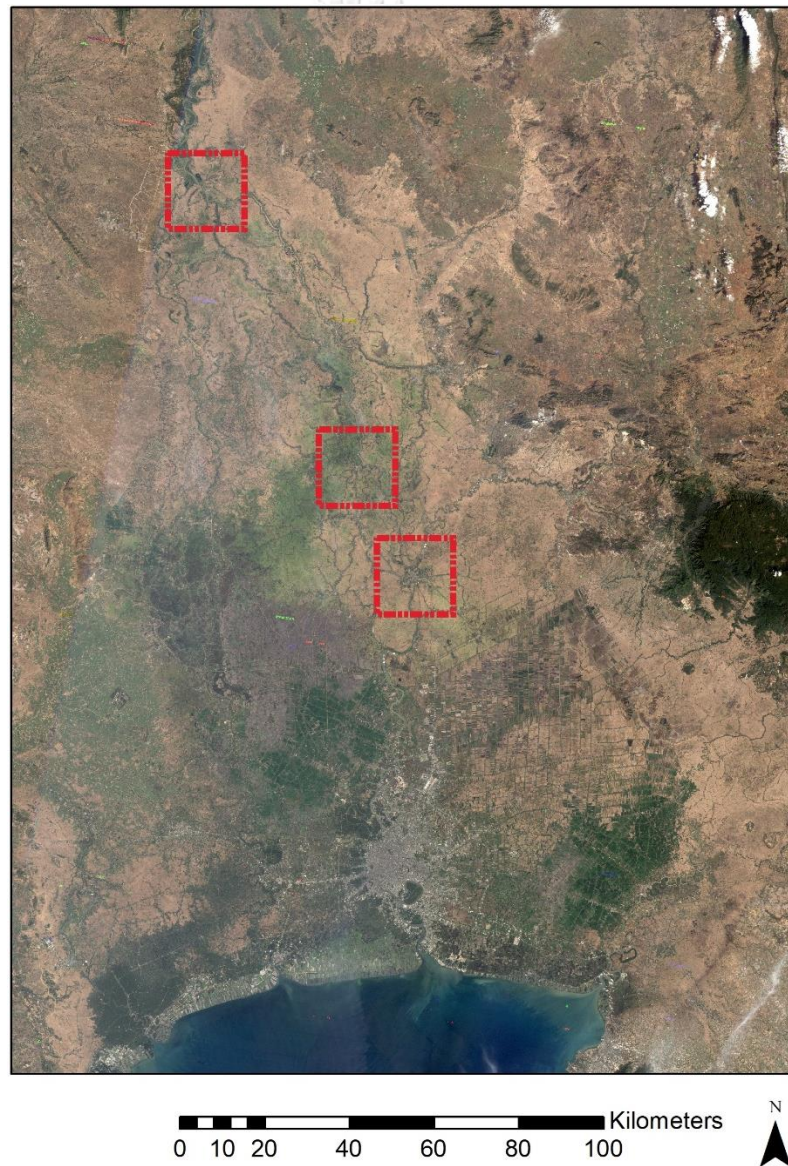


ขอบเขตพื้นที่ศึกษา 0 10 20 40 60 80 100 Kilometers

ภาพที่ 3-1 ขอบเขตจังหวัดและขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; ESRI, 2018)

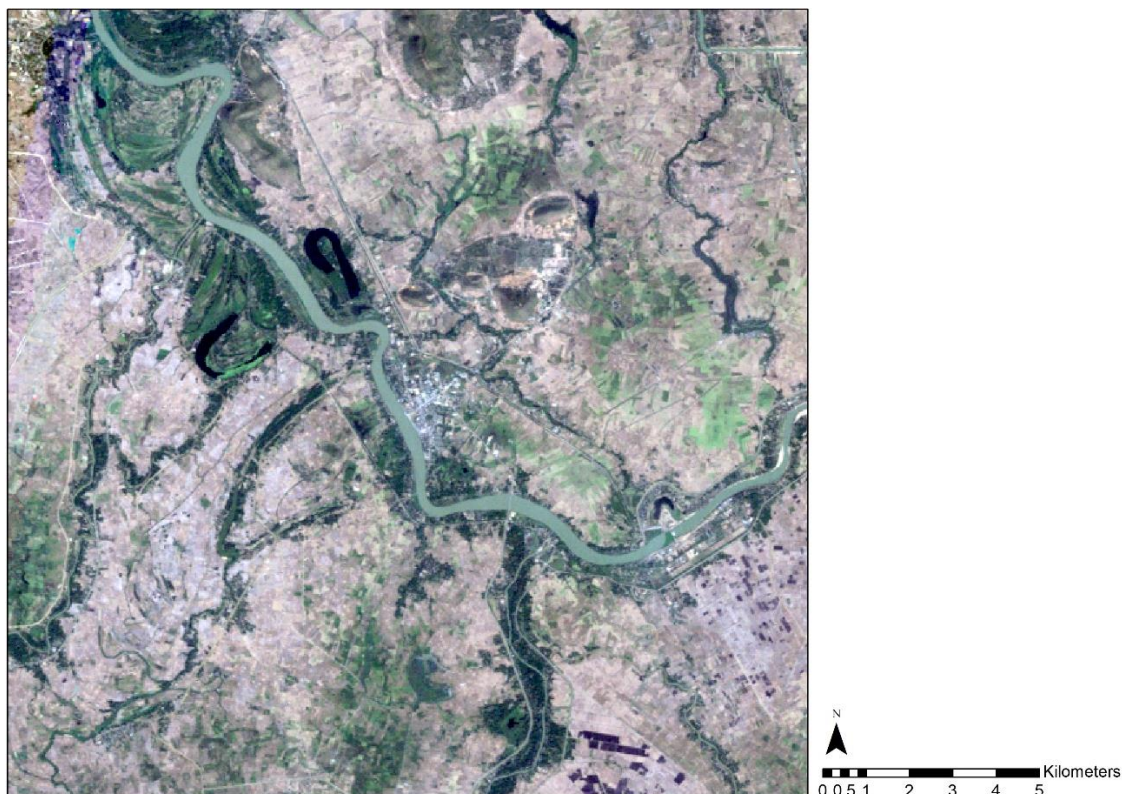
จากความแตกต่างกันของแต่ละส่วนพื้นที่ ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงทำการเลือกพื้นที่ศึกษาย่อย โดยเลือกเมืองที่ตั้งในแต่ละส่วนพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ประกอบกับการแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยตาเปล่าเพื่อหาพื้นที่เมืองที่มีพื้นที่โดยรอบเป็นพื้นที่นาหรือเกษตรกรรม ซึ่งสามารถกำหนดได้เป็น 3 พื้นที่ศึกษา โดยขนาดกรอบกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยนั้นพิจารณาให้สอดคล้องกับความละเอียด (Resolution) ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM (60 เมตร) และดาวเทียม Landsat-8 (30 เมตร) ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ และให้ครอบคลุมพื้นที่เมืองและพื้นที่โดยรอบ ดังนั้นขอบเขตของพื้นที่ศึกษาจึงใช้ขนาด 18x18 กิโลเมตร



ภาพที่ 3-2 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษาย่อยขนาด 18x18 ตารางกิโลเมตร 3 พื้นที่

(Earth Observing System, 2019)

พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1 พื้นที่เมืองชัยนาท เป็นพื้นที่จุดเริ่มต้นของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ตำแหน่งของเมืองอยู่บริเวณพื้นที่ระหว่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าและที่ราบน้ำท่วมถึง มีหน้าที่เชิงภูมิทัศน์ที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำของน้ำหลากในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา (Takaya, 1987) อีกทั้งเป็นตำแหน่งที่ตั้งของเขื่อนเจ้าพระยา ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของโครงการเจ้าพระยาใหญ่ โครงการชลประทานในพื้นที่ราบภาคกลาง



ภาพที่ 3-3 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1
(Earth Observing System, 2019)

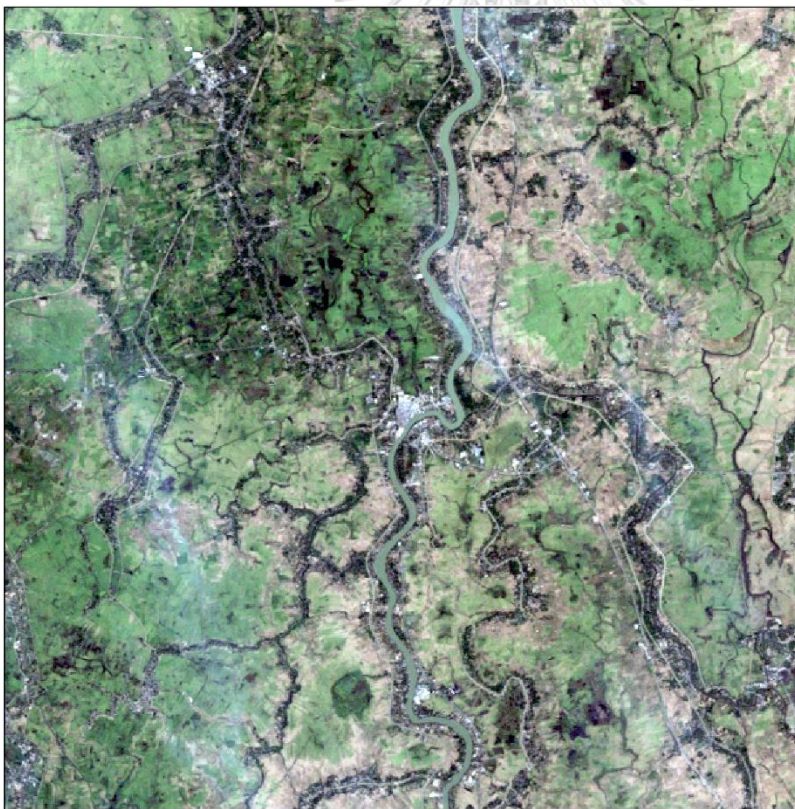
ตารางที่ 3-2 ตำแหน่งพิกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1

| ตำแหน่งพิกัด | พิกัด X | พิกัด Y |
|--------------|------------|-------------|
| Upper Left | 611588.984 | 1688315.824 |
| Upper Right | 629588.984 | 1688315.824 |
| Lower Right | 629588.984 | 1670315.824 |
| Lower Left | 611588.984 | 1670315.824 |



ภาพที่ 3-4 ภาพถ่ายบริเวณเขื่อนเจ้าพระยา
ถ่ายเมื่อ 9 มีนาคม 2562

พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2 พื้นที่เมืองอ่างทอง เป็นตำแหน่งเมืองที่อยู่ในที่ราบน้ำท่วมถึงซึ่งมี
หน้าที่เชิงภูมิทัศน์เป็นพื้นที่ร่วนน้ำหลาก มีความลึกของน้ำหลากประมาณ 60 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร
ท่วมขังอยู่นานกว่า 30 สัปดาห์ (Kaida, 1973; Takaya, 1987)



ภาพที่ 3-5 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2
(Earth Observing System, 2019)

ตารางที่ 3-3 ตำแหน่งพิกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2

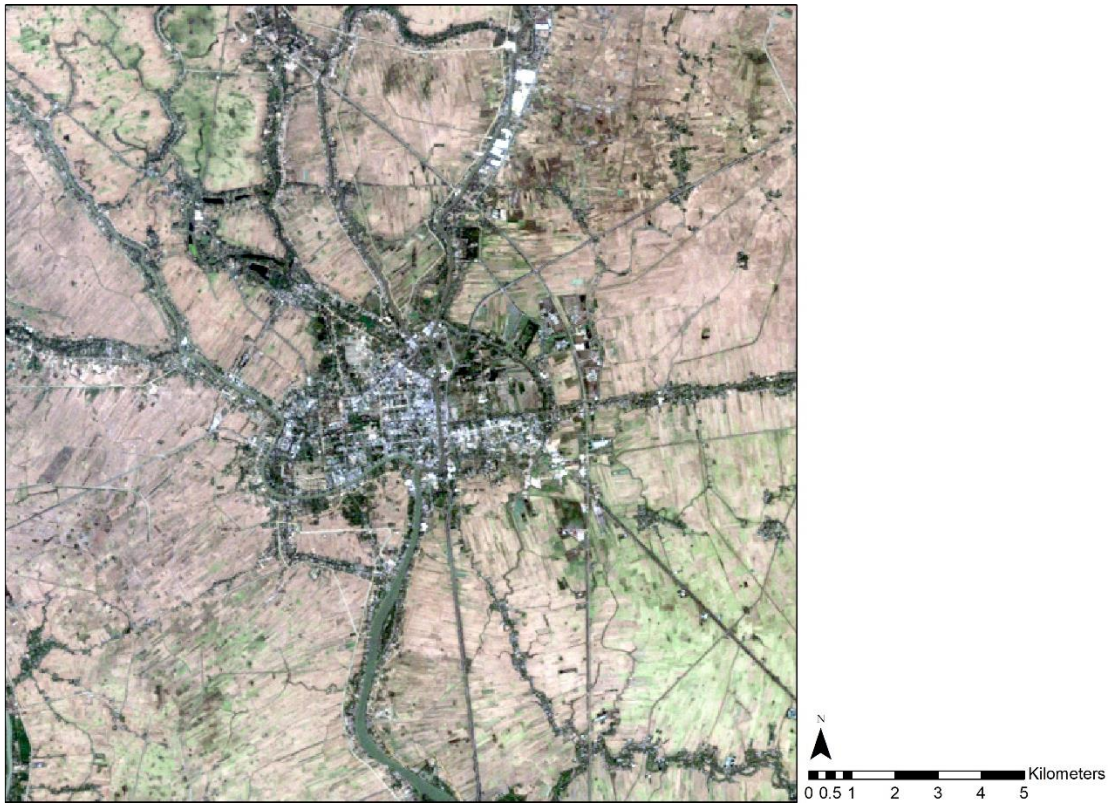
| ตำแหน่งพิกัด | พิกัด X | พิกัด Y |
|--------------|------------|-------------|
| Upper Left | 647241.659 | 1622745.328 |
| Upper Right | 665241.659 | 1622745.328 |
| Lower Right | 665241.659 | 1604745.328 |
| Lower Left | 647241.659 | 1604745.328 |



ภาพที่ 3-6 ภาพถ่ายบริเวณขอบเมืองชัยนาท

(Google Earth Pro, 2013)

พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3 พื้นที่เมืองอยุธยา เป็นตำแหน่งที่ตั้งอยู่บริเวณรอยต่อระหว่างที่ราบน้ำท่วมถึงและที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ เป็นจุดเริ่มของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ หน้าทีเชิงภูมิทัศน์ของพื้นที่บริเวณนี้เป็นจุดเริ่มของพื้นที่กระจายน้ำหลากซึ่งรับน้ำหลากมาจากที่ราบน้ำท่วมถึง โดยบริเวณเกาะเมืองอยุธยานั้นอยู่ในบริเวณที่มีระดับน้ำหลากลึก 60 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร โดยจะท่วมขังอยู่นานมากกว่า 30 สัปดาห์ (Kaida, 1973; Takaya, 1987)



ภาพที่ 3-7 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM บริเวณพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3
(Earth Observing System, 2019)

ตารางที่ 3-4 ตำแหน่งพิกัดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3

| ตำแหน่งพิกัด | พิกัด X | พิกัด Y |
|--------------|------------|-------------|
| Upper Left | 660930.566 | 1597050.487 |
| Upper Right | 678930.566 | 1597050.487 |
| Lower Right | 678930.566 | 1579050.487 |
| Lower Left | 660930.566 | 1579050.487 |



ภาพที่ 3-8 สภาพพื้นที่ริมแม่น้ำน้อย
ถ่ายเมื่อ 10 มีนาคม 2562

บทที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในการวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น เพื่อให้สอดคล้องกับคำถามการวิจัยในการทำความเข้าใจโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาว่าเป็นอย่างไร การวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำได้อย่างไร และการพัฒนาในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาควรเป็นอย่างไร

การดำเนินการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น ดำเนินการด้วยการศึกษาทบทวนทฤษฎีใช้ในการทำความเข้าใจภูมิทัศน์ เอกสารงานศึกษาที่เกี่ยวกับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่ผ่านมา และทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตในลำดับถัดไป ซึ่งจากการทบทวนทฤษฎีเกี่ยวกับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่เป็นโครงสร้างหลักของพื้นที่ และเป็นปัจจัยในการจำแนกพื้นที่ของเป็นส่วน ๆ ปัจจัยดังกล่าวคือ ลักษณะภูมิประเทศ และเส้นทางน้ำ

ลำดับถัดมาการวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยขนาดของพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่ การดำเนินการวิจัยนี้จึงเป็นการวิจัยในระดับภูมิภาค โดยในการดำเนินการวิจัยเพื่อตอบคำถามการวิจัยในข้อนี้สามารถจำแนกการดำเนินการวิจัยออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

- 1) การวิเคราะห์โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อระบุขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
- 2) การวิเคราะห์พลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

ในการดำเนินการวิจัยขั้นนี้ด้วยขนาดพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่ จึงใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ด้วยการนำแผนที่จากงานศึกษาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา รวมถึงแผนที่เก่ามาสร้างเป็นข้อมูลเชิงเส้น และใช้วิธีซ้อนทับข้อมูลเพื่อสร้างข้อมูลแผนที่ขึ้นใหม่ซึ่งอธิบายถึงโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา แล้วนำแผนที่ที่ได้นี้ไปใช้ประกอบกับการวิจัยในลำดับถัดไปเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากคำถามการวิจัยข้อสุดท้ายที่กล่าวถึงการพัฒนาในพื้นที่แม่น้ำเจ้าพระยาควรเป็นอย่างไรนั้น ก่อนที่จะสามารถตอบคำถามนี้ได้ จำเป็นต้องมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาก่อน เพื่อทำความเข้าใจและชี้ให้เห็นถึงผลของการเปลี่ยนแปลงที่มีต่อที่

ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ในการดำเนินการวิจัยขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลง คือ การจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยจำแนกเป็นพืชพรรณ และสิ่งปลูกสร้าง โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปีเก่าที่สุดที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2561 และเมื่อนำข้อมูลการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการดำเนินการนี้ ไปซ้อนทับกับแผนที่ที่ได้จากการดำเนินการก่อนหน้านี้ จะทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่ามีผลอย่างไรต่อโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งจะนำไปสู่การนำเสนอเกี่ยวกับการนำเสนอข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ควรเป็นในลำดับถัดไป

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

4.1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลแผนที่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลสำรวจภาคสนาม โดยมีรายละเอียดแต่ละข้อมูลดังนี้

4.1.1. ข้อมูลแผนที่

แผนที่ที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลแผนที่ที่มาจากงานศึกษาเกี่ยวกับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านของ Takaya (1987) ซึ่งแสดงข้อมูลการจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และของ Kaida (1973) ที่ให้ข้อมูลพลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบกับแผนที่เก่าแสดงโครงการทดน้ำในที่ราบภาคกลาง พ.ศ. 2466 และ พ.ศ. 2507 จากหอดูดาวมหาดไทย

4.1.2. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข

ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข คือ ข้อมูลที่มีค่าความสูงของภูมิประเทศที่จัดเก็บเป็นข้อมูลตัวเลขในรูปแบบของข้อมูลตารางกริด (วรุตม์ นาที, 2559) โดยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขที่นำมาใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เพื่อสร้างข้อมูลภูมิประเทศที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ก็คือข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข SRTM 30m

4.1.3. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

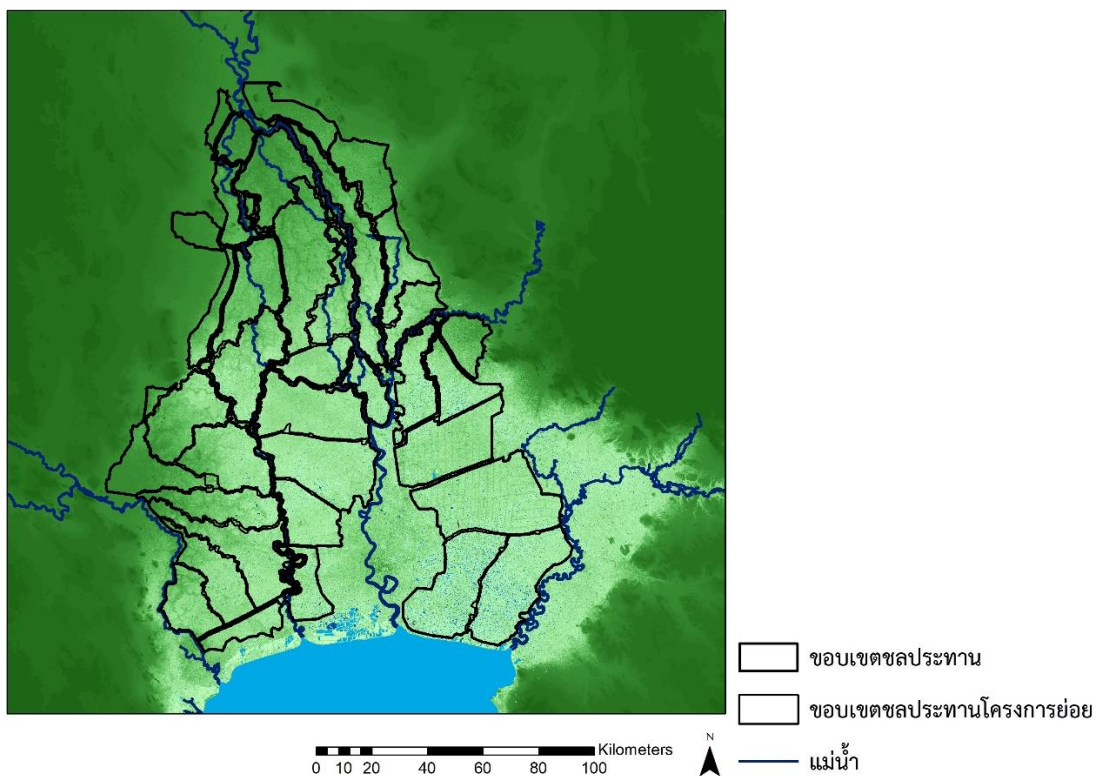
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลจากดาวเทียม Landsat เนื่องจากเป็นข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้จากเว็บไซต์ USGS Science for a Changing World (earthexplorer.usgs.gov) และ Land Viewer (eos.com/landviewer/) ซึ่งมีคลังข้อมูลย้อนหลังให้สามารถนำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาได้ อีกทั้งความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat นั้นมีความละเอียดภาพระดับปานกลางสามารถนำมาใช้ในการศึกษาพื้นที่ขนาดกลางถึงใหญ่ได้ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการศึกษาคั้งนี้

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมย้อนหลังที่เก่าที่สุดที่สามารถหาข้อมูลได้ และสามารถนำมาใช้คำนวณเชิงคลื่นเพื่อจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างได้ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงเลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม 2 ดวง คือ ดาวเทียม Landsat-5 TM ข้อมูลถ่ายในวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2531 และวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2531 และดาวเทียม Landsat-8 ข้อมูลถ่ายในวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561 และวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 โดยเลือกใช้ข้อมูลที่เก็บในช่วงเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีเมฆปกคลุมพื้นที่น้อย และเป็นช่วงที่แปลงนายังคงมีน้ำขัง โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 ที่นำมาใช้อยู่ในเส้นทางดาวเทียม (Path) ที่ 129-130 และแถว (Row) ที่ 49-51

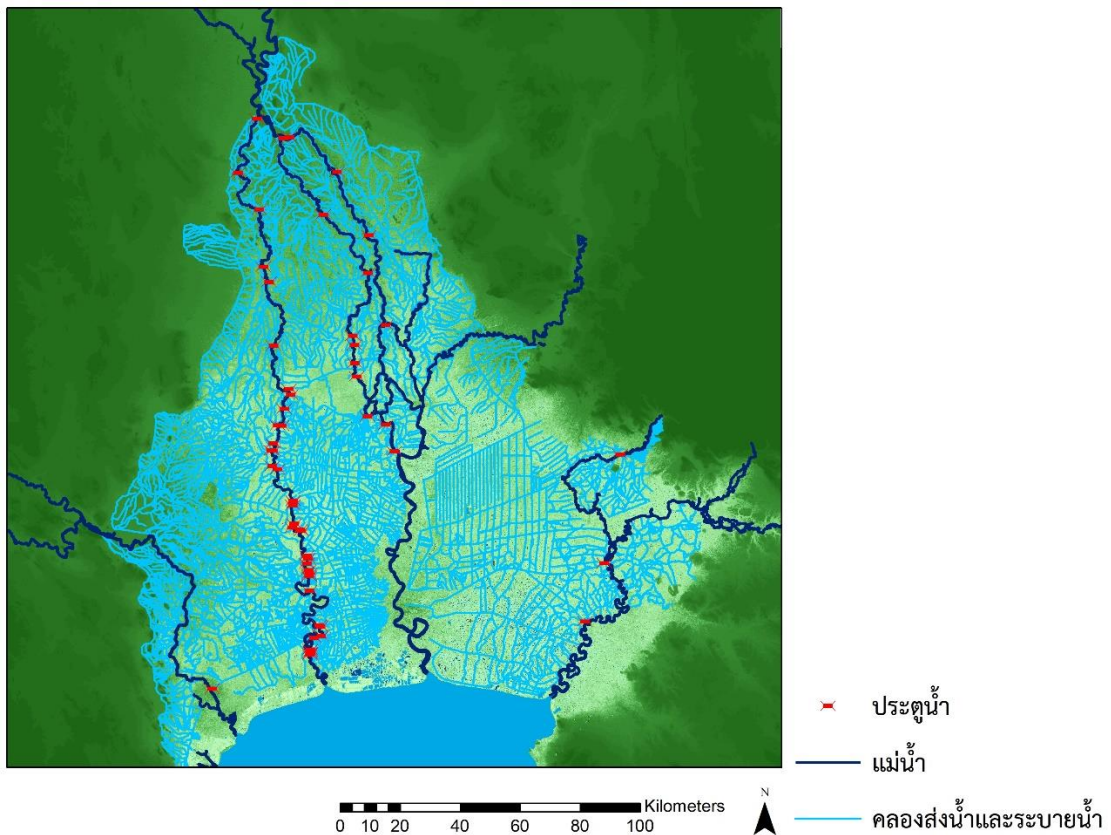
ด้วยวัตถุประสงค์ของการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในการวิจัยคั้งนี้ เพื่อเป็นศึกษาการเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งในการศึกษาเกี่ยวกับสิ่งปลูกสร้างนั้นดำเนินการโดยใช้การผสมสีภาพถ่ายดาวเทียม และการคำนวณค่าดัชนีเพื่อเน้นข้อมูลสิ่งปลูกสร้าง โดยในการทำภาพสีผสมเท็จ (False Color) เพื่อเน้นข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้างนั้นจะใช้ช่วงคลื่น (Band) อินฟราเรดคลื่นสั้น อินฟราเรดใกล้ และช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง นำมาผสมกัน และในการคำนวณค่าดัชนีนั้นจะนำเอาช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน อินฟราเรดคลื่นสั้น และช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียวมาคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดในลำดับถัดไป จากการดำเนินการทั้ง 2 ส่วนนั้นช่วงคลื่นที่นำมาใช้สำหรับดาวเทียม Landsat-5 TM ประกอบด้วยช่วงคลื่น 2,3,4,5 และ 7 สำหรับดาวเทียม Landsat-8 ประกอบด้วยช่วงคลื่น 3, 4, 6 และ 7

4.1.4. ข้อมูลโครงสร้างพื้นฐาน

โครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วยระบบชลประทานและระบบถนน ด้วยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทั้ง 2 ส่วนนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทั้งลักษณะภูมิประเทศ และเส้นทางน้ำ ซึ่งนั่นย่อมส่งผลต่อพลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา จึงเลือกนำข้อมูลทั้ง 2 ส่วนนี้มาใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 4-9 ขอบเขตโครงการชลประทาน
(กรมชลประทาน, 2555; NASA JPL, 2013)



ภาพที่ 4-10 แนวคลองชลประทาน

(กรมชลประทาน, 2555; NASA JPL, 2013)

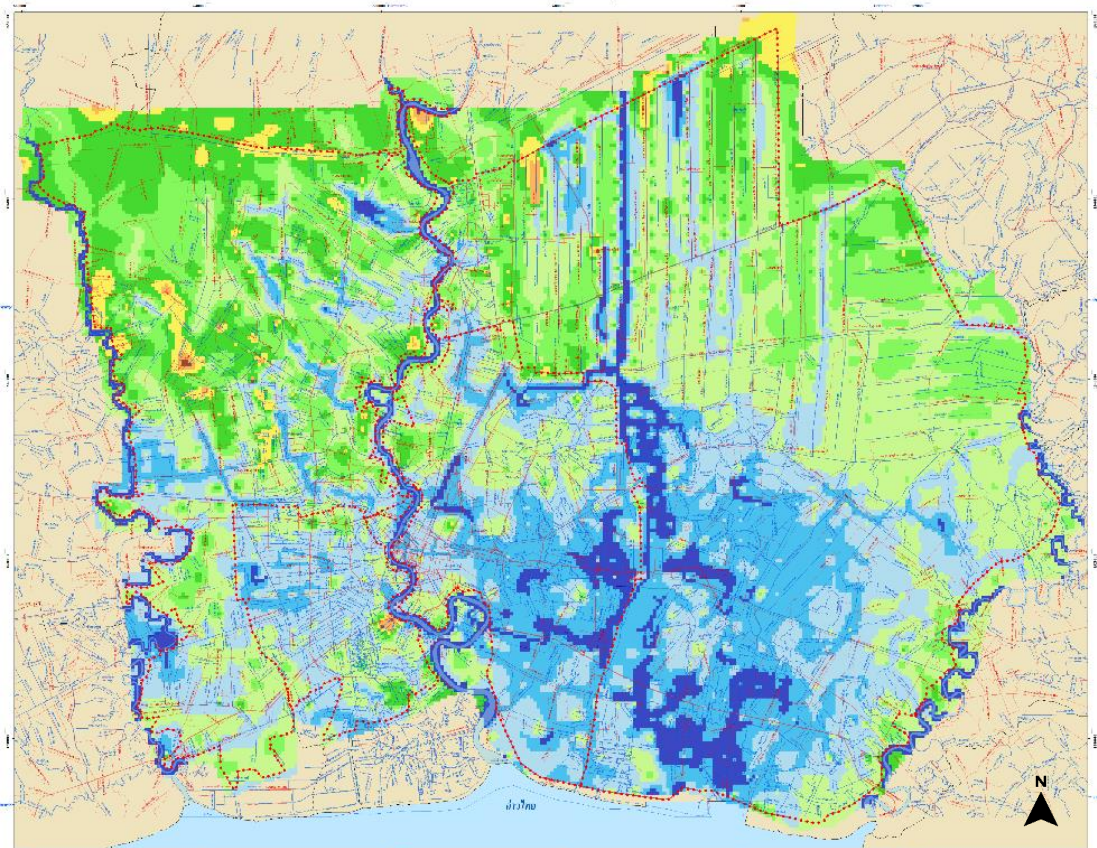
ลักษณะของระบบชลประทานนั้นจะเป็นรูปแบบของการสร้างเป็นพื้นที่ปิดล้อมย่อย ๆ (Polder) เพื่อแบ่งพื้นที่ในการจัดการน้ำ โดยประกอบด้วยโครงการย่อย ๆ เช่น โครงการสุพรรณ โครงการแม่น้ำน้อย โครงการทุ่งฝั่งตะวันตก โครงการชัยนาทป่าสัก โครงการทุ่งมหาธาตุ ซึ่งการพัฒนาชลประทานแต่ละส่วนนั้นจะมีองค์ประกอบโครงสร้างหลักๆ ประกอบด้วย คลองชลประทานและประตูน้ำ ซึ่งรูปแบบของคลองชลประทานนั้นจะมีการทำคันซึ่งสูงกว่าระดับพื้นที่เดิม



ภาพที่ 4-11 ตัวอย่างคันถนนตามแนวคลองชลประทานชัยนาท-ป่าสัก

(Google Earth Pro, 2011)

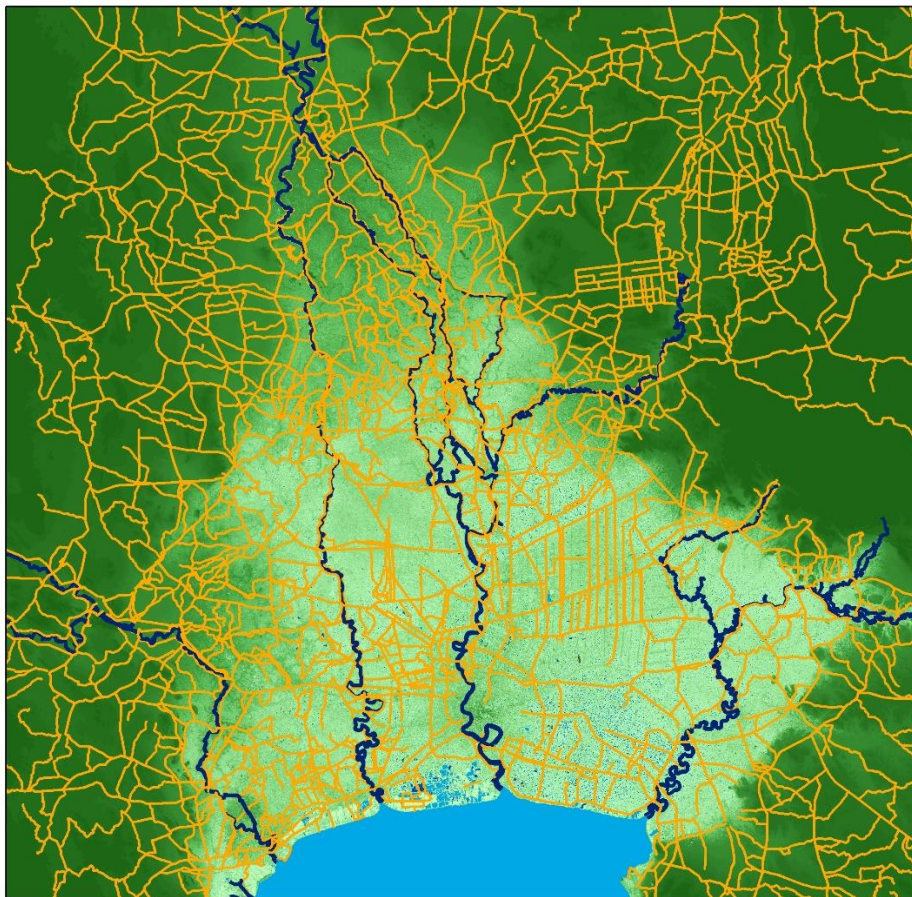
นอกจากการพัฒนาชลประทานแล้ว ยังมีการพัฒนาระบบสัจจรทางบกนั้น คือ ถนนทางหลวงแผ่นดินและถนนทางหลวงชนบท ซึ่งในการตัดถนนนั้นระดับของถนน จะมีความสูงกว่าพื้นที่ข้างเคียง รวมถึงโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมโดยสร้างเป็นคันกั้นน้ำ ตามแนวทางน้ำหรือตามขอบเขตโครงการชลประทาน



ภาพที่ 4-12 แผนที่แนวคันกั้นน้ำและแนวป้องกันน้ำท่วมบริเวณกรุงเทพ และปริมณฑล (กรมแผนที่ทหาร, 2553)



ภาพที่ 4-13 ภาพโครงสร้างทางเดินและกำแพงป้องกันน้ำท่วมบริเวณแม่น้ำน้อย ถ่ายเมื่อ 10 มีนาคม 2562



ถนน
แม่น้ำ

0 10 20 40 60 80 100 Kilometers



ภาพที่ 4-14 ข้อมูลถนนทางหลวงแผ่นดินและถนนทางหลวงชนบท

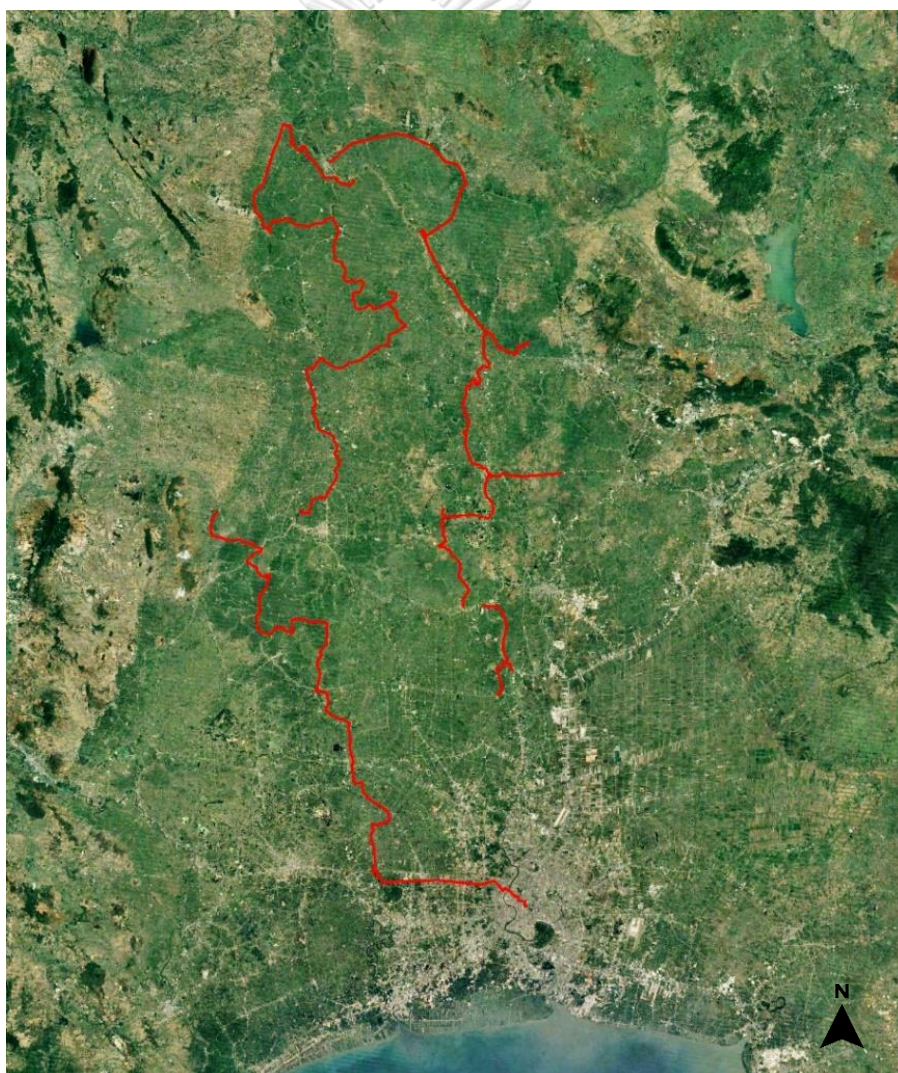


ภาพที่ 4-15 ภาพระดับถนนเทียบกับพื้นที่นา
ถ่ายเมื่อ 10 มีนาคม 2562

4.1.5. ข้อมูลสำรวจภาคสนาม

ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามเนื่องจากขนาดพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่ ประกอบกับระยะเวลาในดำเนินการศึกษาที่จำกัด เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการดำเนินการสำรวจภาคสนาม จึงมีการนำข้อมูลจาก Google Street View มาใช้ประกอบในการศึกษา

การลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเป็นการเก็บข้อมูลสภาพพื้นที่ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยอ้างอิงพื้นที่สำรวจจากการศึกษาทบทวนงานศึกษาที่ผ่านมาในอดีต เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการบ่งชี้ให้เห็นถึงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่



ภาพที่ 4-16 เส้นทาง การลงสำรวจภาคสนาม

(Google Earth Pro, 2010)



ภาพที่ 4-17 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนาม
ถ่ายเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2562



ภาพที่ 4-18 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนาม
ถ่ายเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2562



ภาพที่ 4-19 ตัวอย่างภาพถ่ายจากการสำรวจภาคสนาม
ถ่ายเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2562

4.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหลักในการดำเนินการศึกษา คือ โปรแกรม ArcGIS (ESRI, 2018) โดยใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 ด้วยการเน้นข้อมูลเชิงคลีน และการทำภาพสีผสมเท็จเพื่อจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างและพืชพรรณ นอกจากนั้นยังใช้ในการสร้างข้อมูลเชิงเส้น (Vector) จากแผนที่ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการศึกษา เพื่อนำมาประกอบการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม และใช้สร้างแผนที่เพื่อแสดงผลการศึกษา

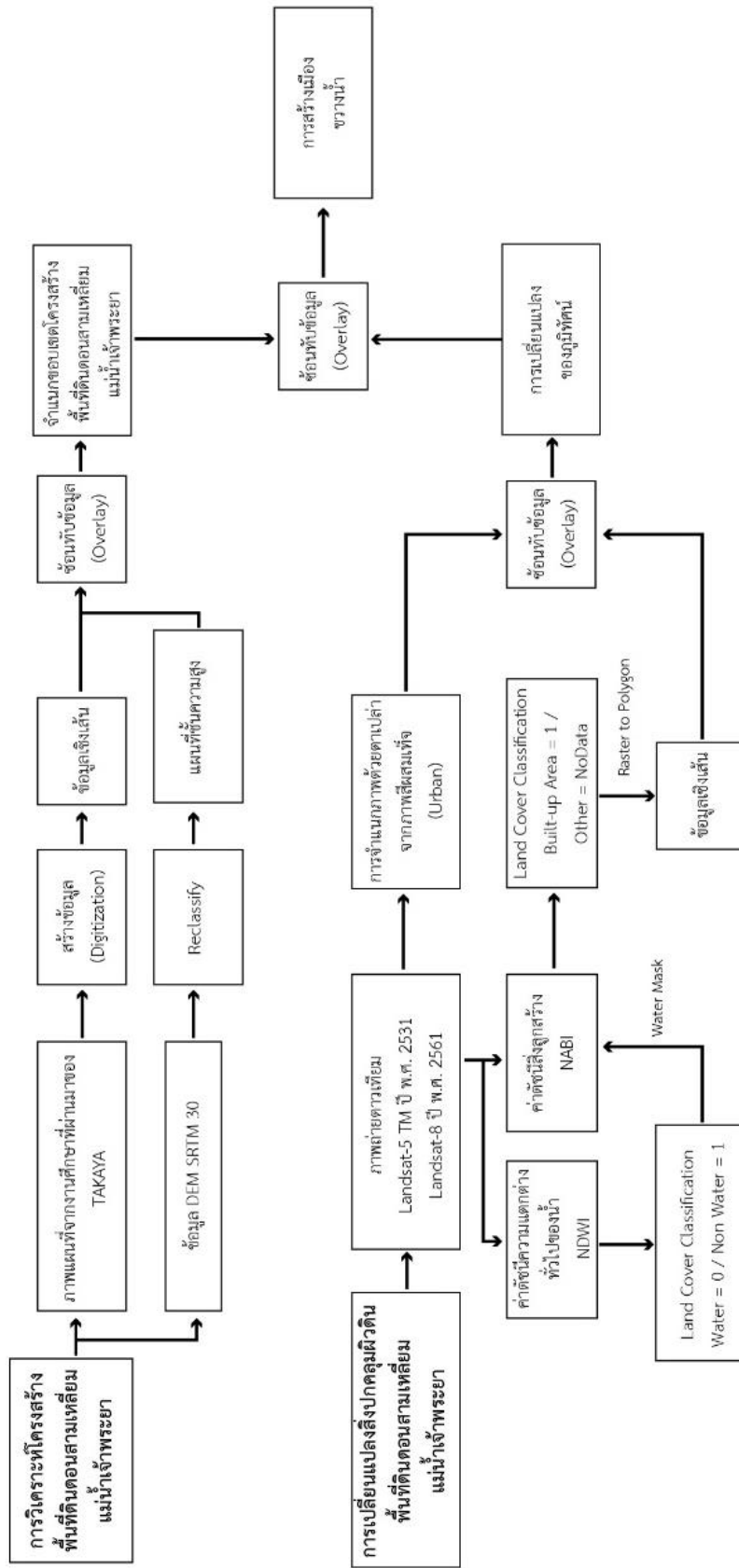
4.3. วิธีดำเนินการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ การวิเคราะห์โครงสร้างและบ่งชี้ขอบเขตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา การวิเคราะห์พลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเพื่อบ่งชี้ให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น วิธีดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ การดำเนินการวิจัยเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างและบ่งชี้ขอบเขต การวิเคราะห์พลวัตของน้ำ และการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและบ่งชี้ปัญหาด้วยการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

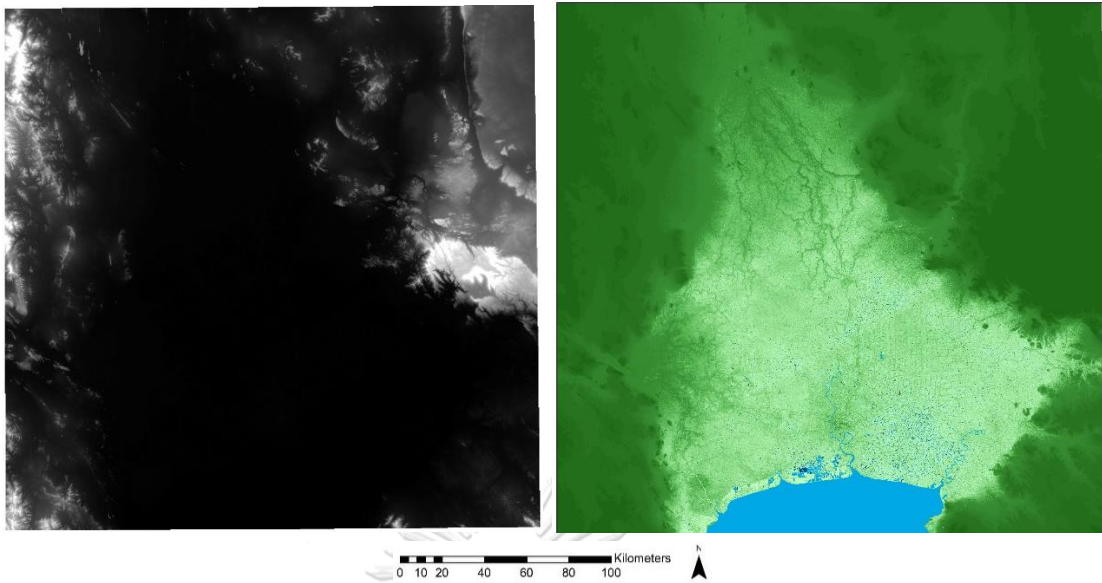
4.3.1. การวิเคราะห์โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

ในการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นมีพื้นฐานการศึกษา จากงานศึกษาของ Takaya (1987) และ Kaida (1973) เป็นหลัก โดยนำเอาแผนที่จากงานศึกษาดังกล่าวที่ได้อธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา การแบ่งจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในอดีต นำมาวิเคราะห์โครงสร้างเชิงภูมิทัศน์ และจัดทำแผนที่บ่งชี้ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขมาช่วยในการวิเคราะห์

ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ ข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m โดยนำข้อมูลมาทำการจัดกลุ่มประเภทข้อมูลใหม่ (Reclassify) เพื่อทำเป็นแผนที่ระดับความสูง (Elevation Map) เพื่อนำไปวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลแผนที่ในลำดับถัดไป โดยในการจัดกลุ่มประเภทข้อมูลนั้น จากการวิเคราะห์งานศึกษาที่ผ่านมาพบว่าที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น มีระดับความสูงไม่เกิน 15 เมตร ดังนั้นจึงทำการแบ่งช่วงค่าข้อมูลใหม่และแสดงค่าข้อมูลด้วยสีจากสีอ่อนแสดงถึงพื้นที่ที่มีค่าความสูงน้อย ไปยังสีเข้มซึ่งแสดงพื้นที่ที่มีค่าความสูงมาก โดยแบ่งช่วงค่าทุก ๆ 1 เมตร เฉพาะในช่วงค่าระดับ 1-15 เมตร ซึ่งเป็นค่าระดับในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

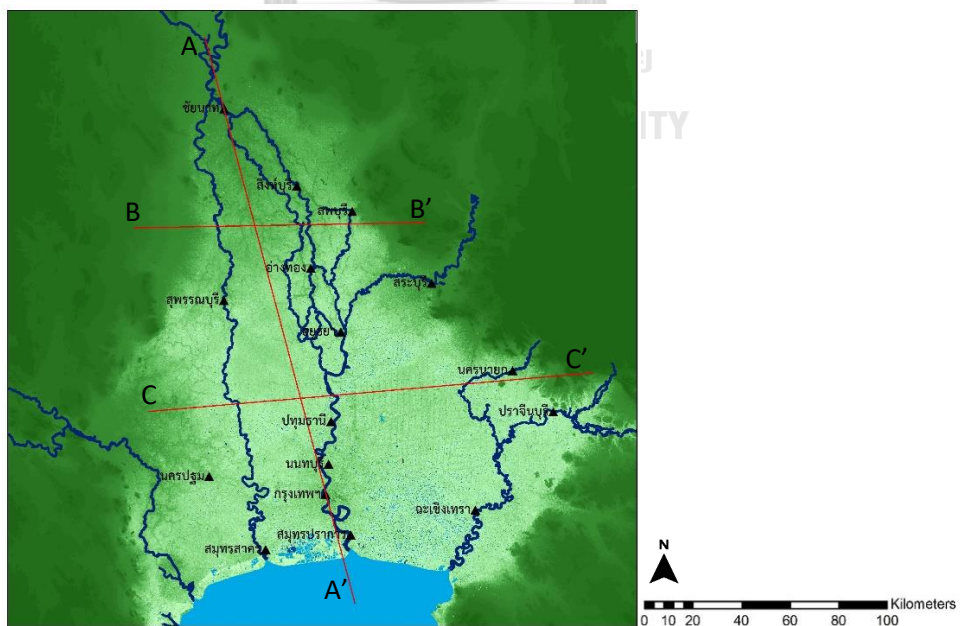


ภาพที่ 4-20 แผนภูมิวิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 4-21 ภาพข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m ก่อนและหลัง Reclassify
(NASA JPL, 2013)

นอกจากการนำข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขมาใช้ทำรูปตัดด้าน (Profile Section) ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เมื่อวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศ ความลาดเอียงของพื้นที่ โดยกำหนดแนวตัด 3 แนว ประกอบด้วยแนวตัดตามยาว จากทิศเหนือไปทิศใต้ 1 แนว และแนวตัดตามขวาง จากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก 2 แนว ดังภาพที่ 4-8

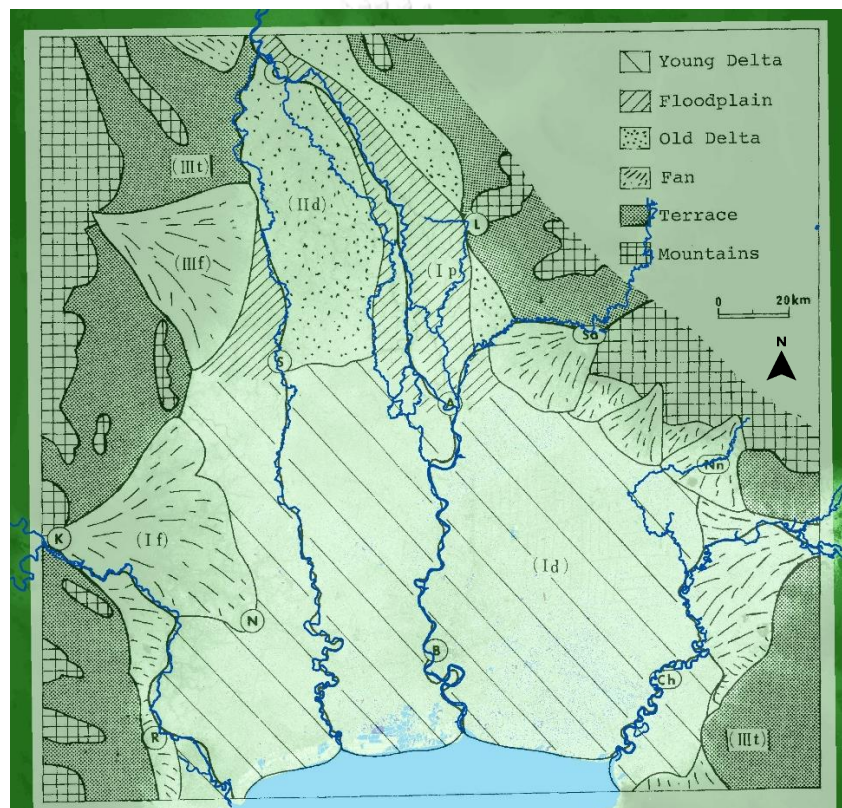


ภาพที่ 4-22 เส้นแนวตัดตามยาว (AA') และตามขวาง (BB' และ CC')

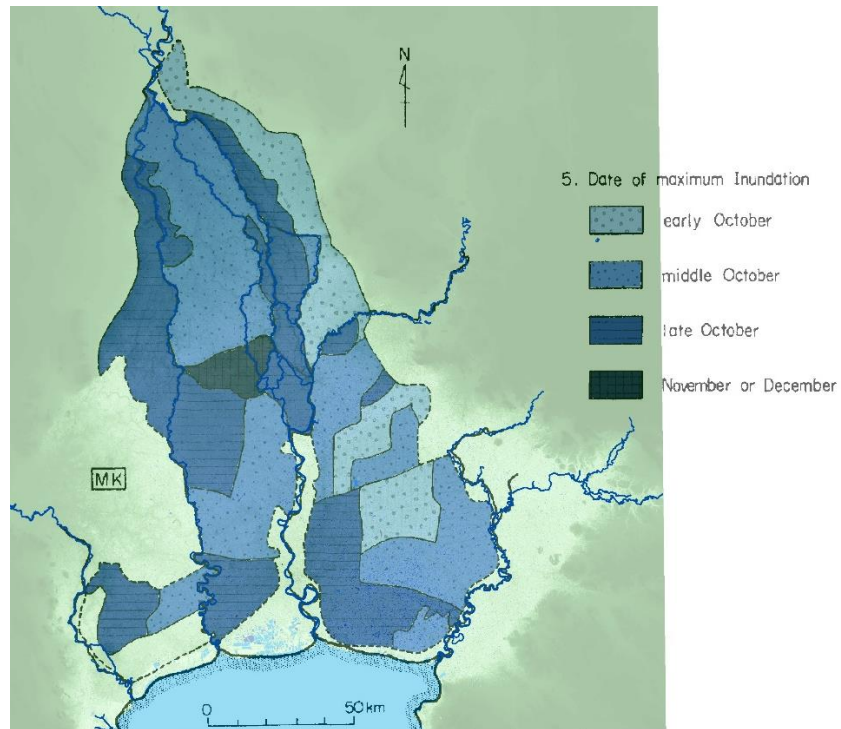
(NASA JPL, 2013)

ข้อมูลความสูงเชิงเลขนั้นเป็นข้อมูลที่มีค่าพิกัดบนโลกตามจริง การจะนำเอาแผนที่จากงานศึกษาของ Takaya (1987) และ Kaida (1973) รวมถึงแผนที่เก่ามาใช้วิเคราะห์ร่วม จึงต้องทำการตรึงพิกัดภาพแผนที่ดังกล่าว เพื่อให้มีตำแหน่งพิกัดตรงกับข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข แล้วจึงทำการเปลี่ยนข้อมูลภาพให้เป็นข้อมูลเชิงเส้น (Digitization) โดยมีแผนที่ดังกล่าวเป็นฉากหลัง เพื่อนำข้อมูลเชิงเส้นที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

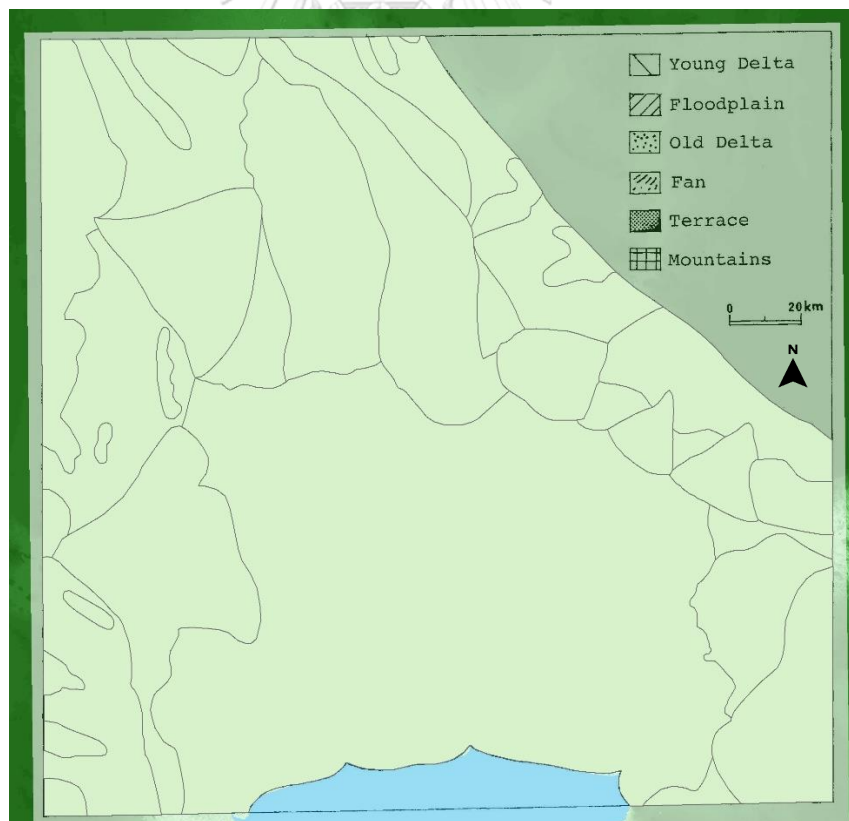
การตรึงพิกัดนั้นสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ การตรึงพิกัดโดยอ้างอิงข้อมูลกายภาพซึ่งเป็นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ เช่น ข้อมูลแม่น้ำ และอีกวิธีทำโดยการใช้อ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ปรากฏอยู่ในแผนที่นั้น ๆ เป็นตัวช่วยในการตรึงข้อมูล



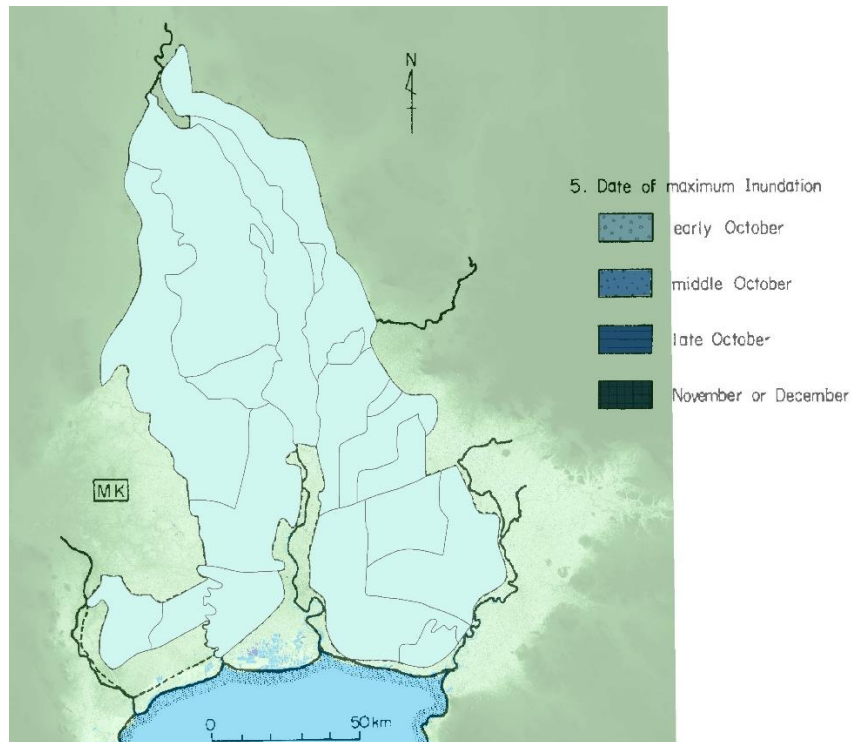
ภาพที่ 4-23 ตัวอย่างการตรึงพิกัดแผนที่ของ Takaya (1987) โดยอ้างอิงข้อมูลแม่น้ำในการตรึงพิกัด



ภาพที่ 4-24 ตัวอย่างการตรึงพิภตแผนที่ของ Kaida (1973) โดยอ้างอิงข้อมูลแม่น้ำในการตรึงพิภต

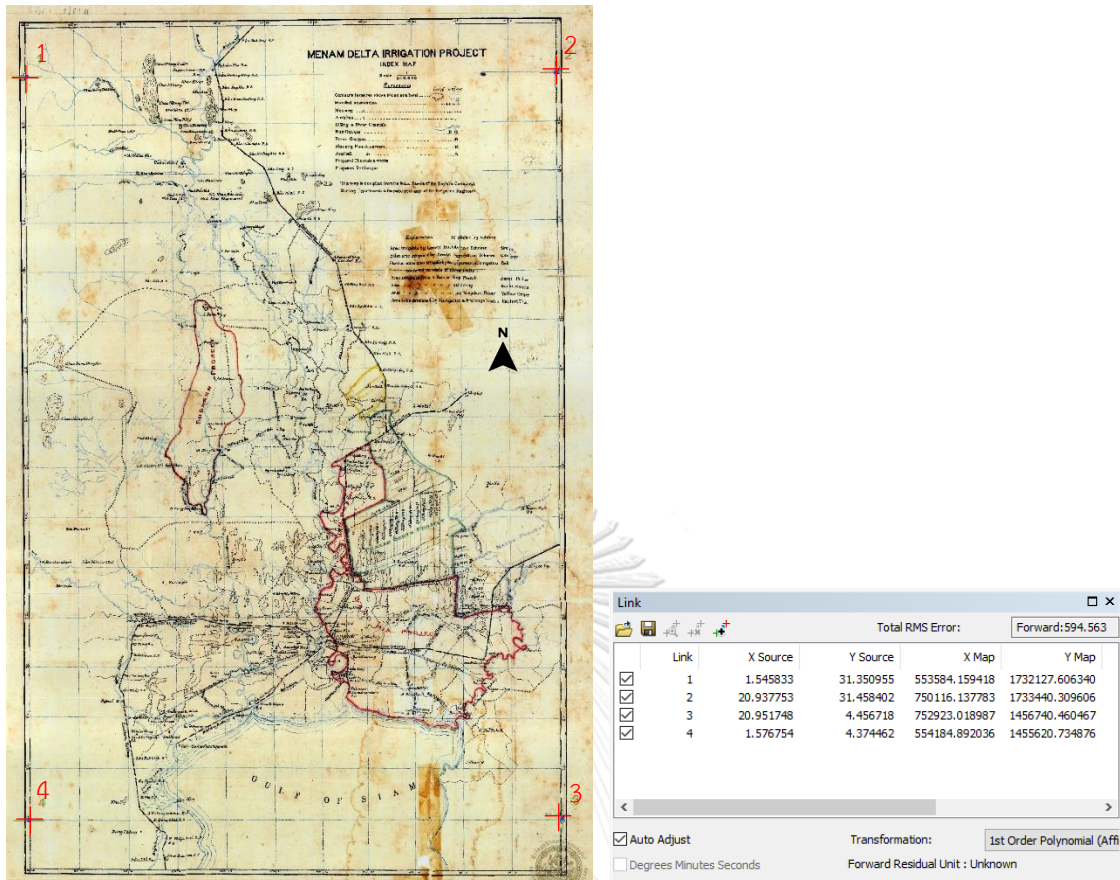


ภาพที่ 4-25 ตัวอย่างการเปลี่ยนข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงเส้นจากแผนที่ของ Takaya (1987)



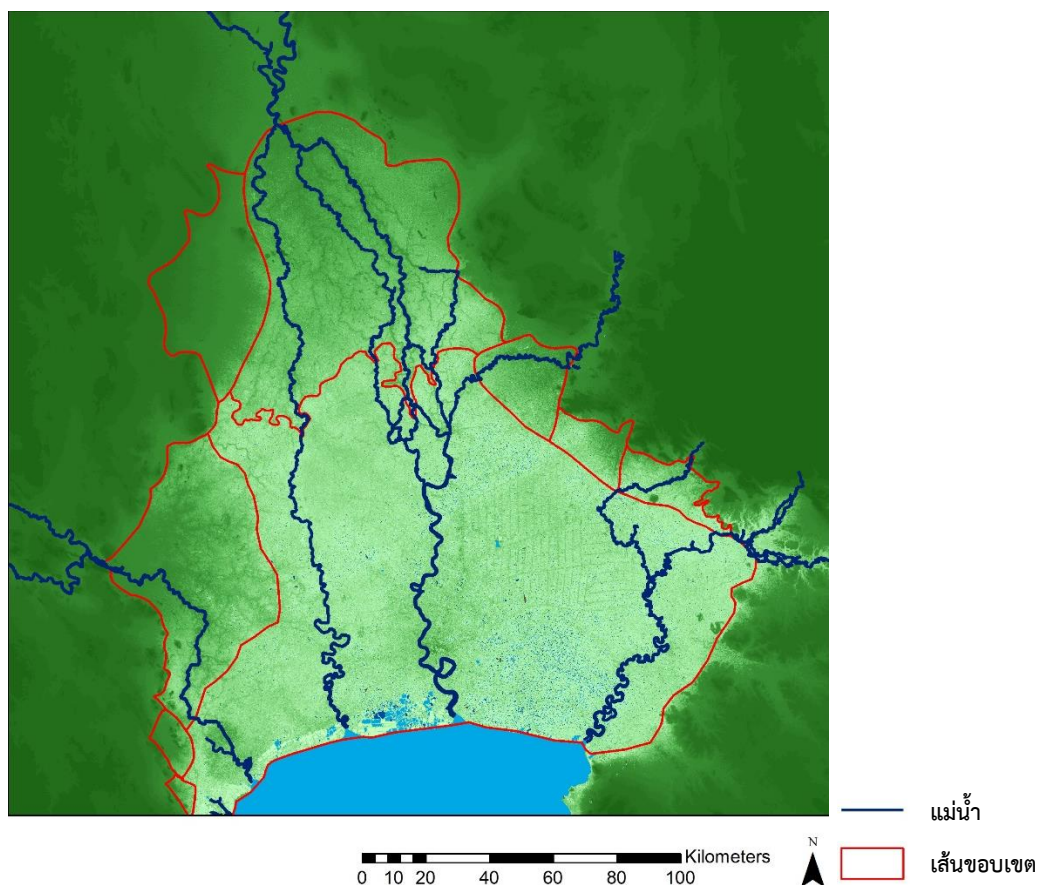
ภาพที่ 4-26 ตัวอย่างการเปลี่ยนข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงเส้นจากแผนที่ของ Kaida (1973)

การตรึงพิกัดด้วยการใช้ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่นั้น ๆ มาใช้มีข้อควรระวัง คือ ความแตกต่างของพื้นหลักฐานอ้างอิง (Datum) ที่แต่ละแผนที่ใช้ในการสำรวจจัดทำแผนที่ขึ้นมา ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้แผนที่เก่าในปี พ.ศ. 2466 และปี พ.ศ. 2507 มาใช้ในการสร้างข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ ทั้งนี้แผนที่ทั้ง 2 ชุดมีการใช้พื้นหลักฐานพื้นที่ต่างกันคือ พื้นหลักฐาน Indian 1916 และพื้นหลักฐาน Indian 1954 ตามลำดับ แต่ด้วยข้อมูลแบบจำลองความสูงนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้พื้นหลักฐาน WGS84 ดังนั้นเมื่อทำการตรึงแผนที่โดยใช้พื้นหลักฐานของแต่ละแผนที่แล้ว ต้องทำการแปลงค่าพื้นหลักฐานให้เป็นพื้นหลักฐาน WGS84 ก่อนทำการสร้างข้อมูลเชิงเส้น



ภาพที่ 4-27 ตัวอย่างการตรึงพิกัดแผนที่ด้วยการใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่

จากข้อมูลแผนที่การจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาของ Takaya (1987) ได้มีการจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาออกเป็นส่วนๆ ประกอบด้วยที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า ที่ราบน้ำท่วมถึง ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ และมีเนินตะกอนกับลาดตะพักเชิงซ้อนเป็นขอบของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยา ซึ่งจากการทำแผนที่ขึ้นความสูงโดยการแบ่งช่วงค่าข้อมูลใหม่ให้กับข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m (NASA JPL, 2013) สามารถบ่งชี้ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมด้วยการแปลตีความด้วยตาเปล่า โดยขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นมีค่าความสูงไม่เกิน 15 เมตร และจากการแบ่งช่วงข้อมูลทุก ๆ 1 เมตร ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาออกได้เป็นที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า และที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ นอกจากนั้นบริเวณขอบที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยายังสามารถบ่งชี้พื้นที่เนินตะกอนกับลาดตะพักเชิงซ้อนได้ด้วย ดังภาพที่ 4-12



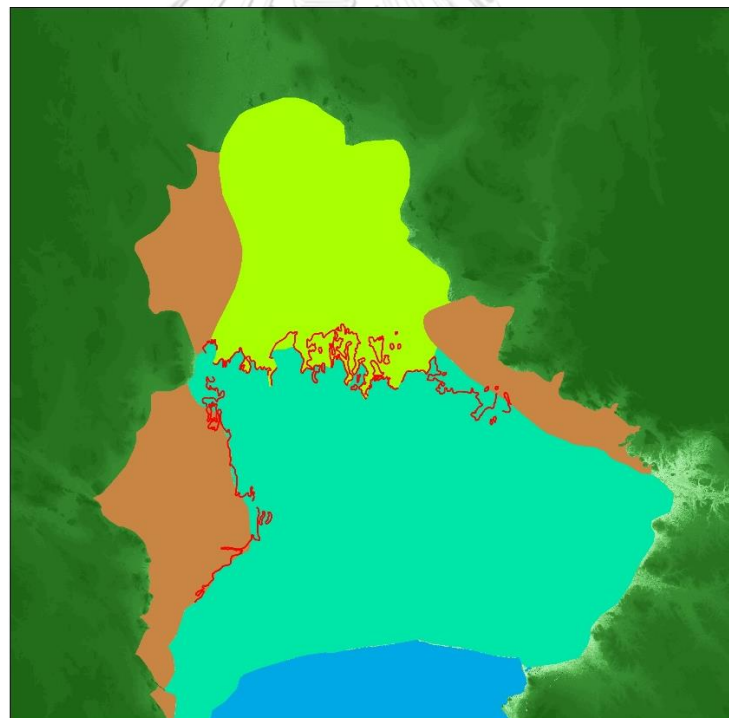
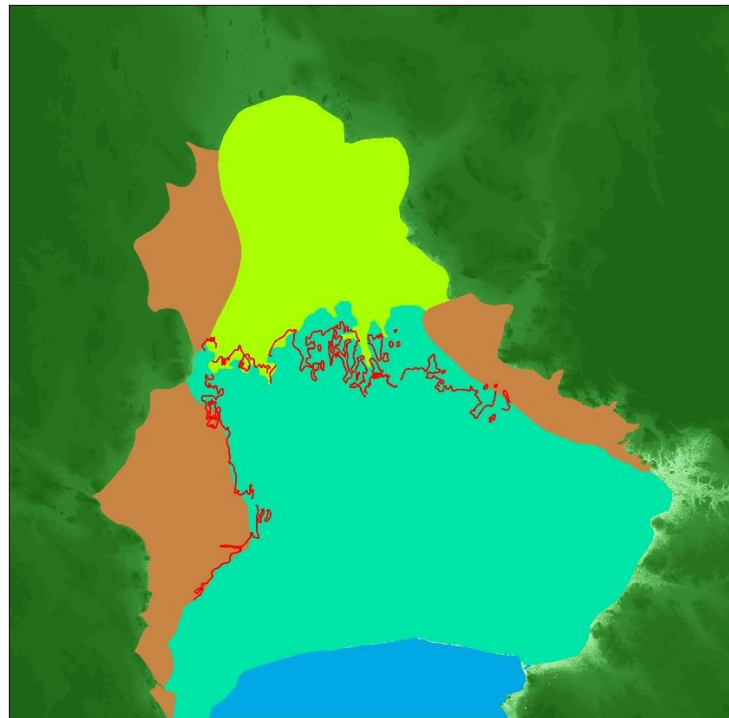
ภาพที่ 4-28 การระบุขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจากแผนที่ระดับความสูง

ด้วยการแปลตีความด้วยตาเปล่า

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)

ในการจำแนกพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น จาก การวิเคราะห์งานศึกษาของ Takaya (1987) นั้น โครงสร้างหลักของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม แม่น้ำเจ้าพระยานั้นก็คือ ภูมิประเทศและทางน้ำ ที่เป็นปัจจัยกำหนดลักษณะของพื้นที่แต่ ละส่วนของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นในการดำเนินการจำแนกที่ราบลุ่ม สามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาลำดับถัดมาจึงใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูงและเส้นทางน้ำ ธรรมชาติมาช่วยในการจำแนกให้มีความชัดเจนขึ้น

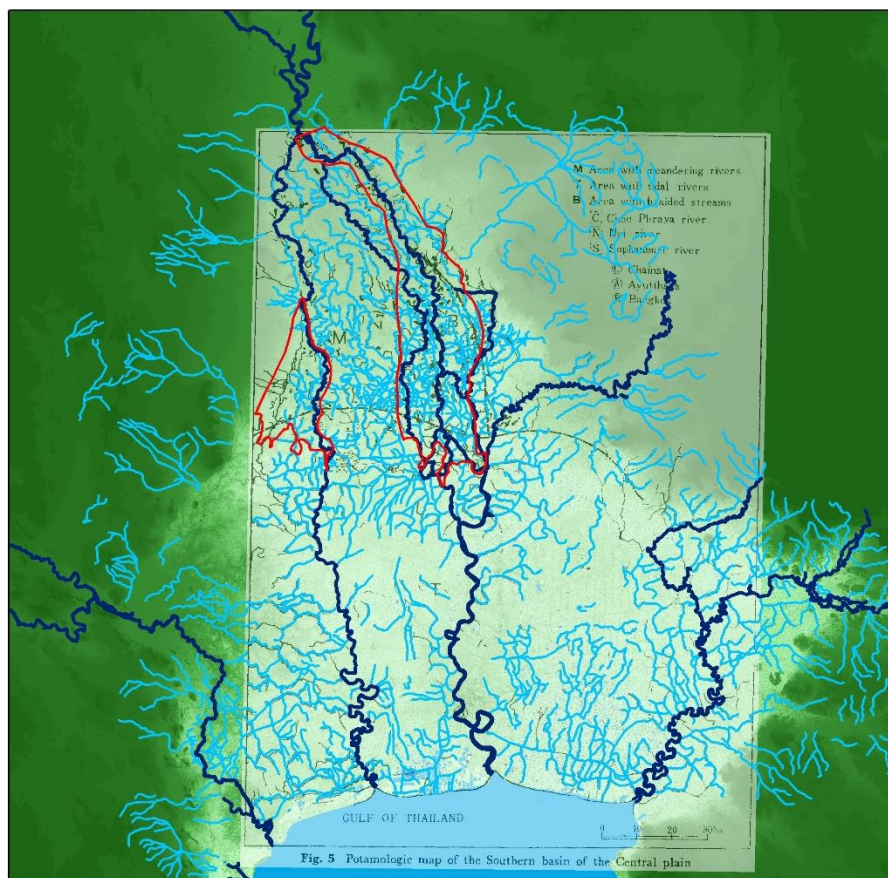
ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่นำมาใช้ได้มาจากการสร้างข้อมูลเชิงเส้นโดยมีแผนที่เก่าปี พ.ศ. 2466 (สำนักหอจดหมายเหตุแห่งชาติ, ผ.สบสพ. 1/4) เป็นฉากหลัง ซึ่งเส้นชั้นความ สูงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำแนกพื้นที่นั้นคือ เส้นชั้นความสูง 2.5 เมตร ซึ่งเป็นเส้นชั้น ความสูงที่แบ่งระหว่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าและที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่



ภาพที่ 4-29 การแก้ไขขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่จากการซ้อนทับข้อมูลเส้นชั้นความสูง 2.5 เมตร

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; NASA JPL, 2013; สำนักหอจดหมายเหตุแห่งชาติ, ผ.สบสพ. 1/4)

ลำดับสุดท้ายในการจำแนกส่วนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นคือ การบ่งชี้ขอบเขตที่ราบน้ำท่วมถึง โดยในการบ่งชี้ขอบเขตที่ราบน้ำท่วมถึงนั้น จากการศึกษาของ Takaya (1969a,1987) ใช้ข้อมูลเส้นทางน้ำธรรมชาติในการบ่งชี้ขอบเขตที่ราบน้ำท่วมถึง นอกจากนั้นแล้วยังมีงานศึกษาของ Kaida (1973) ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับขอบเขตของระดับของน้ำหลากในแต่ละส่วนพื้นที่ จึงนำข้อมูลทั้งสองนำมาซ้อนทับกันเพื่อใช้ในการบ่งชี้ขอบเขตของที่ราบน้ำท่วมถึง



0 10 20 40 60 80 100 Kilometers

ที่ราบน้ำท่วมถึง แม่น้ำ ทางน้ำธรรมชาติ

ภาพที่ 4-30 การซ้อนทับแผนที่บ่งชี้ลักษณะเส้นทางน้ำของ Takaya (1969a)

แนวการบ่งชี้ขอบเขตที่ราบน้ำท่วมถึง และขอบเขตช่วงน้ำหลากเต็ม

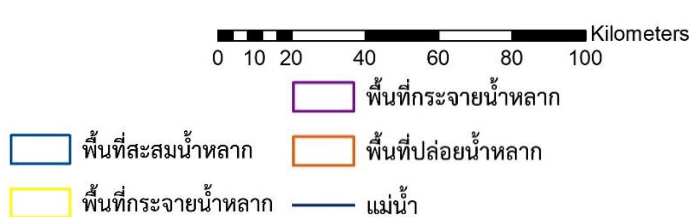
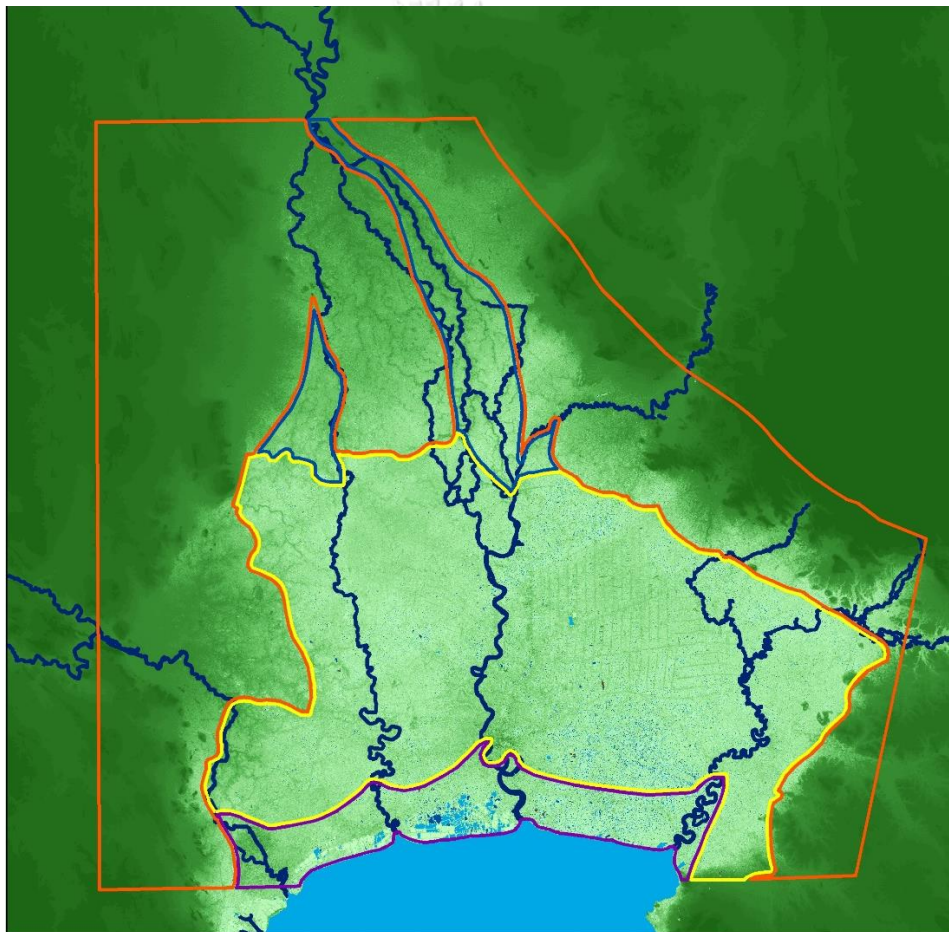
(ดัดแปลงจาก Kaida, 1973; NASA JPL, 2013)

4.3.2. การวิเคราะห์พลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการวิเคราะห์ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจากงานศึกษาของ Takaya (1987) และ Kaida (1973) นั้นได้ให้ข้อมูลลักษณะของน้ำที่หลากเข้ามาในพื้นที่ ช่วงเวลาและขอบเขตระดับความลึกของน้ำหลาก

ในแต่ละส่วนพื้นที่ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา จึงนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้วิเคราะห์พลวัตของน้ำ

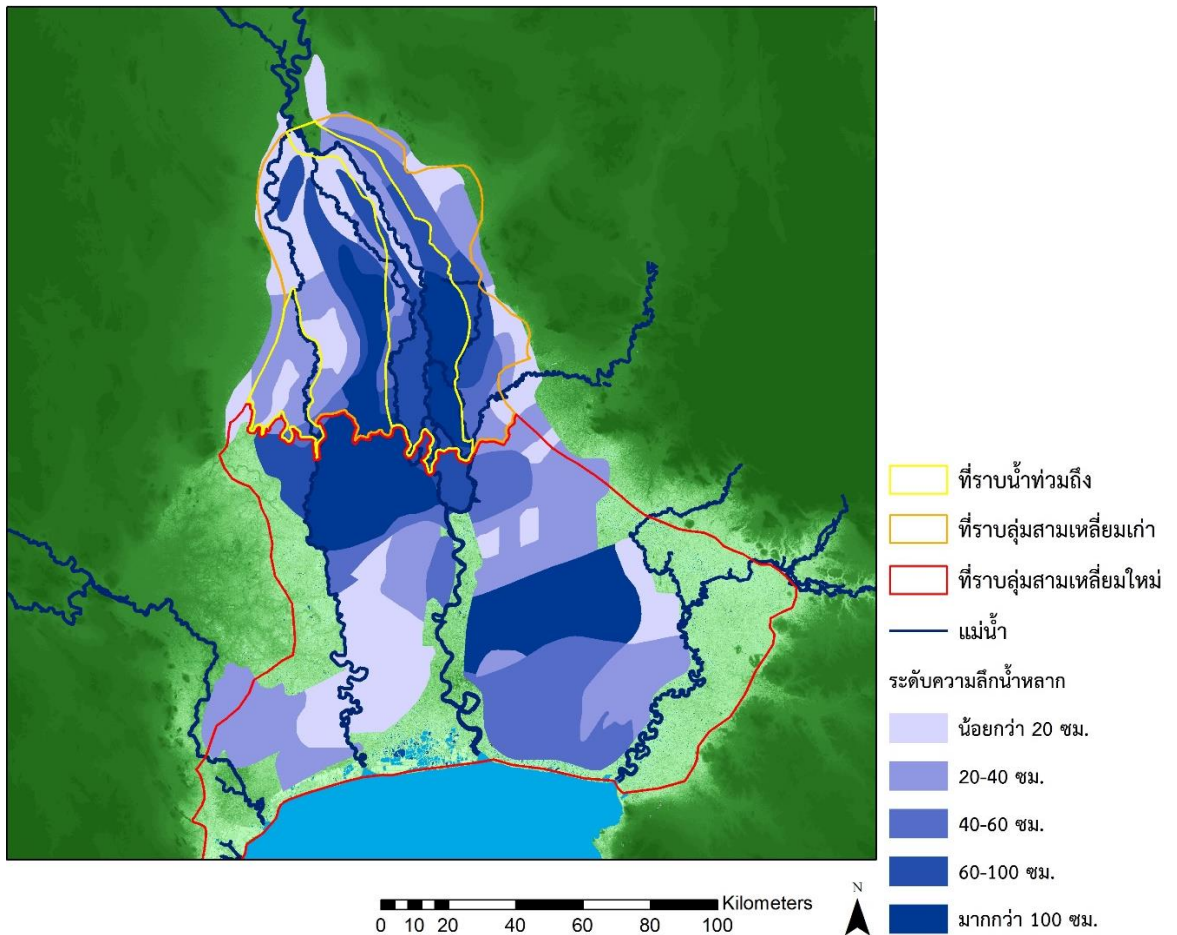
ด้วยลักษณะของภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกันในแต่ละส่วนพื้นที่ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา จึงทำให้เกิดความแตกต่างของหน้าที่ภูมิทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กับน้ำที่แตกต่างกัน โดย Takaya (1987) ได้จำแนกหน้าที่ภูมิทัศน์ของแต่ละส่วนพื้นที่ที่สัมพันธ์กับน้ำไว้โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปล่อยน้ำหลาก ส่วนสะสมน้ำหลาก และส่วนกระจายน้ำหลาก ดังภาพ 4-31 ซึ่งจากข้อมูลส่วนนี้จะให้ภาพของหน่วยภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ



ภาพที่ 4-31 แผนที่หน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

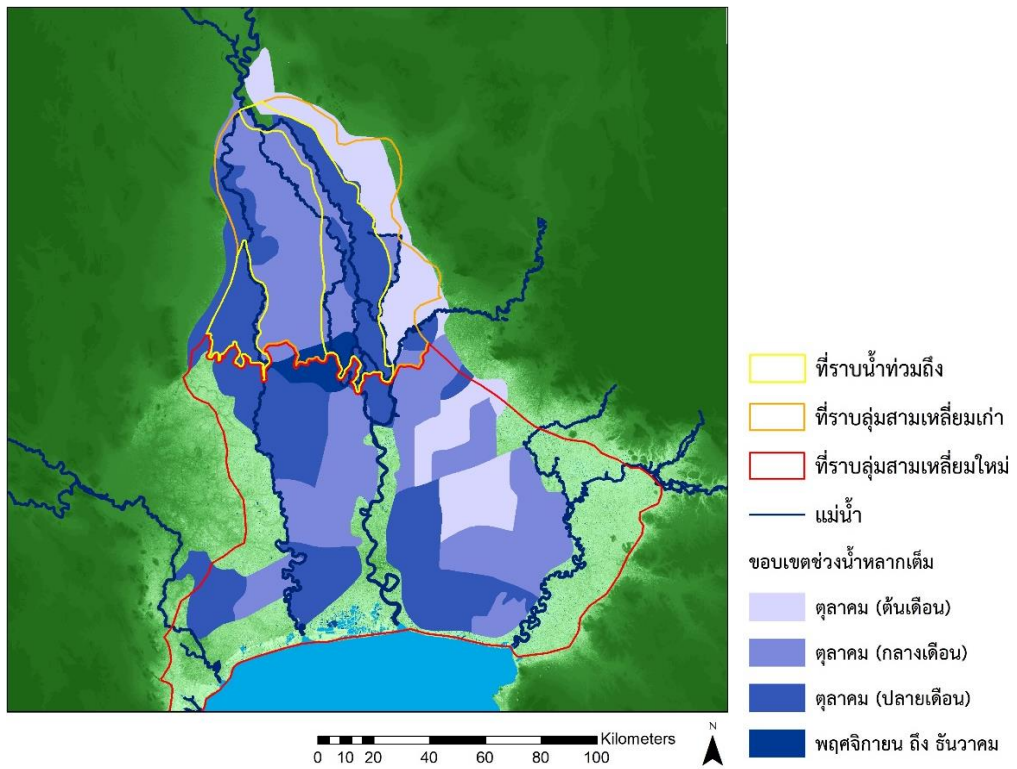
(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)

เมื่อทราบถึงหน่วยภูมิทัศน์ซึ่งให้ภาพของหน้าที่ภูมิทัศน์แล้ว หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลของ Kaida (1973) มาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อทำความเข้าใจเงื่อนไขของน้ำที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้ข้อมูลช่วงเวลาที่น้ำหลากเข้าเต็มพื้นที่ และช่วงเวลาที่น้ำหลากระบายออกจากพื้นที่ทั้งหมด และระดับความลึกของน้ำหลากซึ่งในแต่ละส่วนพื้นที่ซ้อนทับกับแผนที่การจำแนกโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา



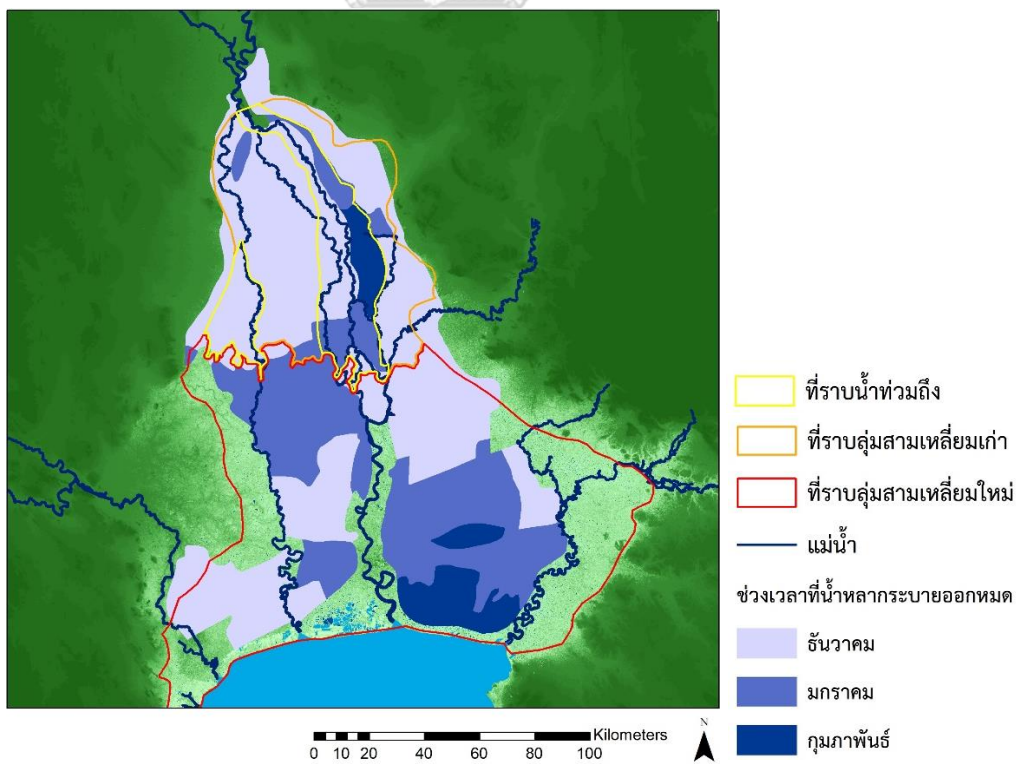
ภาพที่ 4-32 แผนที่ความลึกน้ำหลากซึ่งในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516)

(ดัดแปลงจาก Kaida, 1973; Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)



ภาพที่ 4-33 แผนที่ช่วงเวลาที่น้ำหลากขังเต็มพื้นที่ ปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516)

(ดัดแปลงจาก Kaida, 1973; Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)



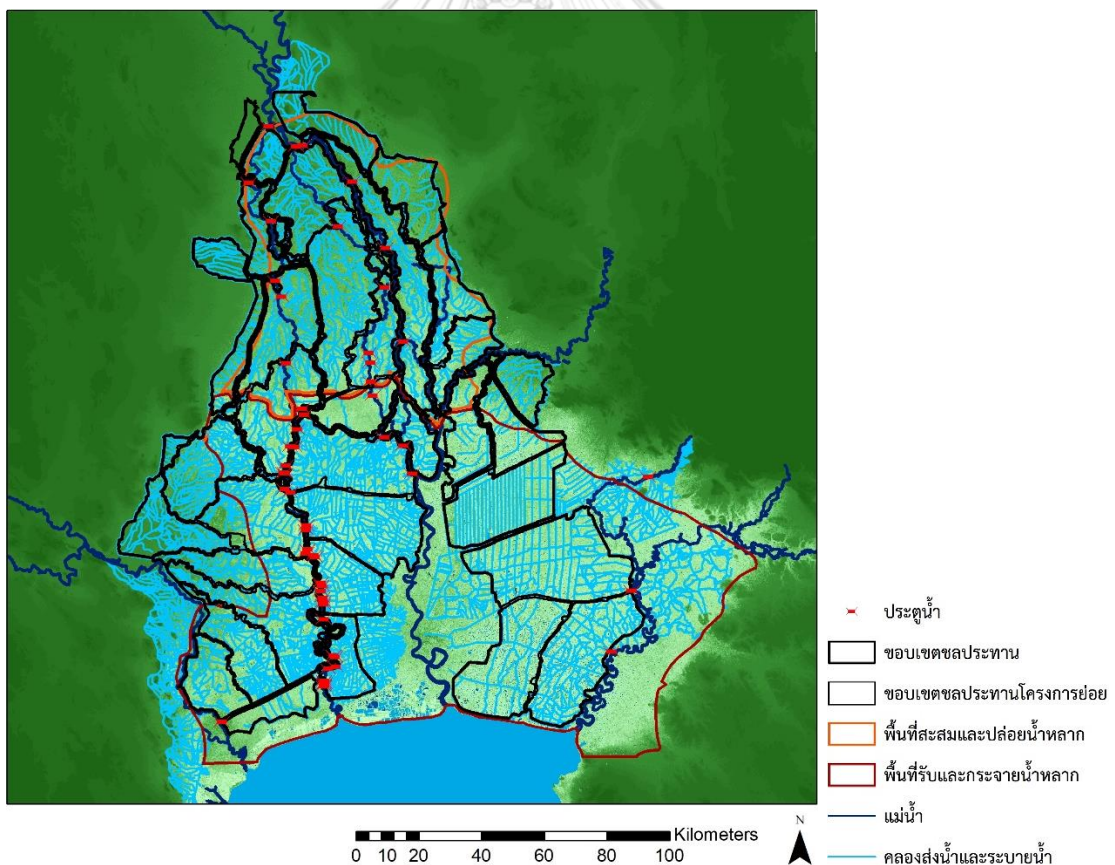
ภาพที่ 4-34 แผนที่ช่วงเวลาที่น้ำทลากรบายออกหมด ปี ค.ศ. 1973 (พ.ศ. 2516)

(ดัดแปลงจาก Kaida, 1973; Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)

4.3.3. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน คือ ระบบชลประทานและโครงข่ายถนน และการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการขยายตัวของเมือง

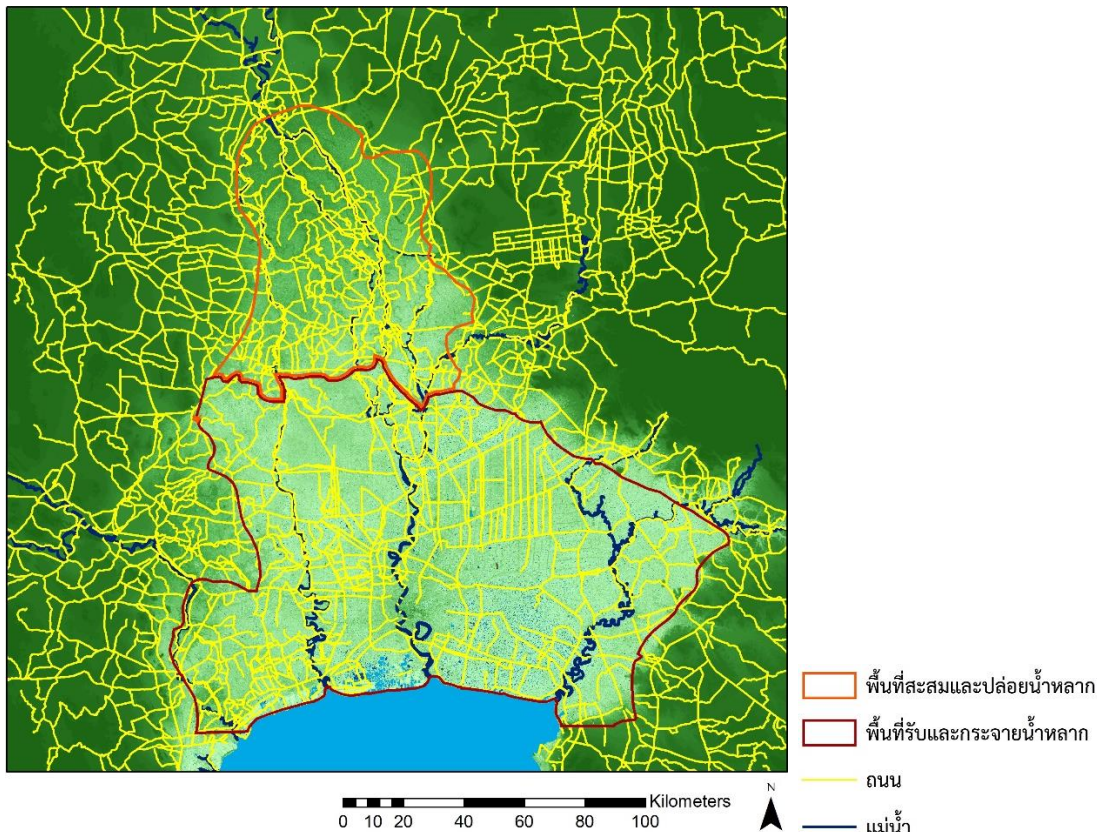
การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการพัฒนาระบบชลประทาน และโครงข่ายถนนนั้น ทำได้โดยการนำข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงการชลประทาน ซึ่งประกอบด้วย ขอบเขตพื้นที่โครงการชลประทาน แนวคลองชลประทาน และตำแหน่งประตูน้ำ ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์โครงข่ายถนน มาซ้อนทับกับแผนที่ระดับความสูง แผนที่หน้าทีภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อบ่งชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพลวัตน้ำ และปัญหาจากการพัฒนาบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในปัจจุบัน



ภาพที่ 4-35 การซ้อนทับข้อมูลโครงการชลประทาน และแผนที่หน้าทีภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ

ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; กรมชลประทาน, 2555; NASA JPL, 2013)



ภาพที่ 4-36 การซ้อนทับข้อมูลถนน และแผนที่หน้าทีภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ

ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

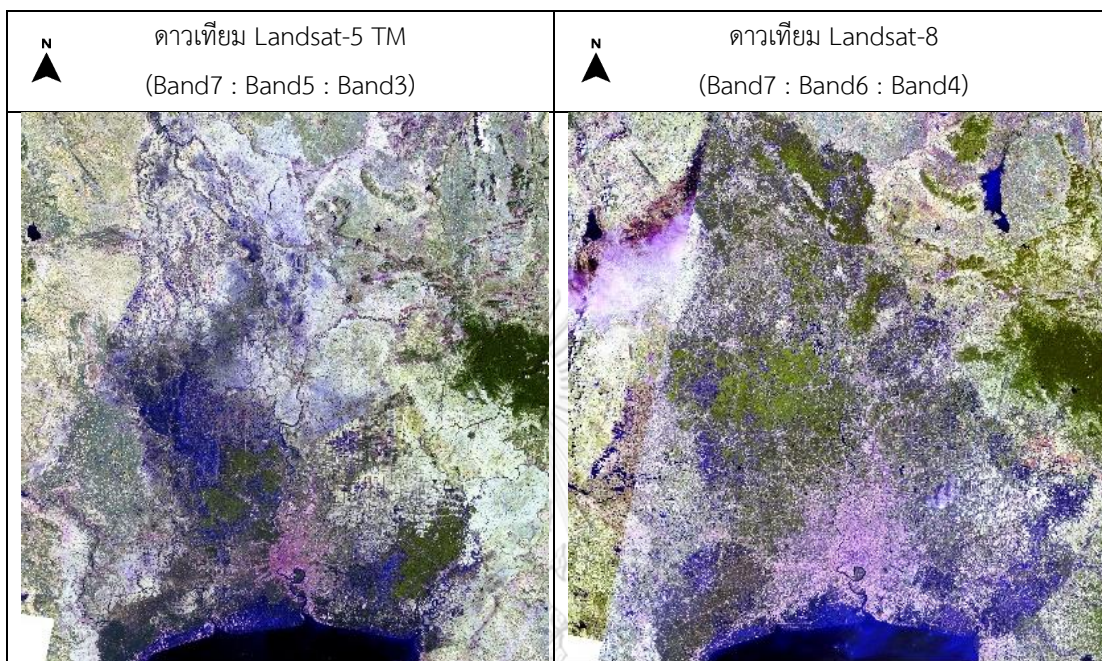
(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; กรมทางหลวง, 2562; NASA JPL, 2013)

การวิเคราะห์การขยายตัวของเมือง เป็นการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมผิว และบ่งชี้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงเลือกใช้วิธีการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยเน้นข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง ด้วยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ ดาวเทียม Landsat-8 มาช่วยในการวิเคราะห์

ในการนำเอาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ในการวิเคราะห์ ก่อนการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตานั้นต้องมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric Correction) แล้วจึงทำการเน้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Enhancement) โดยการเน้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นทำด้วย 2 วิธีการ คือ 1) การทำภาพสีผสม 2) การเน้นข้อมูลเชิงคลื่น

การทำภาพสีผสมในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการทำภาพสีผสมเพื่อเน้นพื้นที่สิ่งปลูกสร้างให้เด่นชัด จึงเลือกนำภาพสีผสมเท็จที่เน้นพื้นที่เมืองมาใช้ในการเน้นข้อมูลภาพถ่าย

ดาวเทียม โดยเลือกช่วงคลื่น 3 ช่วงคลื่นมาใส่ลงในแม่สี 3 สี (RGB) ประกอบด้วย R: ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (SWIR2) G: ช่วงคลื่นอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (SWIR1) B: ช่วงคลื่นแสงสีแดง (RED)

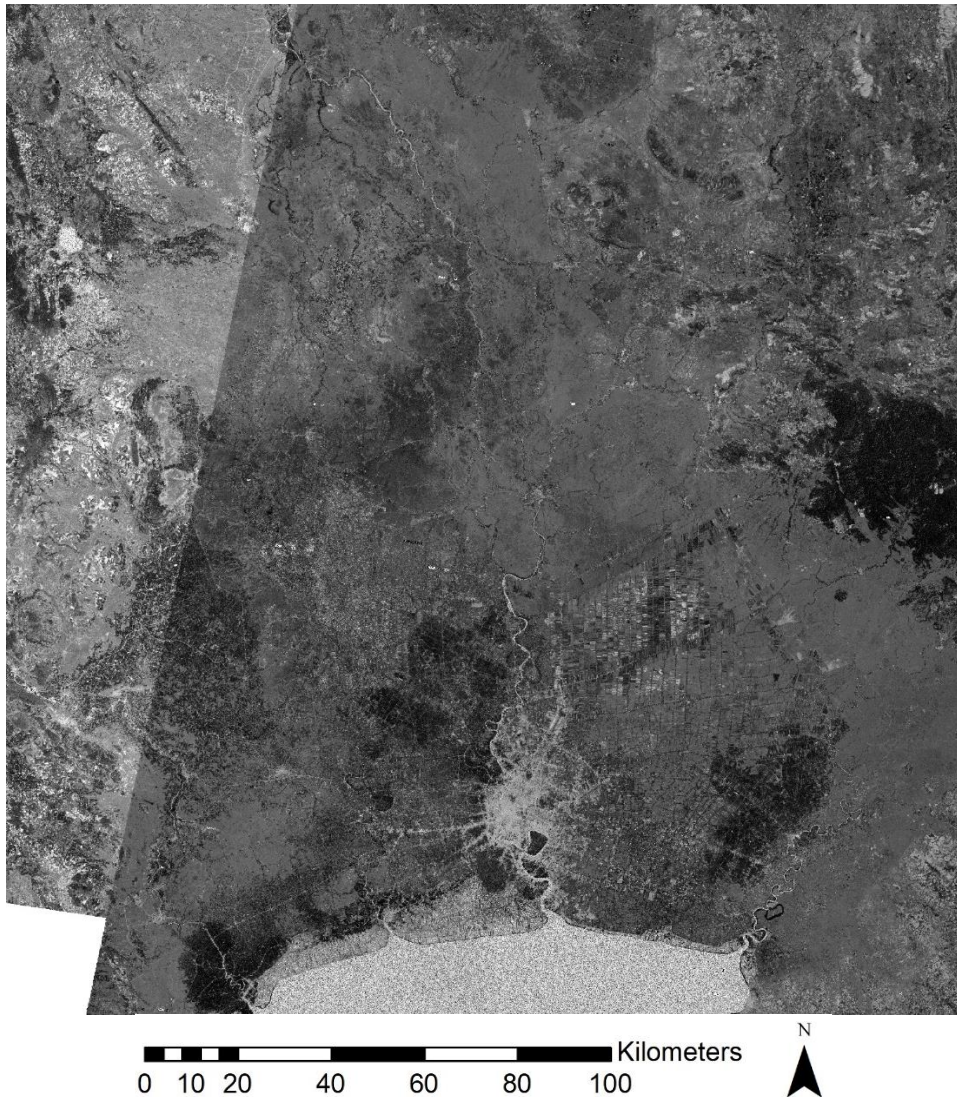


ตารางที่ 4-5 ภาพสีผสมเท็จเน้นพื้นที่เมือง จากดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8

(Earth Observing System, 2019; U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey, 2018)

การเน้นข้อมูลเชิงคลื่นสำหรับในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยเน้นสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างเพื่อนำมาเปรียบเทียบศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งการเน้นข้อมูลเชิงคลื่นที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ คือ การคำนวณเชิงคลื่น โดยใช้การคำนวณค่าดัชนีทั่วไปของสิ่งปลูกสร้าง

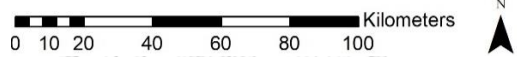
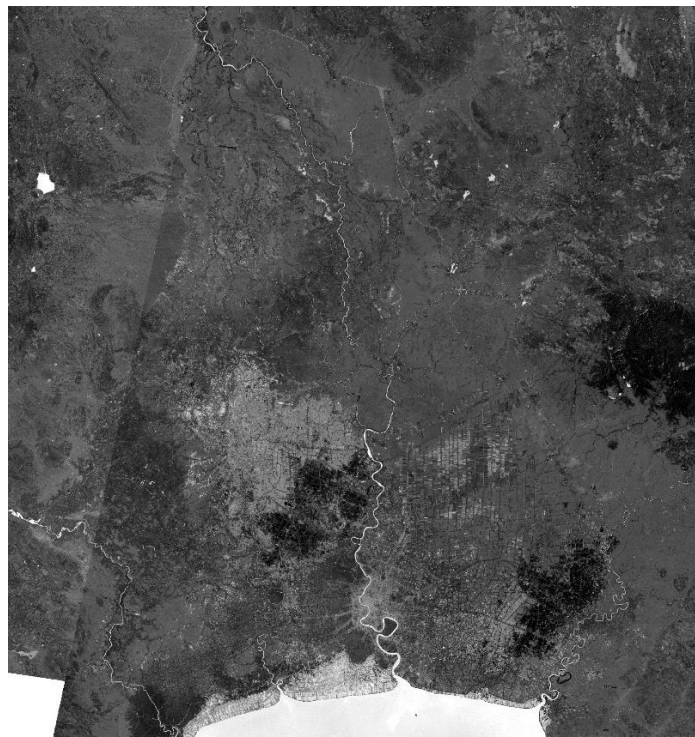
การคำนวณค่าดัชนี NBAI เป็นค่าดัชนีที่ใช้สำหรับเน้นข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้าง นอกจากนั้นยังสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทอื่นได้อีกด้วย โดยการใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน และช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว



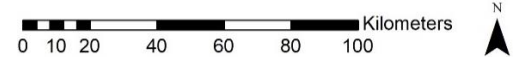
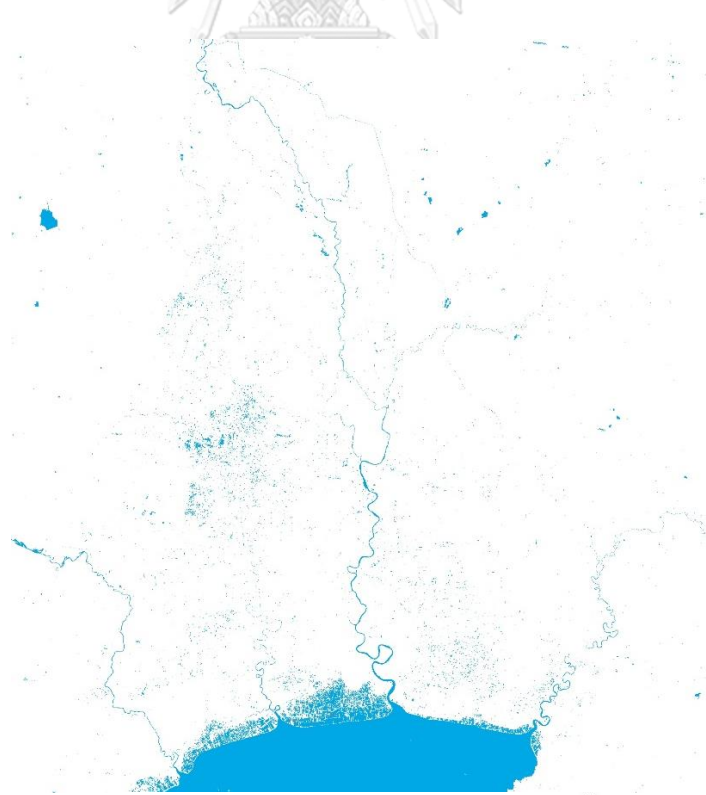
ภาพที่ 4-37 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ที่ทำการคำนวณค่าดัชนี NBAI ก่อนตัดข้อมูลน้ำออก

แต่ด้วยการคำนวณค่าดัชนี NBAI นั้นมีการใช้ค่าช่วงคลื่นแสงสีเขียว และคลื่นอินฟราเรดสั้น ซึ่งสามารถสะท้อนค่าของน้ำได้ดี ทำให้สามารถเกิดความคลาดเคลื่อนของค่า NBAI ได้ และมีผลต่อการจำแนกสิ่งปลูกสร้างกับน้ำได้ จึงต้องทำการตัดข้อมูลน้ำออกก่อนโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณดัชนีความแตกต่างทั่วไปของน้ำ (Normalize Difference Water Index: NDWI) มาตัดข้อมูลน้ำออก

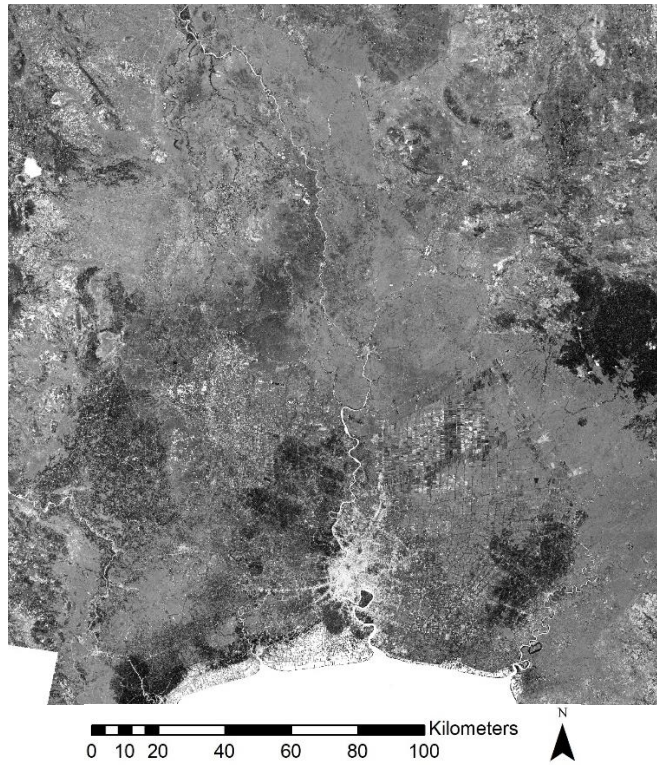
การคำนวณค่าดัชนี NDWI ใช้เพื่อนำข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทน้ำให้เด่นชัดขึ้นมา โดยใช้ค่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว (Green) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near-infrared: NIR) โดยเมื่อทำการคำนวณดัชนี NDWI แล้ว ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 สิ่งปกคลุมผิวดินประเภทผิวน้ำนั้นจะสะท้อนค่าบวกมีค่าเข้าใกล้ 1



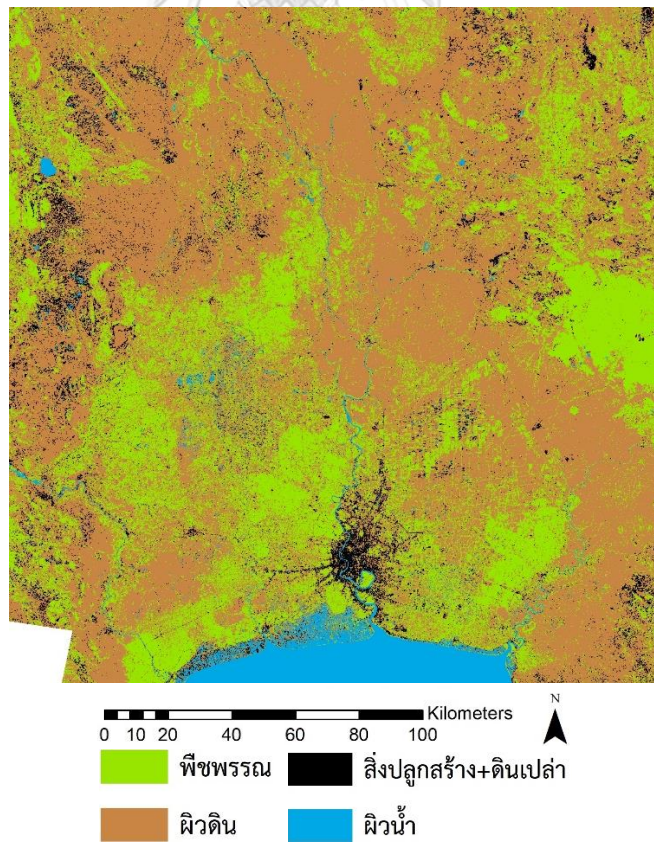
ภาพที่ 4-38 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ที่คำนวณค่าดัชนี NDWI



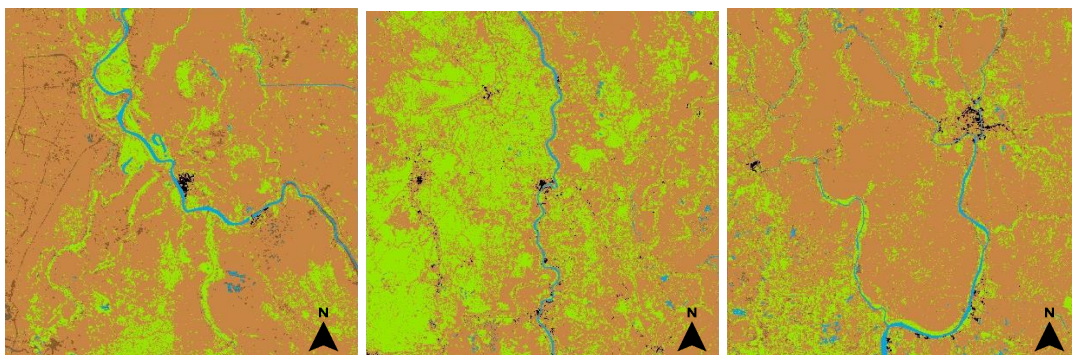
ภาพที่ 4-39 ภาพการจับกลุ่มประเภทข้อมูลใหม่ เลือกเฉพาะข้อมูลผิวน้ำ



ภาพที่ 4-40 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ที่คำนวณค่าดัชนี NBAI หลังตัดข้อมูลน้ำออก



ภาพที่ 4-41 ภาพการจัดกลุ่มประเภทข้อมูลใหม่



ภาพที่ 4-42 ภาพการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่จากการคำนวณดัชนี NBAI ในพื้นที่ศึกษาย่อย

การเน้นข้อมูลเชิงคลื่นโดยค่าดัชนี NBAI นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างออกจากดินเปล่า สำหรับข้อมูลดาวเทียมระบบรีมาติกแมพเพอร์ อย่างดาวเทียม Landsat-5 TM แต่ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลดาวเทียม Landsat-8 ได้ด้วยการเลือกค่าช่วงคลื่นที่ใกล้เคียงกันมาใช้ในการคำนวณตามสูตร

ถึงแม้ว่าการเน้นข้อมูลเชิงคลื่นโดยการใช้ดัชนี NDWI และดัชนี NBAI จะสามารถทำให้เน้นข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างออกมาได้ โดยแยกออกจากผิวดินเปล่าได้ด้วย แต่ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลเชิงคลื่นบางประการ ทำให้ข้อมูลสิ่งปลูกสร้างที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนโดยมีข้อมูลดินเปล่าปรากฏอยู่บ้าง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลมากขึ้น ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้ไขด้วยตนเองอีกครั้งหนึ่ง ด้วยการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งเป็นข้อมูลตารางกริด (Raster) ให้เป็นข้อมูลเชิงเส้น (Vector) แล้วจึงทำการแก้ไขข้อมูล

4.4. สรุปการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อการวิเคราะห์โครงสร้างของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นการประมวลผลและสังเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่การจำแนกโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาของ Takaya (1987) และแผนที่เก่าปี 2466 (สำนักหอจดหมายเหตุแห่งชาติ, ผ.สบส. 1/4) ประกอบกับข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30 m (NASA JPL, 2013) โดยการแปลงข้อมูลภาพแผนที่เป็นข้อมูลเชิงเส้นแล้วนำไปซ้อนทับกับแผนที่ชั้นความสูงซึ่งได้จากการจัดกลุ่มข้อมูลใหม่ของแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข สิ่งที่ได้จากการดำเนินการขั้นนี้ คือ แผนที่จำแนกโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

ในการดำเนินการวิจัยเพื่อการวิเคราะห์พลวัตของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้น ได้มาจากการประมวลและสังเคราะห์ข้อมูลแผนที่ของ Kaida (1973) และ Takaya (1987) โดยแผนที่ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย

1. แผนที่แสดงอุทกวิทยาของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาของ Takaya (1987) นำมาใช้วิเคราะห์หน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์แผนที่ คือ หน่วยภูมิทัศน์แสดงหน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำ
2. แผนที่ช่วงเวลาที่มีน้ำหลากขังเต็มพื้นที่ แผนที่ช่วงเวลาที่มีน้ำหลากระบายออกจากพื้นที่หมด และแผนที่ระดับความลึกของน้ำหลากในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา นำมาวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์คือ ลักษณะทิศทางการไหลหลากของน้ำ

จากการวิเคราะห์ทั้ง 2 อย่างนี้ทำให้ทราบถึงเงื่อนไขหรือพลวัตของน้ำของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

ส่วนสุดท้ายคือการดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงใช้วิธีในการวิจัย 2 วิธีร่วมกันคือ การคำนวณค่าดัชนีเนินภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 เพื่อเน้นข้อมูลพื้นที่สิ่งปลูกสร้างและนำมาเปรียบเทียบดูการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เมือง และอีกวิธี ใช้การซ้อนทับข้อมูลในการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลโครงการชลประทาน และถนน ซ้อนทับกับแผนที่ระยะเวลาน้ำหลากขัง สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์ขั้นนี้ คือ เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งมีผลต่อโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

บทที่ 5 ผลการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและการดำเนินการวิจัยเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยการใช้ข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข ประกอบกับข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาด้วยการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดิน ผลที่ได้จากการดำเนินการดังกล่าวสามารถตอบคำถามการวิจัยที่ได้ตั้งไว้ทั้ง 3 ข้อ คือ

1. โครงสร้างภูมิทัศน์ หน้าที่ภูมิทัศน์ และพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างไร
2. การวิเคราะห์โครงสร้างภูมิทัศน์ หน้าที่ภูมิทัศน์ และพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำได้อย่างไร
3. การเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างไร และส่งผลอย่างไร

โดยผลการวิจัยสามารถอธิบายได้ดังนี้

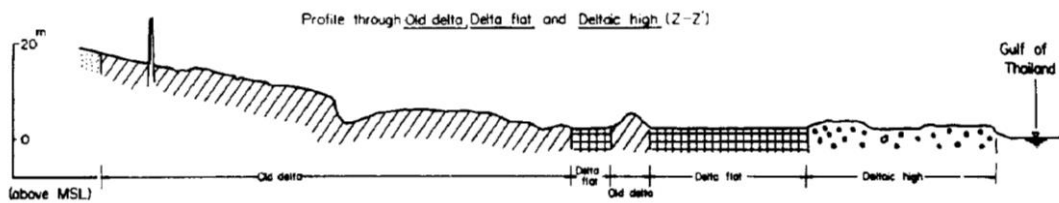
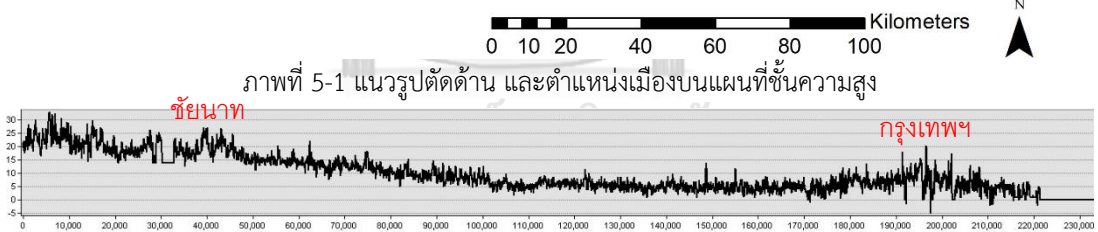
5.1. โครงสร้างและหน้าที่ภูมิทัศน์ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์สามารถอธิบายถึงที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาได้ว่า ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยาเป็นภูมิทัศน์ที่เกิดขึ้นจากการกระทำของน้ำ สร้างให้เกิดภูมิประเทศลักษณะต่าง ๆ ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ และที่ราบน้ำท่วมถึง โดยมีพื้นที่เนินตะกอนและลานตะพักเชิงซ้อนเป็นขอบของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

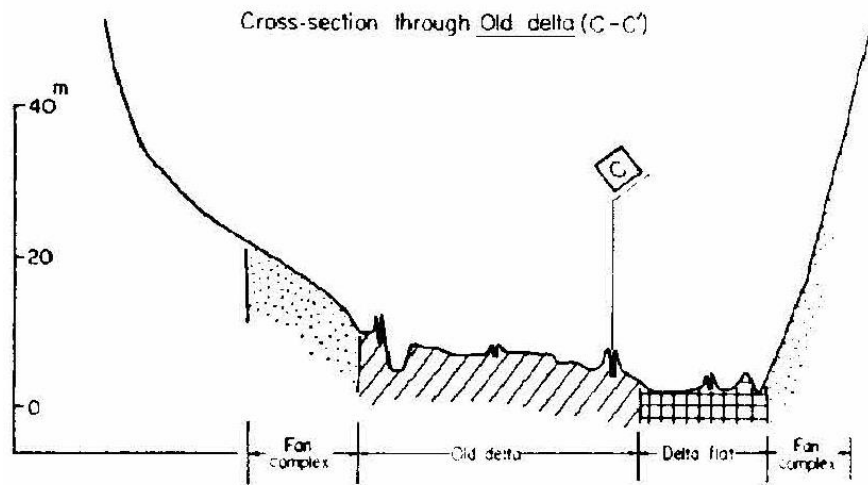
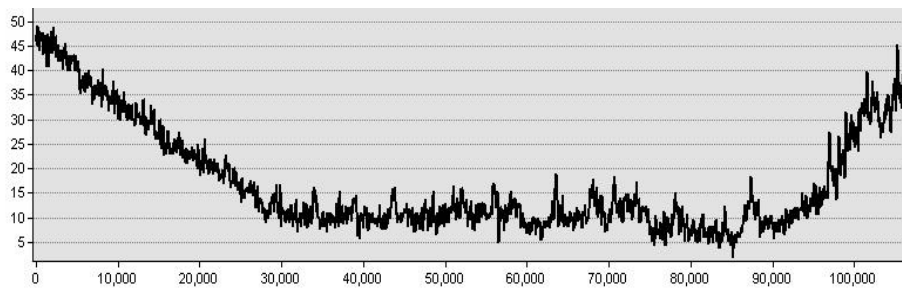
จากข้อมูลข้างต้นจึงนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและหน้าที่ภูมิทัศน์โดยการทำรูปตัดด้านทั้งตามยาวและตามขวาง ทำให้เห็นลักษณะของภูมิประเทศที่ลาดเอียงจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้หรือลาดเอียงจากที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าสู่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่โดยบริเวณที่ใกล้ชายฝั่งจะมีลักษณะภูมิประเทศที่สูงชัน และจากรูปตัดด้านตามขวางซึ่งตัดผ่านจากพื้นที่เนินตะกอนกับลานตะพักเชิงซ้อนสู่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ ลักษณะภูมิประเทศที่ปรากฏคือพื้นที่ราบกว้าง มีการลาดเอียงของภูมิประเทศจากพื้นที่เนินตะกอนกับลานตะพักเชิงซ้อนเข้าสู่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ จากรูปตัดทั้ง 2 แนวนั้นทำให้สามารถระบุโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาได้ว่าเป็นภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มแอ่งกระทะ



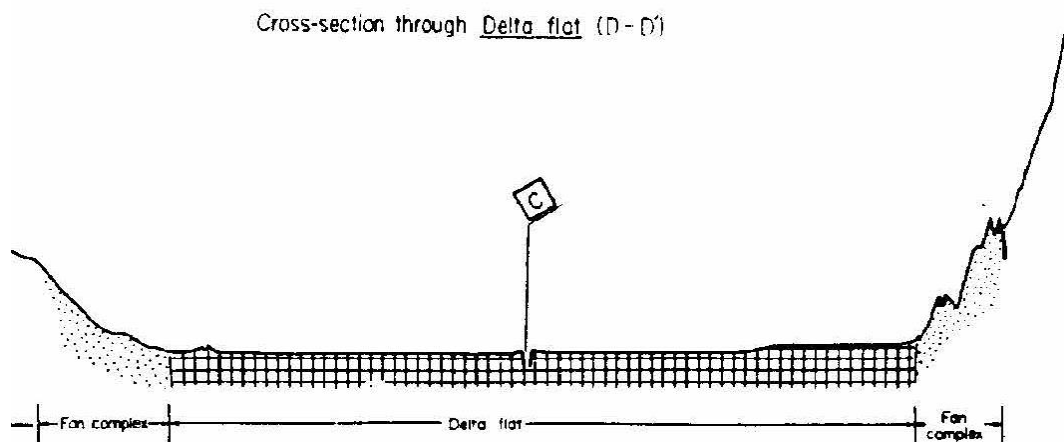
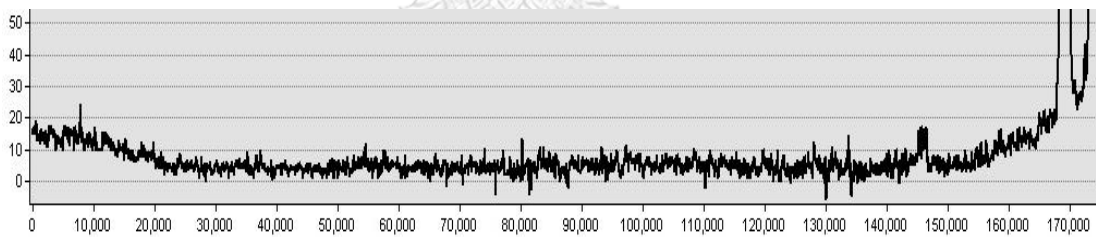
ภาพที่ 5-1 แนวรูปตัดด้าน และตำแหน่งเมืองบนแผนที่ชั้นความสูง



ภาพที่ 5-2 รูปตัดด้านตามยาว AA' เทียบกับรูปตัดด้านตามยาวของ Takaya (1971)



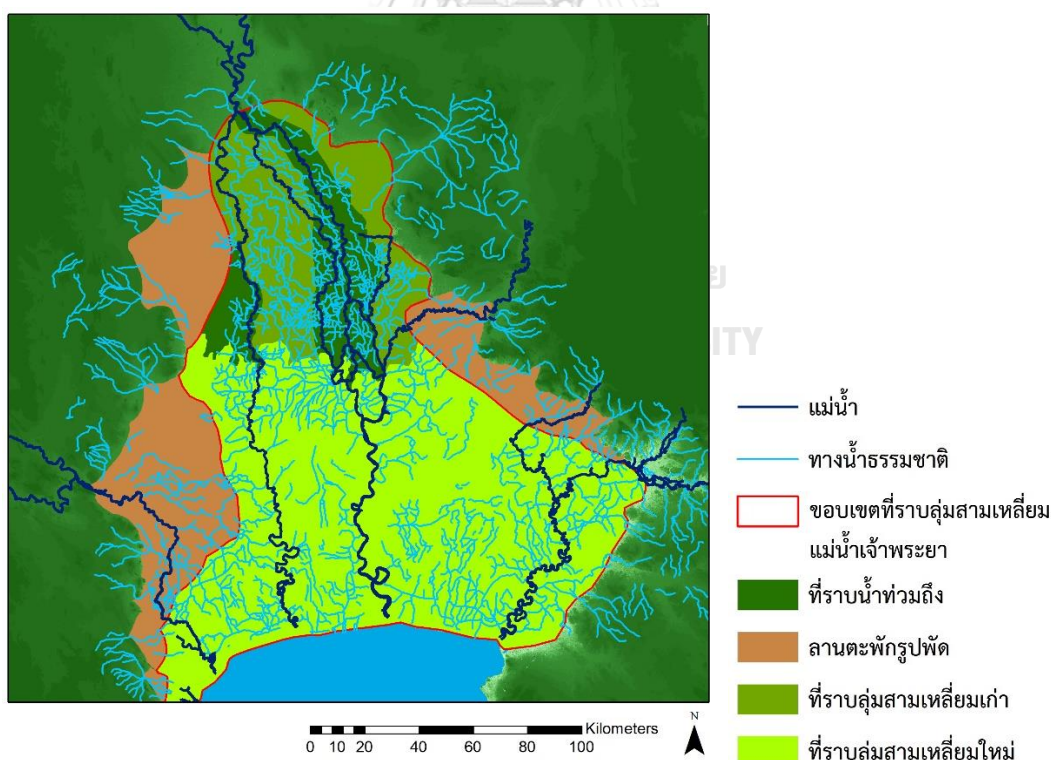
ภาพที่ 5-3 รูปตัดด้านตามขวาง BB' เทียบกับรูปตัดด้านตามขวางของ Takaya (1971)



ภาพที่ 5-4 รูปตัดด้านตามขวาง CC' เทียบกับรูปตัดด้านตามขวางของ Takaya (1971)

นอกจากการวิเคราะห์โดยการทำรูปตัดด้านแล้วยังทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยการซ้อนทับข้อมูลแผนที่จำแนกโครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยาของ Takaya (1987) และแผนที่เก่า พ.ศ. 2466 (สำนักหอจดหมายเหตุแห่งชาติ, ผ.สบส. 1/4) บนข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m (NASA JPL, 2013) ได้ผลการจำแนกออกมาดังนี้

1. ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าและที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ ระบุขอบเขตได้ด้วยการแปลภาพด้วยตาเปล่าแผนที่ชั้นความสูงซึ่งได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข โดยมีข้อมูลเส้นชั้นความสูง 2.5 เมตรเป็นตัวแบ่งพื้นที่ทั้ง 2 ส่วน
2. ที่ราบน้ำท่วมถึง ใช้ข้อมูลจากแผนที่การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบเส้นทางน้ำของ Takaya (1969a) และข้อมูลแผนที่การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาของ Kaida (1973) มาซ้อนทับข้อมูลกัน
3. ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม สามารถบ่งชี้ขอบเขตได้จากการแปลภาพด้วยตาเปล่าแผนที่ชั้นความสูงซึ่งได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข โดยส่วนขอบของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นจะมีค่าระดับตั้ง 15 เมตรขึ้นไป



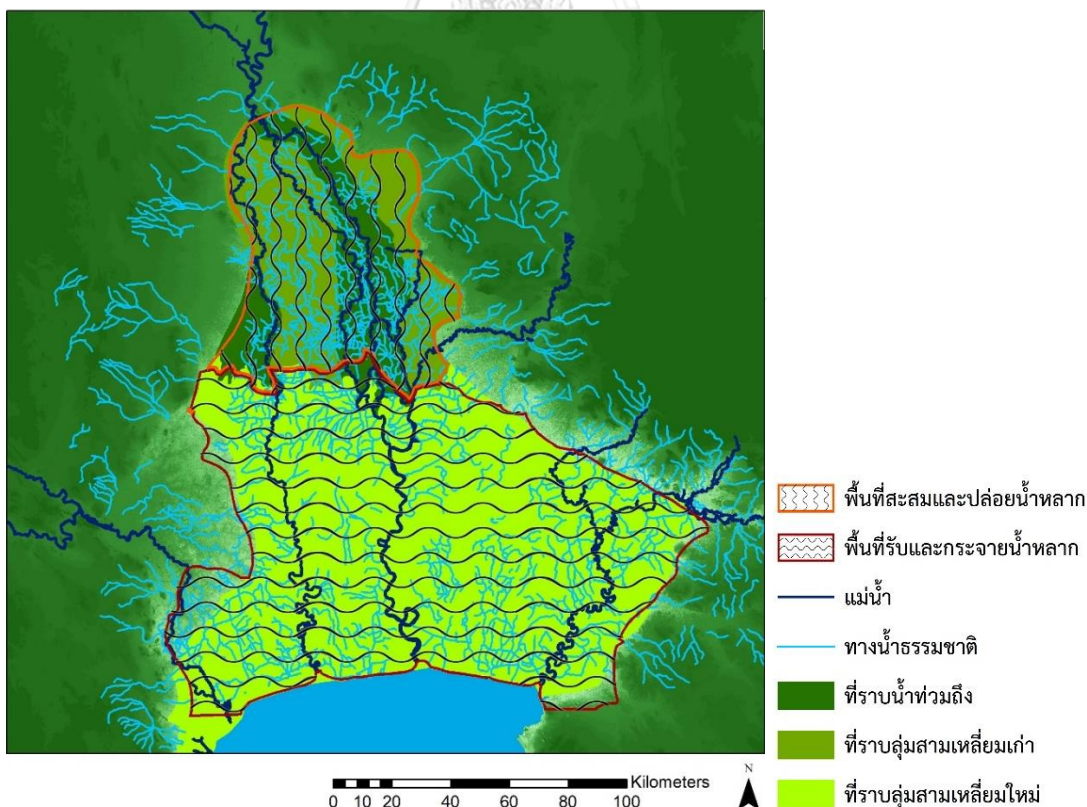
ภาพที่ 5-5 แผนที่การจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาตามธรณีสัณฐาน

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)

จากความสัมพันธ์ของภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นที่ราบแอ่งกระทะและน้ำบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นที่ราบลุ่มนี้จึงทำหน้าที่ภูมิทัศน์เป็นพื้นที่รับน้ำที่หลากมาจากพื้นที่ตอนบน และการเกิดน้ำท่วมหลากบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงเป็นเรื่องปกติที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

5.2. พลวัตน้ำหลากของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยา

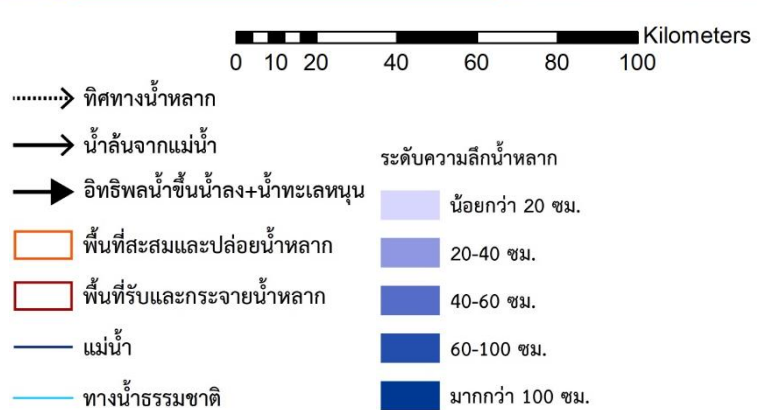
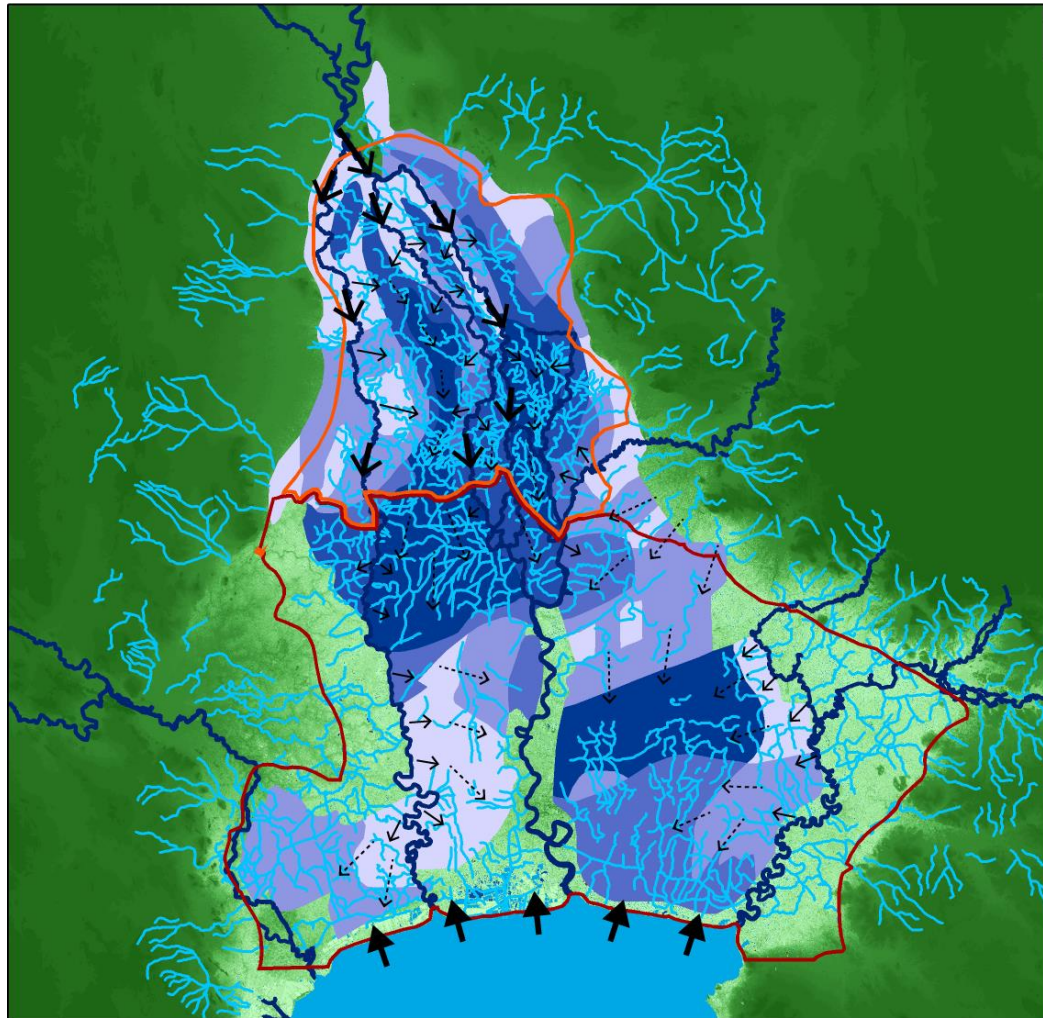
จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับพลวัตของน้ำของ Takaya (1987) และ Kaida (1973) แล้วนำข้อมูลแผนที่จากงานศึกษาดังกล่าวมาแปลงเป็นข้อมูลเชิงเส้นเพื่อนำมาวิเคราะห์พลวัตของน้ำ จากข้อมูลของ Takaya (1987) ได้ระบุถึงหน่วยภูมิทัศน์ตามหน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับอุทกวิทยาโดยจำแนกไว้เป็น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนปล่อยน้ำหลาก อยู่บริเวณเนินตะกอนและลานตะพักเชิงซ้อน กับ ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า 2) ส่วนสะสมน้ำหลาก อยู่บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง และ 3) ส่วนกระจายน้ำหลาก อยู่บริเวณ ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ โดยเมื่อนำข้อมูลมาสังเคราะห์ใหม่สามารถจำแนกหน่วยภูมิทัศน์ตามหน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับอุทกวิทยาได้เป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ส่วนปล่อยและสะสมน้ำหลาก ประกอบด้วย ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า และที่ราบน้ำท่วมถึง และ 2) ส่วนรับและกระจายน้ำหลาก คือ ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ ดังภาพ 5-6



ภาพที่ 5-6 หน่วยภูมิทัศน์ตามหน้าที่ที่สัมพันธ์กับอุทกวิทยา

(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987; NASA JPL, 2013)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลแผนที่ของ Kaida (1973) โดยการซ้อนทับข้อมูลแผนที่ช่วงเวลา
น้ำหลากขังเต็ม ช่วงเวลาที่น้ำหลากระบายออกจนหมด และแผนที่แสดงความลึกของน้ำหลากขังในที่
ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะทิศทางการไหลหลากของน้ำได้ด้วย

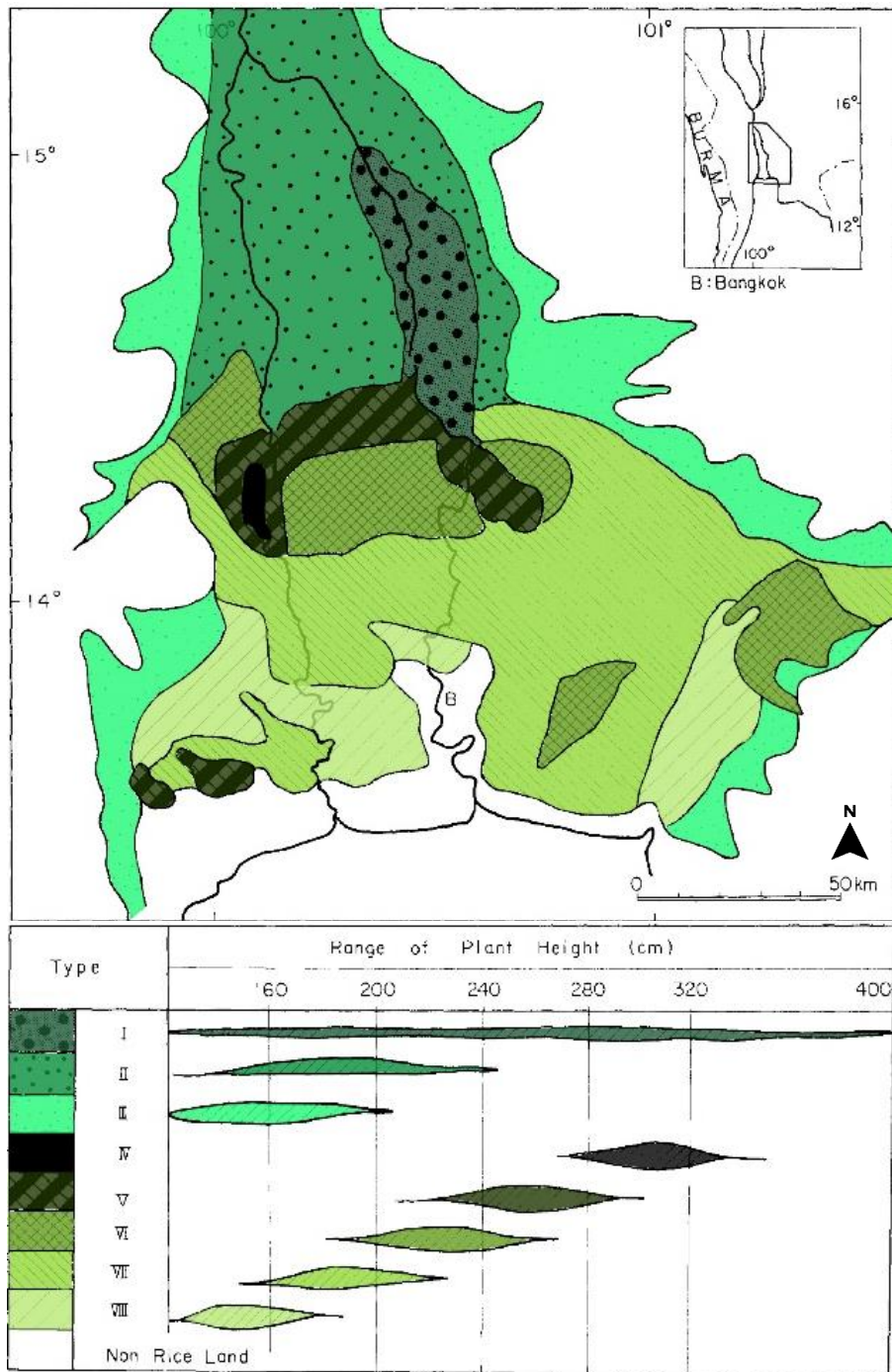


ภาพที่ 5-7 ลักษณะการไหลของน้ำหลาก

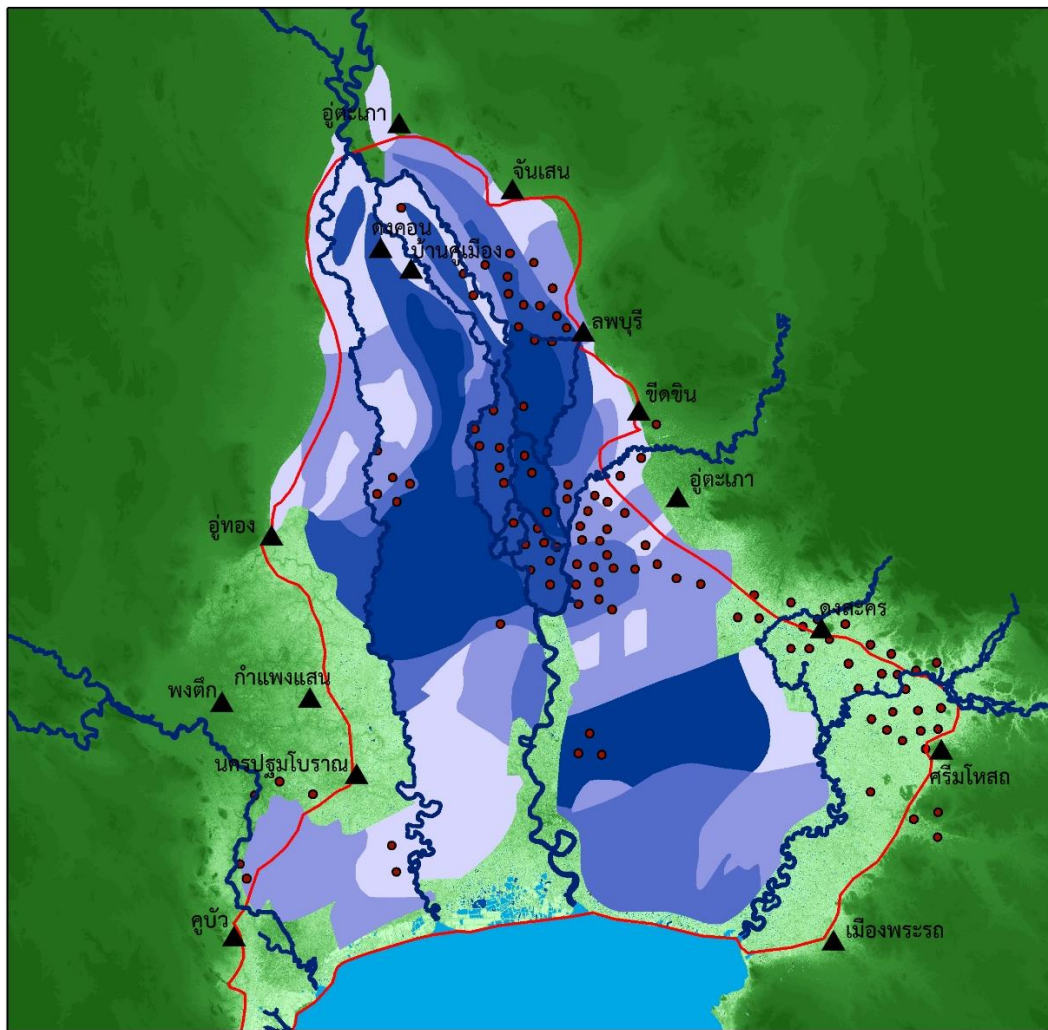
(ดัดแปลงจาก Kaida, 1973; NASA JPL, 2013)

จากการวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงให้เห็นลักษณะภูมิประเทศของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาว่าเป็นที่ราบแอ่งกระทะนั้น จึงทำให้ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำหน้าที่เป็นที่รับน้ำหลากที่ไหลหลากมาจากทางเหนือในช่วงฤดูฝน เปลี่ยนลักษณะพื้นที่ที่เคยแห้งให้กลายเป็นพื้นที่ที่เต็มไปด้วยน้ำ และน้ำหลากจะขังอยู่ในพื้นที่เป็นเวลาหลายเดือนจนกระทั่งสิ้นสุดฤดูฝนและน้ำหลากจากทางเหนือลดปริมาณลง น้ำที่ขังในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยาจึงจะลดลงและแห้งหายไปที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงกลับมาอยู่ในสภาพแห้งอีกครั้ง (Takaya, 1987) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำระหว่างสภาพแห้งและสภาพเปียกนี้ เรียกว่า พลวัตน้ำหลาก (Junk, 1997) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีลักษณะแห้งสลับเปียกและเกิดขึ้นเป็นประจำทุก ๆ ปี

ผลของพลวัตน้ำหลากทำให้ภูมิทัศน์มีความอุดมสมบูรณ์ (Junk, 1997) และเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการตั้งถิ่นฐานบนที่ราบลุ่มน้ำสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งสะท้อนออกมาให้เห็นจากการปรับตัวในการเพาะปลูกข้าวเพื่อเป็นแหล่งอาหารในการดำรงชีวิต โดยลักษณะของข้าวที่ปลูกในแต่ละพื้นที่บนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีความแตกต่างกันของความสูงของต้นข้าว ซึ่งสัมพันธ์ต่อความลึกของระดับน้ำหลากขังในแต่ละพื้นที่ ดังภาพที่ 5-8 และภาพที่ 5-9



ภาพที่ 5-8 ความสูงของต้นข้าวที่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่
(ดัดแปลงจาก Takaya, 1987)



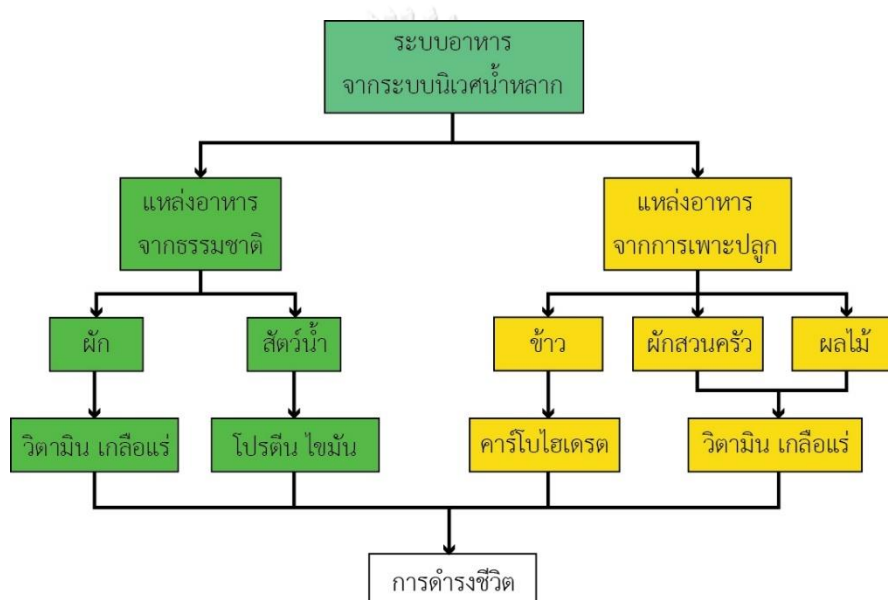
0 10 20 40 60 80 100 Kilometers
 ระดับความลึกน้ำหลาก
 ▲ ตำแหน่งเมืองสมัยทวารวดี
 — แม่น้ำ
 ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม
 แม่น้ำเจ้าพระยา
 • ตำแหน่งปลูกข้าวน้ำลึก
 ภาพที่ 5-9 ตำแหน่งเพาะปลูกข้าวน้ำลึก และเมืองสมัยทวารวดี
 (ดัดแปลงจาก Catling, 1999; ตรงใจ หุตางกูร, 2557)

| |
|-----------------|
| น้อยกว่า 20 ซม. |
| 20-40 ซม. |
| 40-60 ซม. |
| 60-100 ซม. |
| มากกว่า 100 ซม. |

นอกจากพลวัตน้ำหลากจะเป็นเงื่อนไขข้อจำกัดต่อการตั้งถิ่นฐานบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วนั้น พลวัตน้ำหลากยังให้ประโยชน์ทางด้านนิเวศบริการแก่มนุษย์ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 4 อย่างตามทฤษฎีของ Millennium Ecosystem Assessment (Alcamo et al., 2003) คือ

1. นิเวศบริการเชิงการผลิต

มนุษย์ได้ประโยชน์ในแง่ของแหล่งอาหารจากธรรมชาติ โดยทรัพยากรอาหารที่มากับพลวัตน้ำหลาก คือ ปลา ซึ่งมีปริมาณมากเพียงพอที่สามารถบริโภคได้ทั้งปี อีกทั้งยังได้พืชผักที่ขึ้นเองตามธรรมชาติตามพื้นที่ที่รินน้ำมาเป็นแหล่งอาหารอีกทางด้วย (เกียรติกมล นิลারণกุล, 2561) นอกจากนี้ยังรวมถึงทรัพยากรที่เป็นแหล่งวัตถุดิบพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต เช่น ทรัพยากรดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ทำให้สามารถเพาะปลูกพืชพรรณต่าง ๆ ได้ ทำให้เกิดเป็นระบบอาหารและได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนจากแหล่งอาหารธรรมชาติ



ภาพที่ 5-10 ระบบอาหารซึ่งมนุษย์ได้จากนิเวศบริการเชิงการผลิต

(ดัดแปลงจาก เกียรติกมล นิลারণกุล, 2561)

2. นิเวศบริการเชิงการควบคุม

พลวัตน้ำหลากทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิทัศน์แบบแห้งให้เป็นภูมิทัศน์แบบเปียก ซึ่งทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำซึ่งเป็นการควบคุมคุณภาพของแหล่งน้ำให้อยู่ในระดับที่ดี และมนุษย์สามารถใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้พลวัตน้ำหลากยังช่วยกระตุ้นสิ่งมีชีวิตบางชนิดให้เกิดการขยายพันธุ์ การอพยพ และยับยั้งควบคุมสิ่งมีชีวิตบางชนิดทำให้เกิดสมดุลในระบบนิเวศ (Junk, 1997) ซึ่งยังประโยชน์ให้กับมนุษย์ในแง่ของการควบคุมโรคระบาดและศัตรูพืช รวมถึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว (เกียรติกมล นิลারণกุล, 2561)

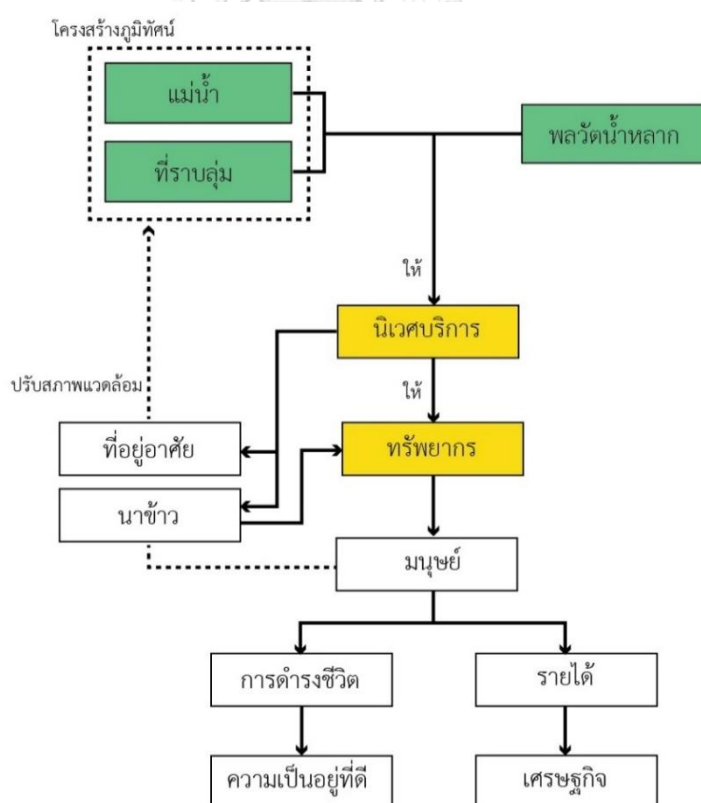
3. นิเวศบริการเชิงการสนับสนุน

จากการที่พลวัตน้ำหลากทำให้เกิดการหมุนเวียนแร่ธาตุ สาร ทำให้เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับภูมิทัศน์ การหมุนเวียนของสภาพภูมิทัศน์ที่กระตุ้นให้สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์เกิดการขยายพันธุ์ ทำให้เกิดเป็นแหล่งทรัพยากรอาหารให้กับมนุษย์ รวมถึงการควบคุมโรคระบาดและศัตรูพืชสร้างให้เกิดภาวะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต สิ่งเหล่านี้เป็นพื้นฐานที่สนับสนุนต่อการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์

นอกจากนี้การที่พลวัตน้ำหลากนำพามาซึ่งทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งทางตรง เช่น ปลา พืชผักตามธรรมชาติ และทางอ้อม เช่น ดินที่อุดมสมบูรณ์เหมาะสำหรับการเพาะปลูก ข้าว หรือพืชพรรณ ทำให้มนุษย์ได้รับผลผลิตต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่สนับสนุนต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (เกียรติกมล นิลารณกุล, 2561)

4. นิเวศบริการเชิงวัฒนธรรม

จากการที่มนุษย์ได้รับประโยชน์จากภูมิทัศน์อย่างเพียงพอและต่อเนื่องซึ่งสนับสนุนต่อการตั้งถิ่นฐาน ทำให้มนุษย์เกิดการเรียนรู้และการพัฒนาตนเองร่วมกับพลวัตน้ำหลาก จนเกิดเป็นวัฒนธรรมและประเพณี (เกียรติกมล นิลารณกุล, 2561)



ภาพที่ 5-11 ความสัมพันธ์ของระบบนิเวศน้ำหลากต่อนิเวศบริการที่มนุษย์ได้รับ

(ดัดแปลงจาก เกียรติกมล นิลารณกุล, 2561)

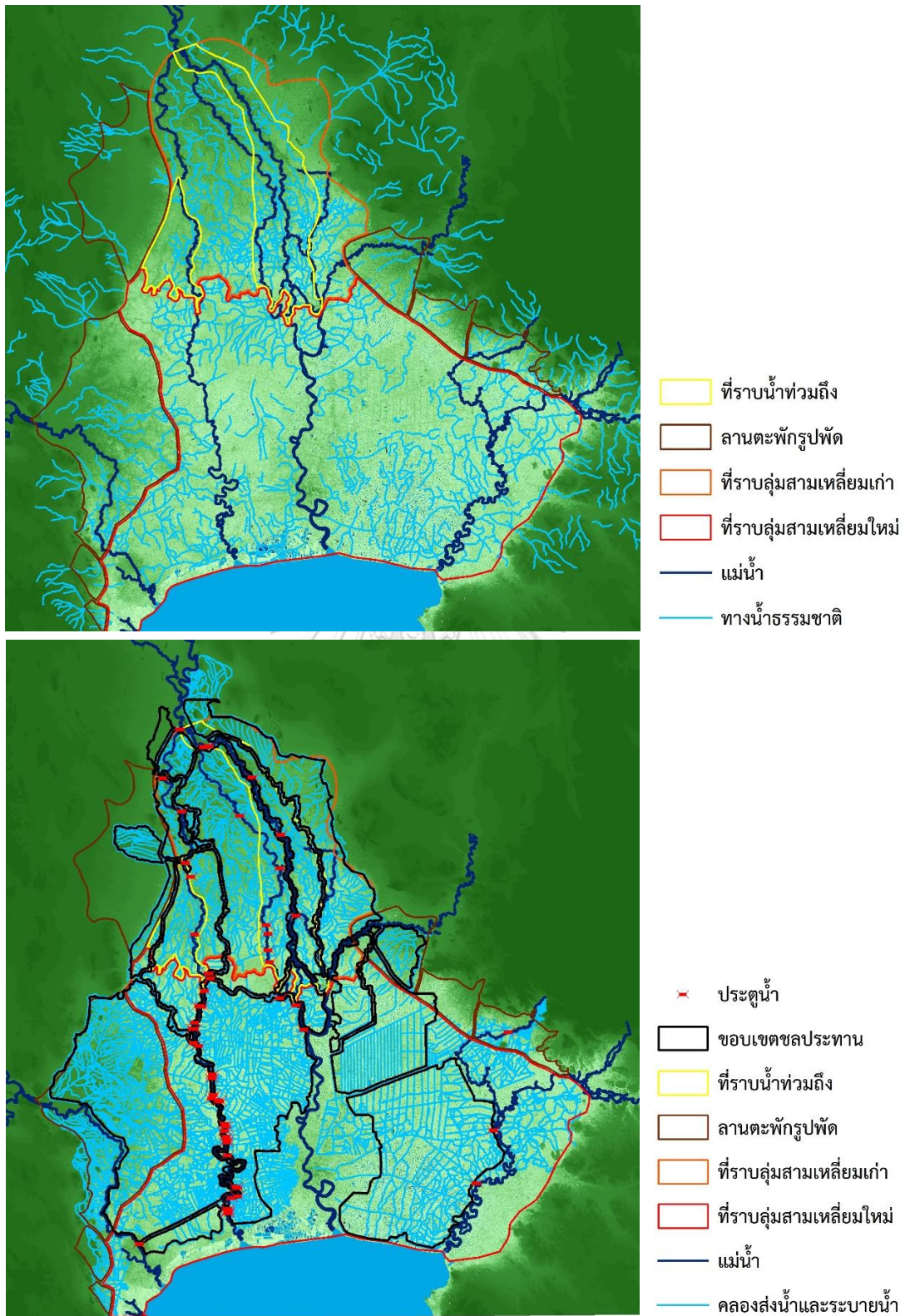
5.3. การเปลี่ยนแปลงของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากการวิเคราะห์ด้วยการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินโดยการเน้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM ปีพ.ศ. 2531 และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ปี พ.ศ. 2561 และนำข้อมูลของทั้ง 2 ปีมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งพบว่าสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างนั้นมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ประกอบกับการซบเซาของข้อมูลโครงการชลประทาน และถนนบนแผนที่ระยะเวลาน้ำหลากซึ่ง ร่วมกับการลงสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำให้สามารถชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาได้ โดยสามารถแบ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นออกได้เป็น 2 อย่างตามเหตุปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

5.3.1. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการพัฒนาระบบชลประทานและโครงข่ายถนน

เมื่อพิจารณาข้อมูลระบบชลประทานพบว่าลักษณะของการจัดการชลประทานมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนๆ ลักษณะพื้นที่ที่ปิดล้อม และมีประตูน้ำตามแม่น้ำ ลำคลอง ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณน้ำและการไหลของน้ำ นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างคันกันน้ำซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้น้ำล้นออกจากแม่น้ำ การพัฒนาระบบชลประทานนี้ทำให้น้ำไม่สามารถไหลหลากได้ตามธรรมชาติ

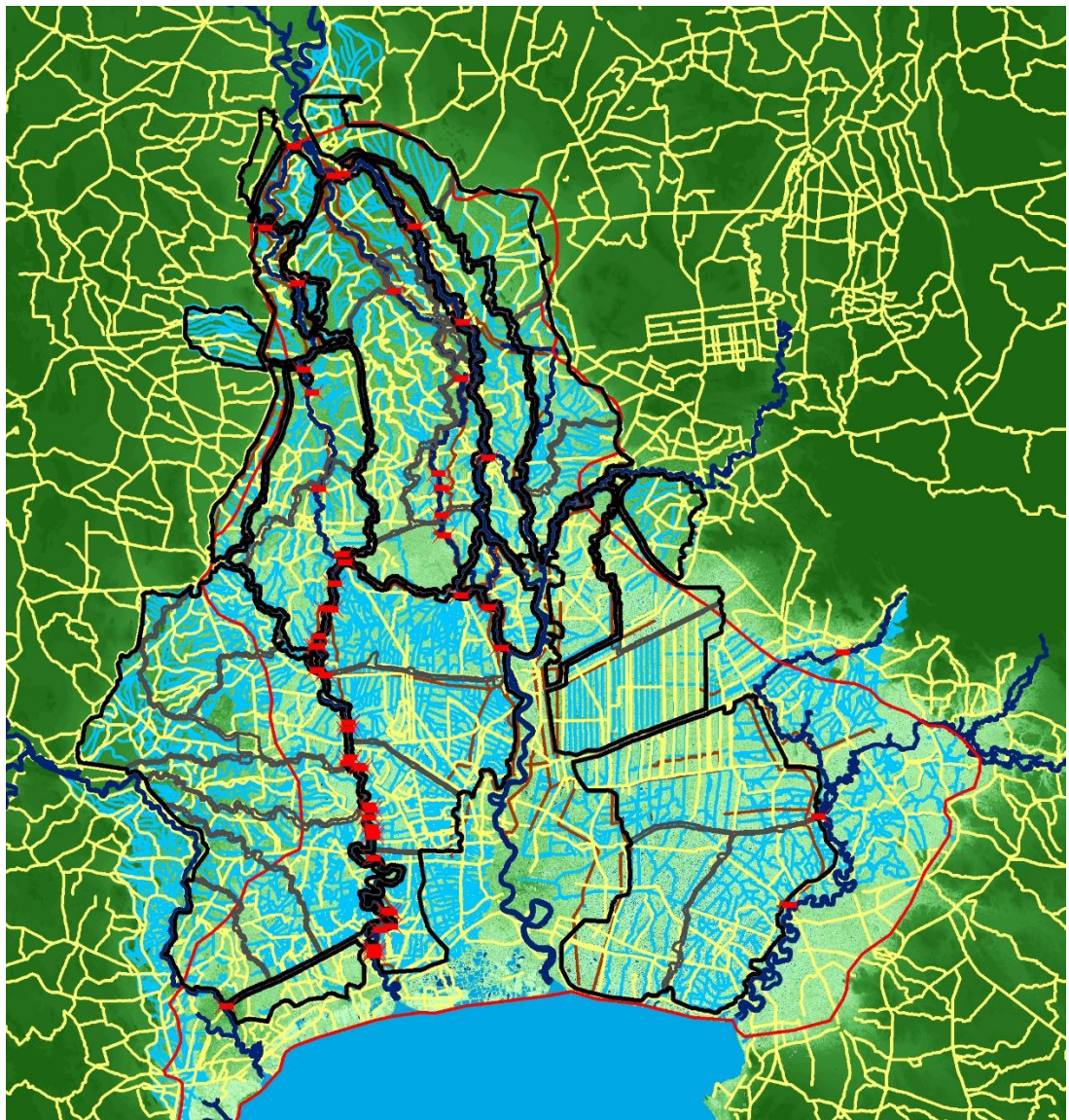
อีกทั้งเมื่อพิจารณาร่วมกับข้อมูลระบบโครงข่ายถนน และการสำรวจภาคสนามนั้น จะพบว่า โครงข่ายของถนนนั้นจะมีระดับความสูงมากกว่าพื้นที่ข้างเคียง ลักษณะเป็นคันถนนซึ่งทำให้เกิดการขัดขวางต่อการไหลของน้ำตามธรรมชาติเดิมเช่นกัน



0 10 20 40 60 80 100 Kilometers

ภาพที่ 5-12 การเปลี่ยนแปลงจากระบบชลประทาน

(กรมชลประทาน, 2555; NASA JPL, 2013)



0 10 20 40 60 80 100 Kilometers

- ✕ ประตูนํ้า
- ▭ ขอบเขตชลประทาน
- ▭ ขอบเขตชลประทานโครงการย่อย
- ▭ ขอบเขตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม
- แม่น้ำเจ้าพระยา
- แม่นํ้า
- คันและคันถนนกั้นนํ้า
- ถนน
- คลองส่งนํ้าและระบายนํ้า

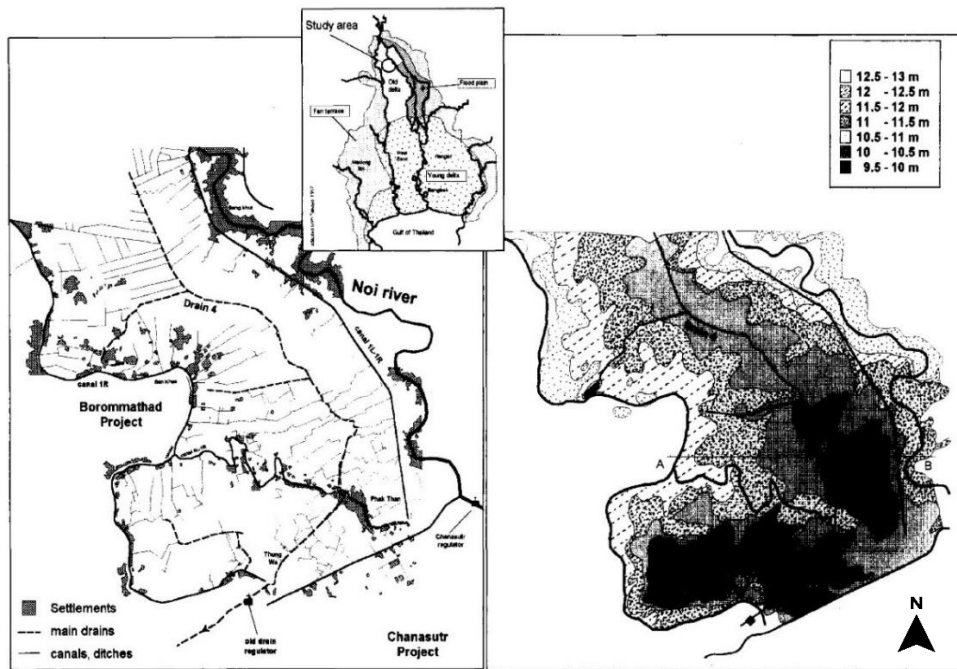
ภาพที่ 5-13 การเปลี่ยนแปลงจากโครงข่ายถนนซ้อนทับขอบเขตโครงการชลประทาน (กรมทางหลวง, 2562; NASA JPL, 2013)



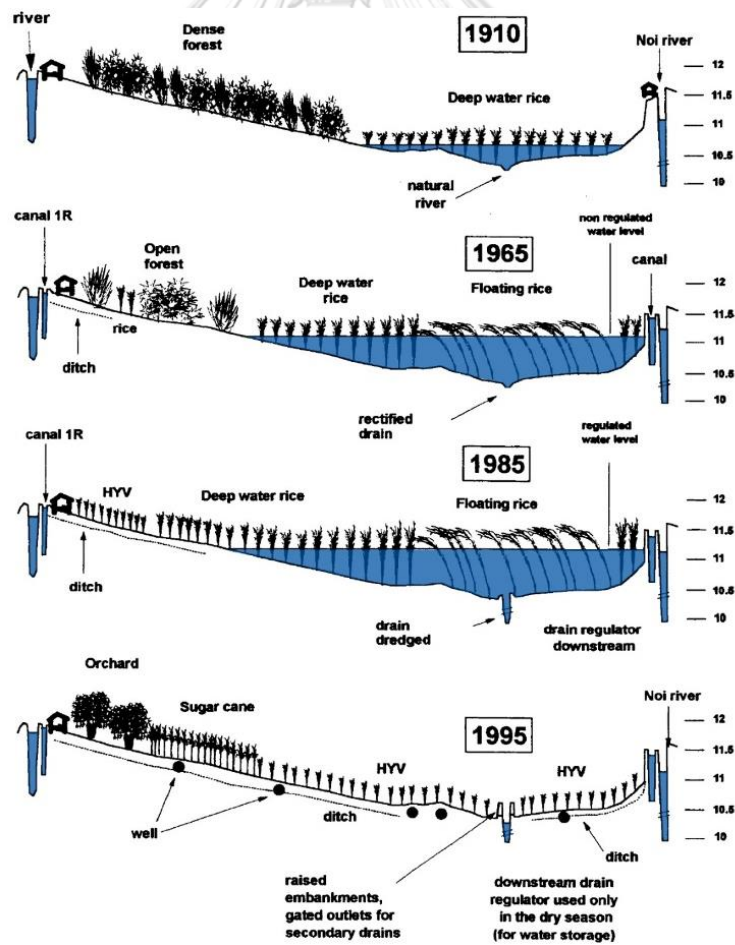
ภาพที่ 5-14 ภาพถ่ายถนนเทียบกับพื้นที่ราบลุ่ม

ถ่ายเมื่อ 9-10 มีนาคม 2562

จากการวิเคราะห์และสังเคราะห์งานศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998) ที่ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาระบบชลประทาน ซึ่งผลของการศึกษาดังกล่าวพบว่าปริมาณน้ำที่เข้าสู่พื้นที่นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไป และส่งผลต่อรูปแบบของการทำเกษตรกรรมของชุมชน จากเดิมที่ปริมาณน้ำที่เข้าไปในพื้นที่และท่วมขังจะมีระดับความลึกที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวน้ำลึก ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาระบบชลประทานแต่ยังไม่มีประตูน้ำ ปริมาณน้ำที่เข้าไปในพื้นที่มีมากขึ้น ระดับความลึกของน้ำมากขึ้นทำให้ชุมชนต้องเปลี่ยนเป็นปลูกข้าวฟางลอยควบคู่กับข้าวน้ำลึก และเมื่อมีการสร้างประตูน้ำควบคุมปริมาณน้ำเข้าออกพื้นที่ ให้พื้นที่กลายเป็นพื้นที่แห้ง น้ำไม่เข้าท่วมขังในพื้นที่ตามธรรมชาติเดิมอีกต่อไป ชุมชนจึงเปลี่ยนมาปลูกข้าวพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตที่มากกว่าแทน ด้วยสามารถปลูกได้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่มีน้ำท่วมขังสูงเหมือนในอดีต



ภาพที่ 5-15 พื้นที่ศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998)

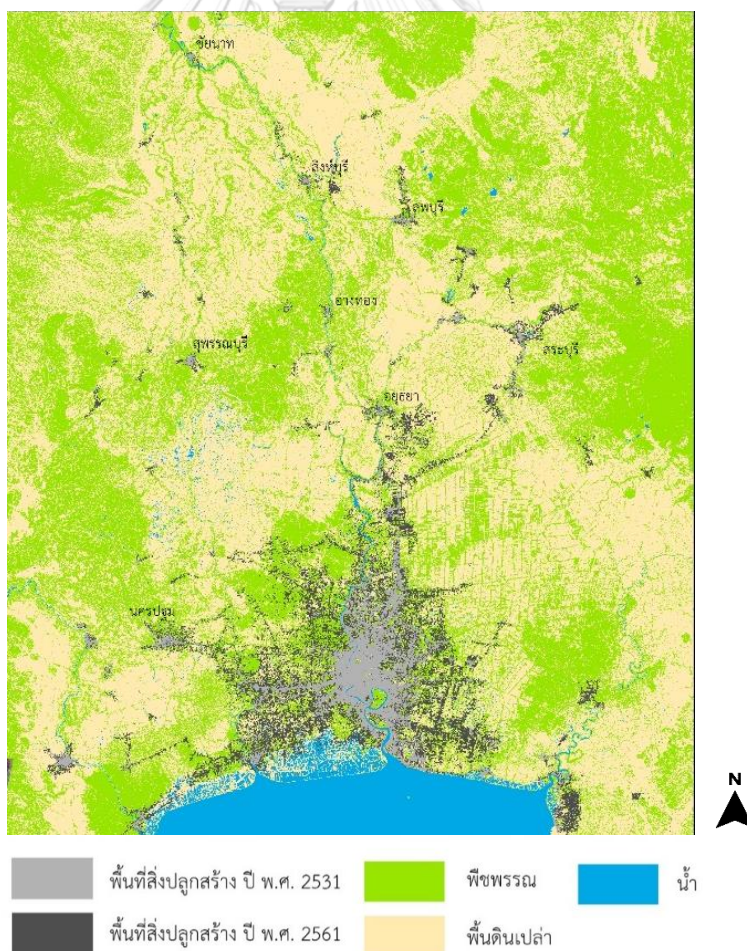


ภาพที่ 5-16 รูปตัดพื้นที่ศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998) ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาระบบชลประทาน

จากงานศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998) แสดงให้เห็นถึงผลที่เกิดจากการพัฒนาระบบชลประทานต่อพลวัตของน้ำหลาก ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้ก็กระจายอยู่ตามพื้นที่เขตชลประทาน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ที่กระจายอยู่บนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเจ้าพระยานั้นย่อมส่งผลให้ปริมาณที่เคยหลากเข้าตามพื้นที่ทุ่ง พื้นที่นาต่าง ๆ กลับสะสมอยู่ในแม่น้ำ ลำคลองและไหลไปยังพื้นที่ปลายน้ำด้วยปริมาณที่มากขึ้นกว่าในอดีต

5.3.2. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการขยายตัวของเมือง

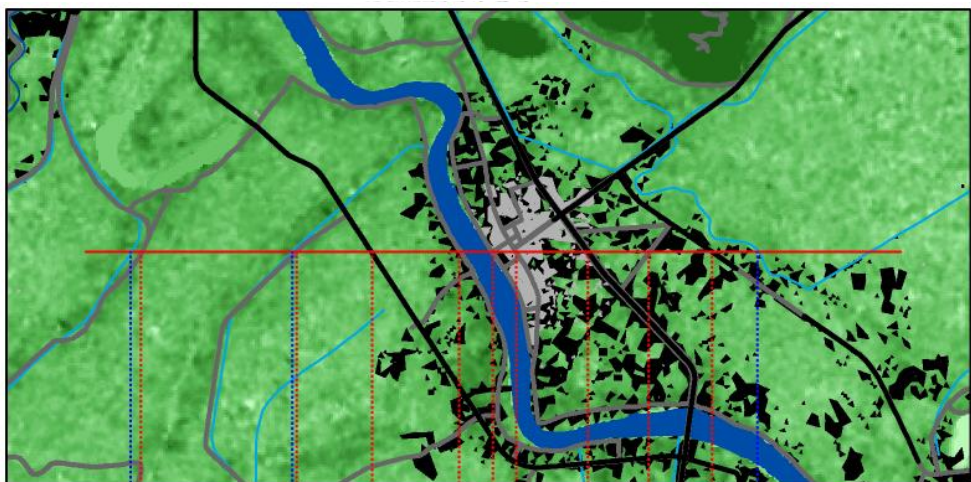
จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมด้วยการคำนวณค่าดัชนีและดึงเฉพาะข้อมูลสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างทั้งปี พ.ศ. 2531 และ ปี พ.ศ. 2561 ไปซ้อนทับกับแผนที่ซึ่งความสูงนั้นเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง พบว่าการขยายตัวของสิ่งปลูกสร้างมีทิศทางการขยายตัวออกสู่พื้นที่ที่ลุ่มต่ำ



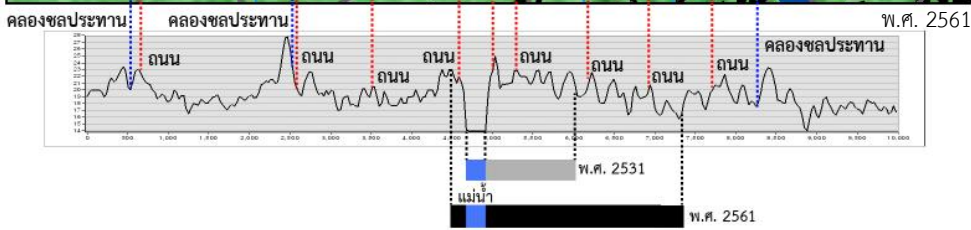
ภาพที่ 5-17 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2531 และ ปี พ.ศ. 2561



พ.ศ. 2531



พ.ศ. 2561

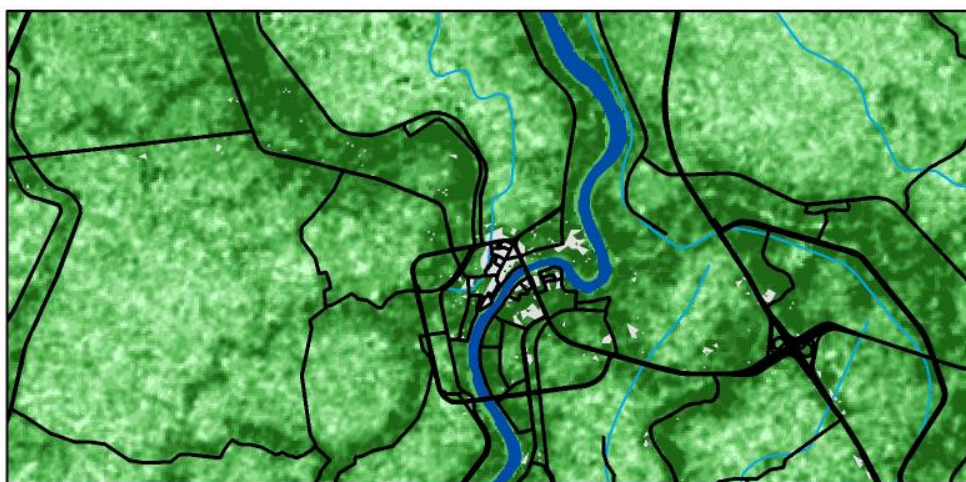


- ถนน
- แม่น้ำ
- คลองชลประทาน
- พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ.2531
- พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ.2561

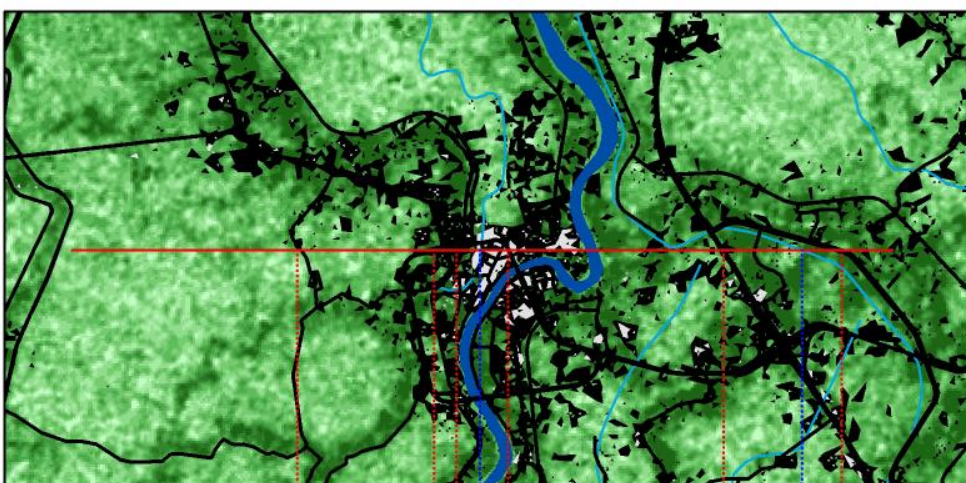
ภาพที่ 5-18 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1 และรูปตัด

พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 1 บริเวณเมืองชัยนาทซึ่งตั้งอยู่ในส่วนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า จากแผนที่แสดงพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเปรียบเทียบระหว่าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ประกอบกับรูปตัดด้านแสดงให้เห็นตำแหน่งของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเปรียบเทียบกับภูมิประเทศ จะเห็นได้ว่าพื้นที่สิ่งปลูกสร้างใน ปี พ.ศ. 2531 นั้นจะอยู่บริเวณริมแม่น้ำซึ่งเป็น

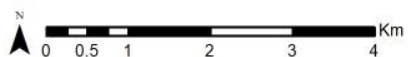
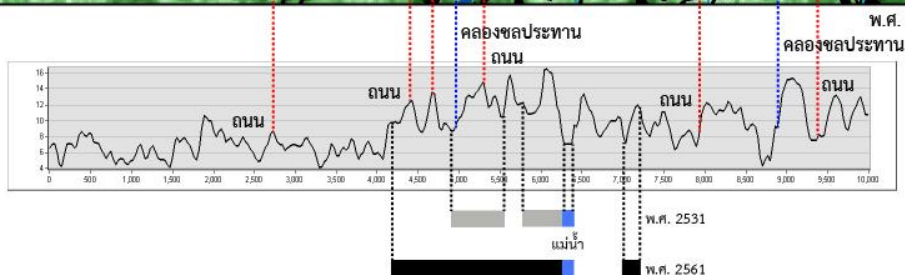
คันดินธรรมชาติเป็นพื้นที่สูง แต่ในปี พ.ศ. 2561 พื้นที่สิ่งปลูกสร้างมีการขยายตัวออกไปทางพื้นที่ที่ต่ำกว่า และโครงข่ายถนนจากรูปตัดส่วนใหญ่จะอยู่ในจุดที่สูง มีลักษณะเป็นคั่นกันพื้นที่



พ.ศ. 2531



พ.ศ. 2561



- ถนน
- แม่น้ำ
- คลองชลประทาน
- พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ.2531
- พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ.2561

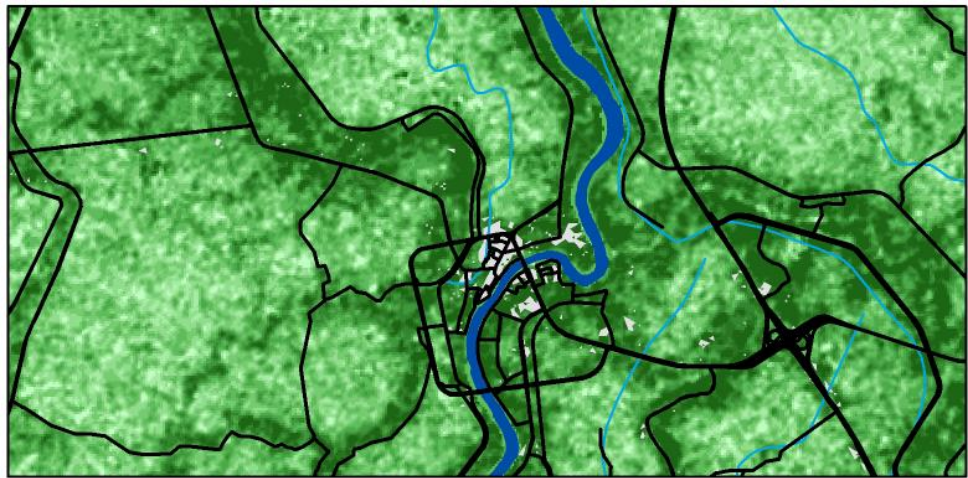
ภาพที่ 5-19 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2 และรูปตัด

พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 2 บริเวณเมืองอ่างทอง เป็นเมืองที่ตั้งอยู่ในที่ราบน้ำท่วมถึงซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนสะสมน้ำและส่งผ่านน้ำหลากเข้าสู่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ และเป็นบริเวณที่น้ำหลากจะขังอยู่ในพื้นที่นาน

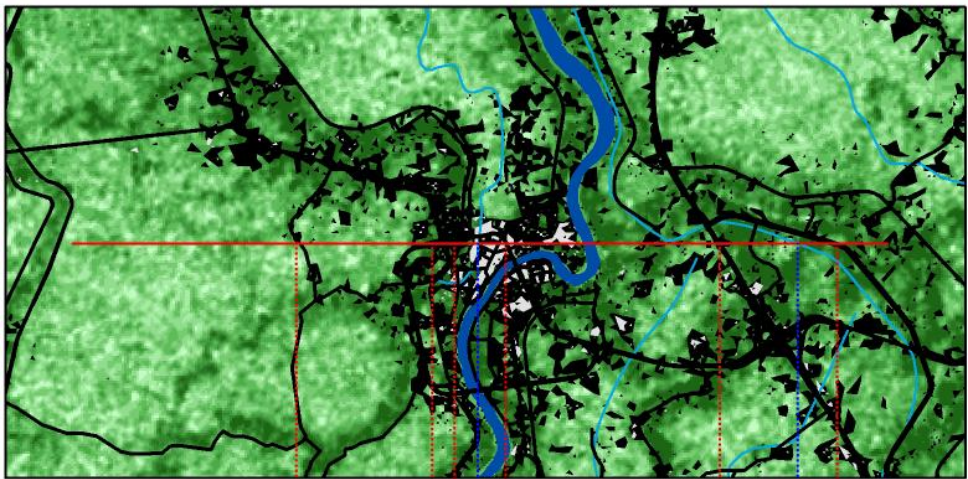
จากแผนที่เปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ประกอบรูปตัดด้าน แสดงถึงตำแหน่งพื้นที่สิ่งปลูกสร้างเทียบกับภูมิประเทศ พบว่า ใน พ.ศ. 2531 พื้นที่สิ่งปลูกสร้างปรากฏให้เห็นเฉพาะบริเวณฝั่งซ้ายของแม่น้ำ และอยู่ริมแม่น้ำ ซึ่งจากรูปตัดแสดงให้เห็นว่าพื้นที่สิ่งปลูกสร้างนั้นจะอยู่บนคันดินธรรมชาติ แต่เมื่อดูข้อมูลในปี พ.ศ. 2561 จะเห็นถึงการขยายตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2561 กับรูปตัดแล้ว จะเห็นได้ว่าการขยายตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างนั้นมีทิศทางขยายตัวออกไปสู่พื้นที่ต่ำ และกระจายอยู่ทั้ง 2 ฝั่งแม่น้ำ ดังภาพ 5-20

พื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3 บริเวณตัวเมืองอยุธยาแสดงครอบคลุมถึงบริเวณเสนา พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่าและที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่ เป็นจุดปลายของที่ราบน้ำท่วมถึง พื้นที่บริเวณนี้แม่น้ำจะไม่ปรากฏคันดินธรรมชาติและยังเป็นพื้นที่ที่มีระดับน้ำหลากขังลึกที่สุด

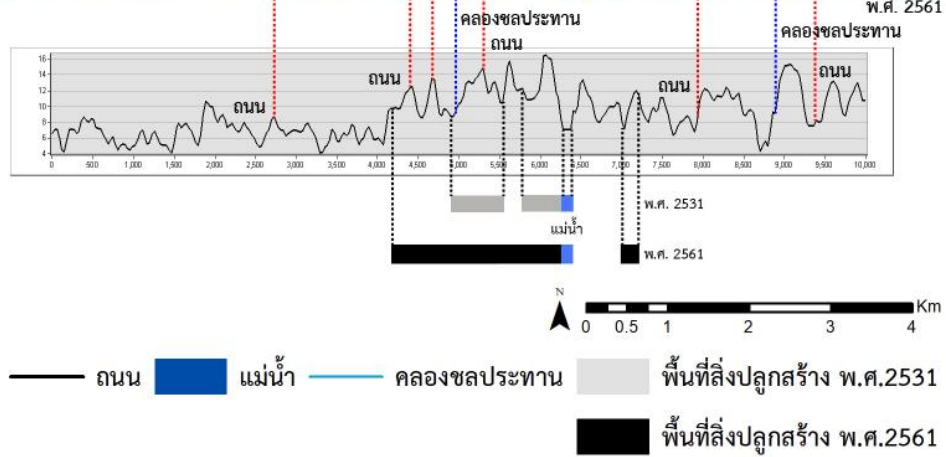
เมื่อพิจารณาจากแผนที่เปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ประกอบกับรูปตัด จะพบว่าพื้นที่สิ่งปลูกสร้างในปี พ.ศ. 2531 จะอยู่บริเวณขอบริมแม่น้ำเป็นส่วนใหญ่ และจากรูปตัดจะเห็นว่าพื้นที่สิ่งปลูกสร้างส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่สูงของพื้นที่ แต่พื้นที่สิ่งปลูกสร้างใน ปี พ.ศ. 2561 นั้นจะเห็นว่ามี การขยายตัว และกระจายตัวอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเทียบกับรูปตัดจะพบว่าการขยายตัวของพื้นที่สิ่งปลูกสร้างนั้น มีทิศทางการขยายไปออกไปยังพื้นที่ต่ำ ดังภาพ 5-21



พ.ศ. 2531



พ.ศ. 2561



ภาพที่ 5-20 การเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ศึกษาย่อยที่ 3 และรูปตัด

5.3.3. ผลของการเปลี่ยนแปลงต่อพลวัตน้ำหลาก

การพัฒนาโครงการชลประทาน การก่อสร้างโครงข่ายถนน และการขยายตัวของพื้นที่เมื่อนั้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภูมิทัศน์ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และการไหลของน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลทำให้พลวัตน้ำหลากเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน กล่าวคือการพัฒนาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมีการปรับเปลี่ยนลักษณะภูมิประเทศเดิม ซึ่งจากรูปตัดในการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาจะเห็นได้ว่าถนนจะอยู่บริเวณจุดสูงเมื่อเทียบกับบริเวณที่ตัดผ่านพื้นที่สีเขียว นั้นแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาโครงข่ายถนนนั้นมีการปรับเปลี่ยนภูมิประเทศด้วยการถมพื้นที่ให้สูงขึ้นกว่าระดับดินเดิมเกิดเป็นคันถนนซึ่งเป็นตัวกีดขวางการไหลของน้ำตามธรรมชาติ ในส่วนของการขยายตัวของพื้นที่เมื่อนั้นเป็นการทำให้พื้นที่ลุ่มต่ำซึ่งเคยเป็นพื้นที่รับน้ำหลากลดขนาดลง อีกทั้งมีประตูควบคุมปริมาณน้ำของระบบชลประทานที่ทำให้น้ำไม่สามารถไหลหลากได้ตามเดิม ดังภาพ 5-21

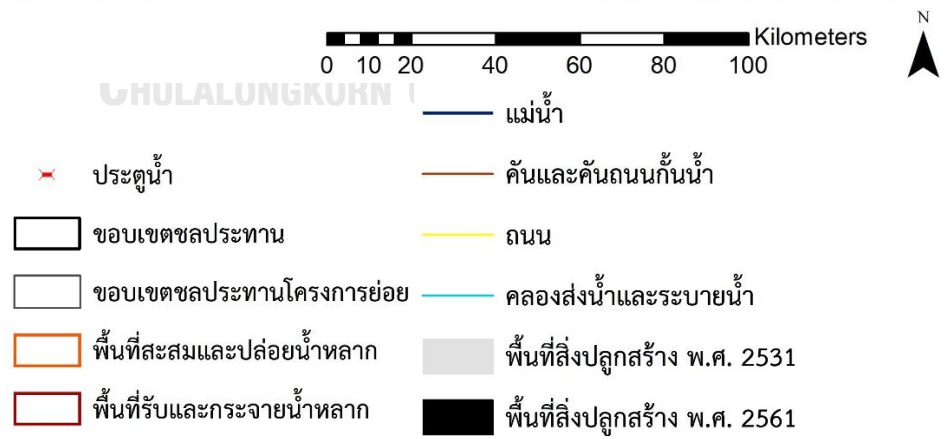
จากการที่พลวัตน้ำหลากนั้นเป็นปัจจัยสำคัญที่นำมาซึ่งความอุดมสมบูรณ์ให้กับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา อีกทั้งยังให้ประโยชน์เชิงนิเวศบริการแก่มนุษย์ด้วยการเปลี่ยนแปลงของพลวัตน้ำหลากจึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางนิเวศบริการ

1. การเปลี่ยนแปลงนิเวศบริการเชิงการผลิต

การเปลี่ยนแปลงพลวัตน้ำหลากซึ่งเป็นปัจจัยที่นำมาซึ่งความหลากหลายของทรัพยากรและแหล่งอาหาร เช่น ปลา พืชผักตามธรรมชาติ ย่อมส่งผลทำให้ระบบอาหารธรรมชาติถูกลดทอนลงทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ (อุทุมพร หลอดโค, 2554 อ้างถึงใน เกียรติกมล นิลารณ์กุล, 2561)

2. การเปลี่ยนแปลงนิเวศบริการเชิงการควบคุม

พลวัตน้ำหลากที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้กระบวนการของระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไป คุณภาพของสิ่งแวดล้อมลดลง เช่น คุณภาพน้ำที่ลดลงเนื่องจากไม่มีการหมุนเวียนตามธรรมชาติ อีกทั้งเมื่อขาดตัวควบคุมตามธรรมชาติจึงทำให้เกิดโรคระบาดและศัตรูพืชที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการต้องพึ่งพาสารเคมีในการเพาะปลูก (เกียรติกมล นิลารณ์กุล, 2561)



ภาพที่ 5-21 การเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาระบบชลประทาน โครงข่ายถนน และการขยายตัวของเมือง

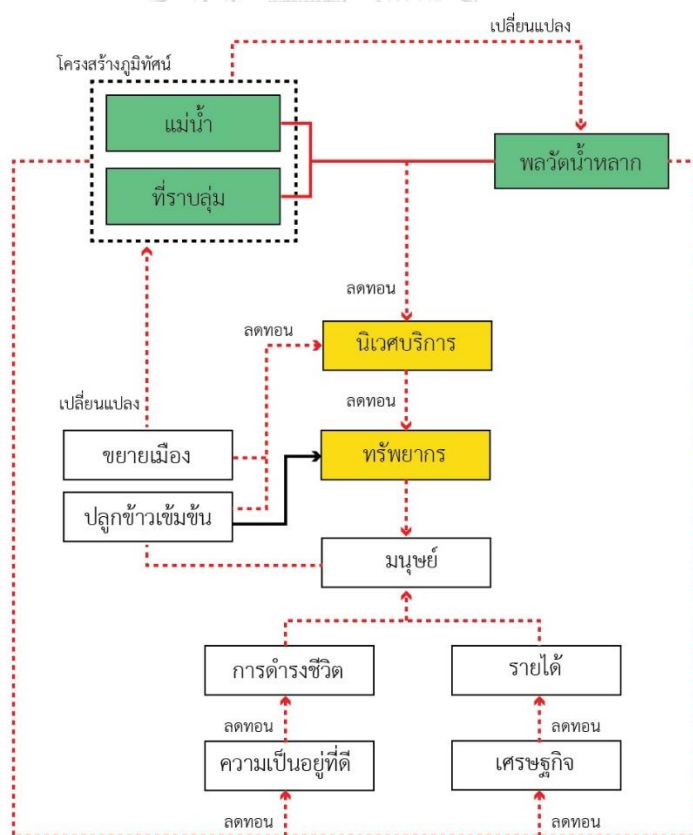
(กรมชลประทาน, 2555; กรมทางหลวง, 2562; NASA JPL, 2013)

3. การเปลี่ยนแปลงนิเวศบริการเชิงการสนับสนุน

จากการเปลี่ยนแปลงของพลวัตน้ำหลากทำให้ไม่เกิดการหมุนเวียนของแร่ธาตุที่ทำให้ภูมิทัศน์มีความอุดมสมบูรณ์ อีกทั้งการเพิ่มขึ้นของการใช้สารเคมีเนื่องจากการขาดตัวควบคุมตามธรรมชาติ ส่งผลต่อคุณสมบัติของดินและน้ำซึ่งเป็นปัจจัยสนับสนุนในการเพาะปลูก ทำให้ส่งผลกระทบต่อย้อนกลับไปสู่นิเวศบริการเชิงการผลิต กล่าวคือ ทรัพยากรธรรมชาติที่มนุษย์ได้รับลดลง

4. การเปลี่ยนแปลงนิเวศบริการเชิงวัฒนธรรม

จากการเปลี่ยนแปลงของพลวัตน้ำหลากที่ทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมลดลง และยังส่งผลทำให้วิถีชีวิตของมนุษย์ซึ่งเคยสัมพันธ์กับน้ำหลากเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมและประเพณีที่เคยเป็นอัตลักษณ์ของแต่ละพื้นที่ เช่น ตลาดน้ำลาดชะโดหรือประเพณีเข้าพรรษาทางเรือที่ปัจจุบันไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของภูมิทัศน์กับพลวัตน้ำหลากได้ เหลือเพียงการจูงใจในการเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเท่านั้น (เกียรติกมล นิลารณ์กุล, 2561)



ภาพที่ 5-22 ผลจากการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน้ำหลากต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์
(ดัดแปลงจาก เกียรติกมล นิลารณ์กุล, 2561)

5.4. สรุป

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นภูมิทัศน์ที่เกิดจากการกระทำของน้ำ มีโครงสร้างภูมิทัศน์เป็นที่ราบลุ่มแอ่งกระทะ จากลักษณะโครงสร้างภูมิทัศน์ดังกล่าวที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงทำหน้าที่เป็นพื้นที่รับน้ำหลากที่มาจากพื้นที่ตอนบน โครงสร้างภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถจำแนกออกเป็นพื้นที่ส่วนต่างๆได้จากลักษณะทางภูมิประเทศ ประกอบด้วย ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า ที่ราบน้ำท่วมถึง และที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมใหม่

จากการที่ภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเกิดจากการกระทำของน้ำ น้ำจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา การเปลี่ยนแปลงของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำให้ภูมิทัศน์มีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา หรือเป็นพลวัตของภูมิทัศน์ โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติที่สำคัญของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ก็คือ การสลับไปมาของสภาพภูมิทัศน์แบบเปียกและภูมิทัศน์แบบแห้งในรอบปี หรือเรียกว่า พลวัตน้ำหลาก

พลวัตน้ำหลากเป็นปัจจัยที่นำมาซึ่งความอุดมสมบูรณ์ให้กับที่ราบลุ่มน้ำหลาก (Junk, 1997) และพลวัตน้ำหลากยังให้ประโยชน์ทางนิเวศบริการให้กับมนุษย์ในฐานะปัจจัยที่นำมาซึ่งทรัพยากรและแหล่งอาหารต่าง ๆ เช่น ปลา พืชผักตามธรรมชาติ

แต่การพัฒนาบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในปัจจุบันนั้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อโครงสร้างภูมิทัศน์และพลวัตน้ำหลาก เช่น การพัฒนาระบบชลประทานที่มีการควบคุมการไหลและปริมาณน้ำ รวมถึงการแบ่งพื้นที่ชลประทานออกเป็นส่วนๆในลักษณะพื้นที่ปิดล้อมเพื่อการจัดการทางชลประทาน ส่งผลทำให้ปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำเปลี่ยนไป น้ำไม่สามารถไหลหลากเข้าพื้นที่ราบลุ่ม การเชื่อมต่อระหว่างแม่น้ำและที่ราบลุ่มหายไป ส่งผลทำให้การแลกเปลี่ยนแร่ธาตุซึ่งนำเอาความอุดมสมบูรณ์มาให้หายไป รวมถึงแหล่งอาหารธรรมชาติก็ถูกลดทอนลงไปด้วย นอกจากนี้การขยายตัวของเมืองที่มีการปรับถมพื้นที่ลุ่มต่ำซึ่งเป็นพื้นที่รับน้ำหลาก ทำให้พื้นที่รับน้ำลดขนาดลง เมื่อพื้นที่ที่น้ำเคยอยู่ถูกลดขนาดลงประกอบกับพลวัตน้ำหลากที่ถูกเปลี่ยนแปลงไป จึงนำมาสู่ปัญหาอุทกภัยกับพื้นที่เมืองอย่างที่เป็นในปัจจุบัน

ดังนั้นการพัฒนาบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นจึงควรเป็นการพัฒนาที่คำนึงถึงพลวัตน้ำหลากซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของภูมิทัศน์ที่มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ และความบริบูรณ์ทางทรัพยากรและอาหาร เพื่อทำให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนและสอดคล้องกับพลวัตน้ำหลาก

บทที่ 6

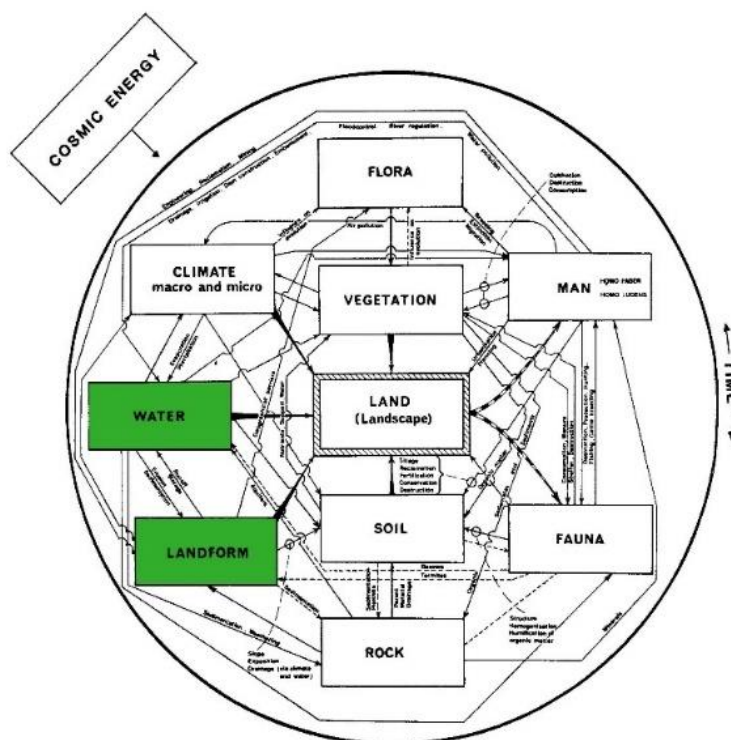
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีคำถามและวัตถุประสงค์ในการวิจัยที่มุ่งหมายในการทำความเข้าใจโครงสร้างและพลวัตของภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อชี้ให้เห็นถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดของภูมิทัศน์ ประกอบกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อบ่งชี้ให้เห็นถึงปัญหาของการพัฒนาในปัจจุบันที่ส่งผลต่อโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นผลการวิจัยครั้งนี้จึงต้องการนำเสนอข้อมูลเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา และปัญหาที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจะนำไปสู่การเสนอแนวทางในการพัฒนาบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาไว้เป็นข้อเสนอแนะ

6.1. สรุปผลการวิจัย

6.1.1. โครงสร้างและพลวัตที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากคำถามการวิจัยข้อ 1 และข้อ 2 ที่ว่าโครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างไร และการวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาทำได้อย่างไร เมื่อดำเนินการวิจัยด้วยการสังเคราะห์ข้อมูลแผนที่จากงานศึกษาของ Takaya (1987) และ Kaida (1973) และนำมาวิเคราะห์ซ้อนทับข้อมูล สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า โครงสร้างภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเกิดขึ้นจากองค์ประกอบทางภูมิทัศน์ 2 ส่วน คือ น้ำและภูมิประเทศ โดยน้ำเป็นปัจจัยหลักที่กระทำให้เกิดภูมิทัศน์ลักษณะต่าง ๆ ในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ประกอบด้วย ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเก่า ที่ราบน้ำท่วมถึง และที่ราบสามเหลี่ยมใหม่



ภาพที่ 6-1 องค์ประกอบทางภูมิทัศน์ที่เป็นปัจจัยในการเกิดภูมิทัศน์ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา
(ดัดแปลงจาก Zonneveld, 1989)

จากการที่ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีน้ำเป็นปัจจัยหลัก ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน สามารถแบ่งส่วนพื้นที่ตามหน้าที่ภูมิทัศน์ที่สัมพันธ์กับน้ำได้ 2 ส่วน คือ พื้นที่สะสมและปล่อยน้ำหลาก และพื้นที่รับน้ำและกระจายน้ำหลาก นอกจากนั้นที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยายังมีลักษณะเฉพาะที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของน้ำ คือ การสลับกันของสภาพภูมิทัศน์แบบเปียกและสภาพภูมิทัศน์แบบแห้ง เป็นการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ ที่เรียกว่า พลวัตน้ำหลาก

พลวัตน้ำหลากทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนพลังงาน แร่ธาตุต่าง ๆ ภายในภูมิทัศน์ เป็นปัจจัยที่นำมาซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของภูมิทัศน์ (Junk, 1997) เกิดเป็นระบบนิเวศน้ำหลาก ซึ่งในแง่ของความสัมพันธ์ระหว่างภูมิทัศน์และมนุษย์ ระบบนิเวศน้ำหลากนี้มีความสำคัญในฐานะการเป็นแหล่งอาหาร แหล่งทรัพยากร และให้ประโยชน์ทางนิเวศบริการต่าง ๆ ที่สนับสนุนการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยสิ่งที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศน้ำหลากก็คือ ผลผลิตเชิงนิเวศที่เป็นทรัพยากรสำคัญในการดำรงชีวิต เช่น ทรัพยากรอาหาร โดยทรัพยากรอาหารที่ได้จากระบบนิเวศน้ำหลากที่สำคัญก็คือ ข้าว ปลาและพืชผักต่าง ๆ (เกียรติกมล นิลารณ์กุล, 2561)

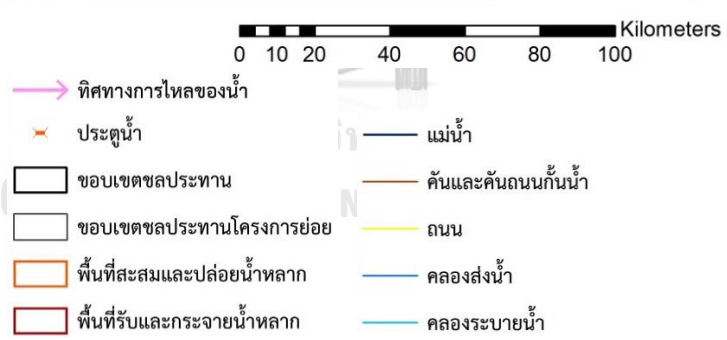
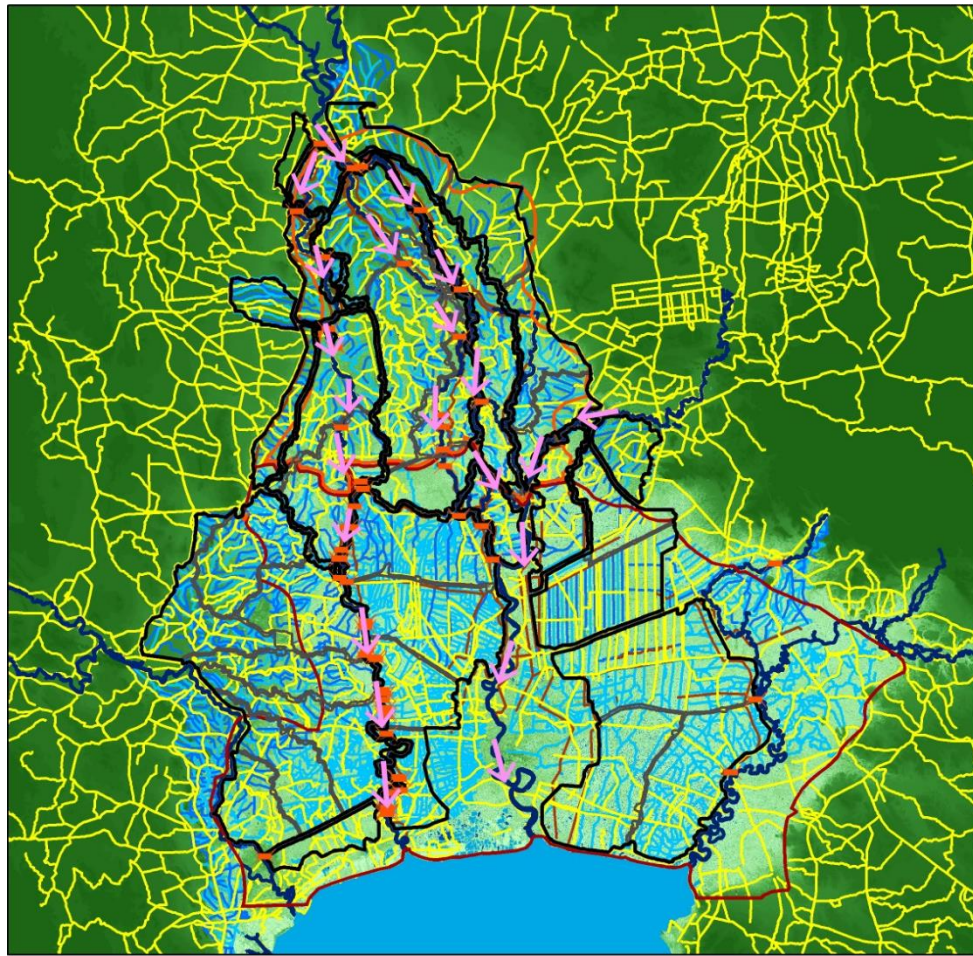
ทรัพยากรอาหารที่ได้จากธรรมชาติในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นมีความหลากหลายหมุนเวียนเปลี่ยนไปตามแต่ละช่วงเวลาก็ด้วยพลวัตน้ำหลาก พลวัตน้ำหลากจึงเป็นเสมือนปัจจัยที่เป็นรากฐานของความเพียงพอทางอาหาร และช่วยส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับชุมชน (เกียรติกมล นิลภรณ์กุล, 2561)

การวิเคราะห์โครงสร้างและพลวัตของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นสามารถทำได้ด้วยการวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล ซึ่งเป็นกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยข้อมูลหลักที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์และสังเคราะห์คือ แผนที่จากงานศึกษาของ Takaya (1987) และ Kaida (1973) และข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m (NASA JPL, 2013)

6.1.2. การเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

จากคำถามการวิจัยข้อ 3 ว่าการเปลี่ยนแปลงบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นอย่างไร และส่งผลอย่างไร หลังจากการดำเนินการวิจัยโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM และ Landsat-8 ปี พ.ศ. 2531 และ พ.ศ. 2561 ประกอบกับการซ้อนทับข้อมูลระบบชลประทาน และโครงข่ายถนน สามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า

การพัฒนาบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในปัจจุบันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างภูมิทัศน์จากที่ราบลุ่มที่น้ำสามารถไหลหลากแผ่ออกไปได้ ถูกปรับลักษณะพื้นที่ให้เป็นพื้นที่ปิดล้อมเป็นส่วน ๆ ด้วยคันถนน คันคลองชลประทาน ประกอบกับการมีโครงสร้างป้องกันน้ำท่วมตามแนวริมแม่น้ำ ทางน้ำ และมีประตูน้ำควบคุมการไหล ระดับและปริมาณน้ำ ทำให้น้ำไม่สามารถเอ่อเข้าที่ราบลุ่ม และน้ำไม่สามารถไหลหลากแผ่ออกได้ตามธรรมชาติ



ภาพที่ 6-2 การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและหน้าที่ภูมิทัศน์ที่เกิดจาก
การพัฒนาาระบบชลประทานและโครงข่ายถนน

(กรมชลประทาน, 2561; กรมทางหลวง, 2562; NASA JPL, 2013)



ภาพที่ 6-3 ทิศทางการไหลของน้ำภายใต้เงื่อนไขการพัฒนาระบบชลประทานและโครงข่ายถนน
 ซ้อนทับกับการขยายตัวของเมือง

(กรมชลประทาน, 2555; กรมทางหลวง, 2562; NASA JPL, 2013)

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการพัฒนาด้านการชลประทานนั้นมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาทางการเกษตร จากแต่เดิมที่การเพาะปลูกข้าวในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาส่วนใหญ่เป็นการปลูกข้าวน้ำลึก (Catling, 1999) ซึ่งจากตัวอย่างการศึกษาของ Molle and Keawkulaya (1998) แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงไปของระดับน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลเข้าแปลงนา จากที่ระดับน้ำมีความลึกจนทำให้ต้องปลูกข้าวน้ำลึก เปลี่ยนเป็นพื้นที่แห้งมีการควบคุมน้ำเข้าออกเพื่อการปลูกข้าวพันธุ์ใหม่ ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำที่เข้าสู่พื้นที่น้อยกว่าในอดีต ย่อมทำให้ปริมาณน้ำที่เคยไหลเข้าแปลงน้ำยังคงสะสมอยู่ในแม่น้ำ ลำคลองและไหลไปยังปลายน้ำ ทำให้เกิดเป็นปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ต่าง ๆ จากปริมาณน้ำที่มากขึ้นกว่าในอดีตที่ไหลสู่พื้นที่ปลายน้ำ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นยังส่งผลทำให้พลวัตน้ำหลากเปลี่ยนไป

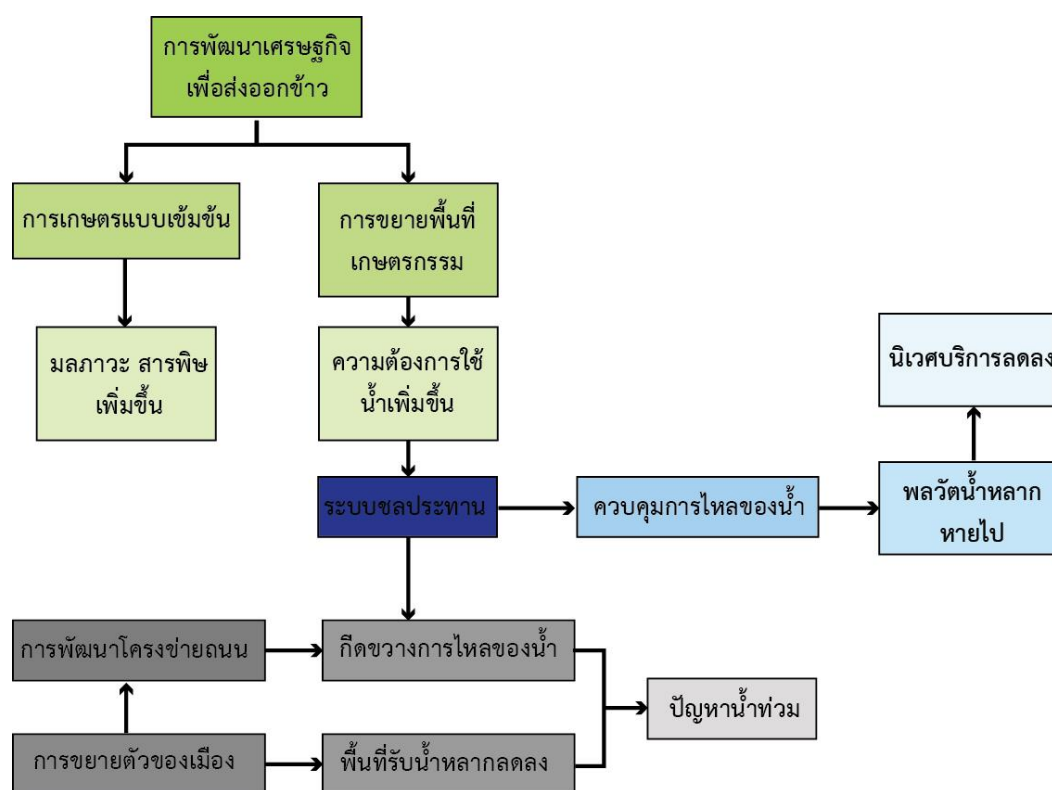
การเปลี่ยนแปลงของพลวัตน้ำหลากจากปริมาณน้ำหลากที่น้อยลงและระยะเวลาที่สั้นลงทำให้ทรัพยากรปลาลดลงทั้งในเชิงปริมาณและความหลากหลาย เนื่องจากช่วงระยะเวลาที่น้ำหลากนั้นไม่สัมพันธ์กับช่วงระยะเวลาในการเจริญของปลา (เกียรติกมล นิลภรณ์กุล, 2561) เมื่อความหลากหลายทางทรัพยากรธรรมชาติที่มนุษย์เคยได้รับถูกลดทอนลงย่อมส่งผลถึงความมั่นคงทางอาหาร (FAO, 2019 อ้างถึงใน เกียรติกมล นิลภรณ์กุล, 2561) รวมถึงส่งผลต่อเศรษฐกิจระดับครัวเรือน และระดับชุมชนจากการลดทอนการเข้าถึงทรัพยากร เช่น การที่ครัวเรือนไม่สามารถเข้าถึงทรัพยากรปลาได้เหมือนในอดีต ปริมาณที่ได้ไม่เพียงพอต่อการบริโภค ทำให้ครัวเรือนต้องซื้อปลามาเพื่อทดแทนให้เพียงพอต่อการบริโภคซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้กับครัวเรือน

6.4. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นเป็นภูมิทัศน์ที่มีลักษณะเฉพาะที่สัมพันธ์กับพลวัตน้ำหลาก โดยพลวัตน้ำหลากเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลต่อหน้าที่ภูมิทัศน์ที่ให้ประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตและให้แนวศูบริการแก่มนุษย์ในฐานะแหล่งทรัพยากรต่าง ๆ

การพัฒนาที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่เริ่มมีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของพลวัตน้ำหลาก ก็คือ โครงการเจ้าพระยาใหญ่ (Haruyama, 1993; Jarupongsakul and Kaida, 2000) ทำให้เริ่มมีการควบคุมน้ำด้วยโครงสร้างเขื่อน ประตูน้ำ ซึ่งการพัฒนาโครงการชลประทานดังกล่าวนั้นก็เป็ผลมาจากความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการพัฒนาทางการเกษตรที่เปลี่ยนจากการทำเกษตรแบบดั้งเดิมมาเป็นการทำเกษตรแบบเข้มข้นเพื่อผลผลิตในการส่งออก (Kasetsart University and ORSTOM, 1996)

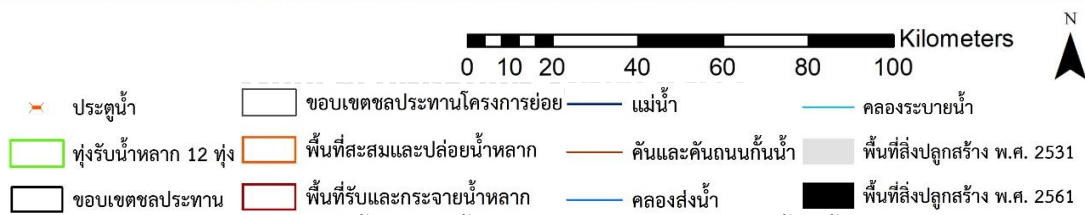
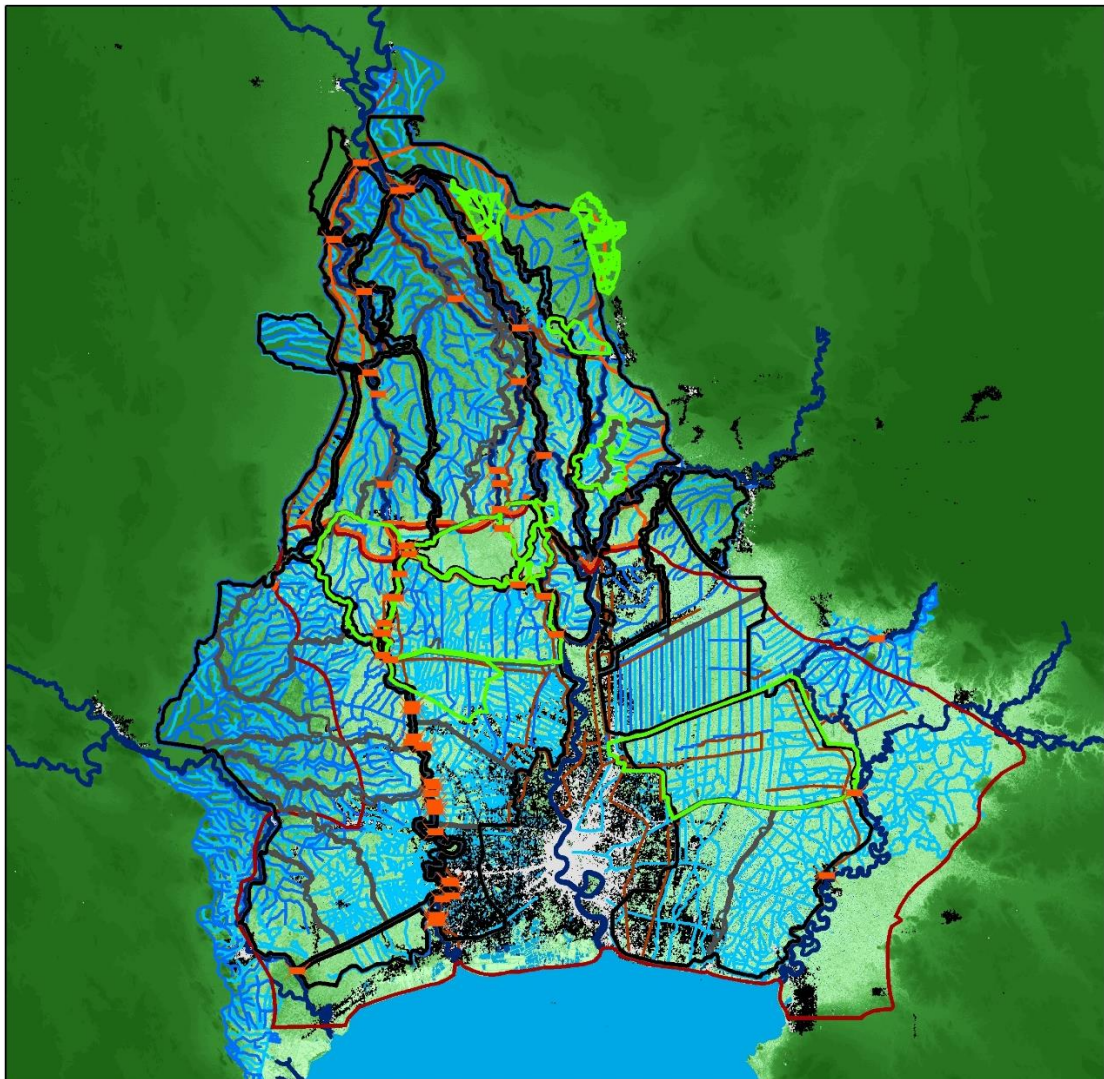
การขาดหายไปของพลวัตน้ำหลากทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นการลดทอนนิเวศบริการที่มนุษย์ได้รับจากระบบนิเวศน้ำหลาก แหล่งอาหารธรรมชาติลดหายไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ที่ดี ระบบสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมของชุมชนเกษตรกรรม (เกียรติกมล นิลารณกุล, 2561)



ภาพที่ 6-4 แผนภูมิการเปลี่ยนแปลงที่มีผลกระทบต่อพลวัตน้ำหลาก
(ดัดแปลงจาก Eckman, 1994)

นอกจากการพัฒนาทางชลประทานแล้ว การขยายตัวของเมืองและการพัฒนาโครงข่ายถนนที่มีลักษณะของการถมพื้นที่ลุ่มต่ำซึ่งเป็นที่ยอมรับน้ำหลาก ประกอบกับการทำคันป้องกันน้ำท่วมในพื้นที่เมือง ทำให้พื้นที่ที่เคยเป็นที่อยู่ของน้ำในฤดูน้ำหลากลดลงจนส่งผลให้น้ำหลากกลายเป็นปัญหาน้ำท่วมในปัจจุบัน

ภายหลังจากเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ พ.ศ. 2554 กรมชลประทานได้มีแผนในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มเจ้าพระยาตอนล่าง โดยการผันน้ำหลากเข้าทุ่งทั้งหมด 12 ทุ่ง เพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (คมชัดลึก, 2560) แต่แผนดังกล่าวก็เป็นเพียงการบริหารจัดการเพื่อบรรเทาปัญหาน้ำท่วมเพียงอย่างเดียว ไม่อาจทำให้พลวัตน้ำหลากกลับมาเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติเดิม

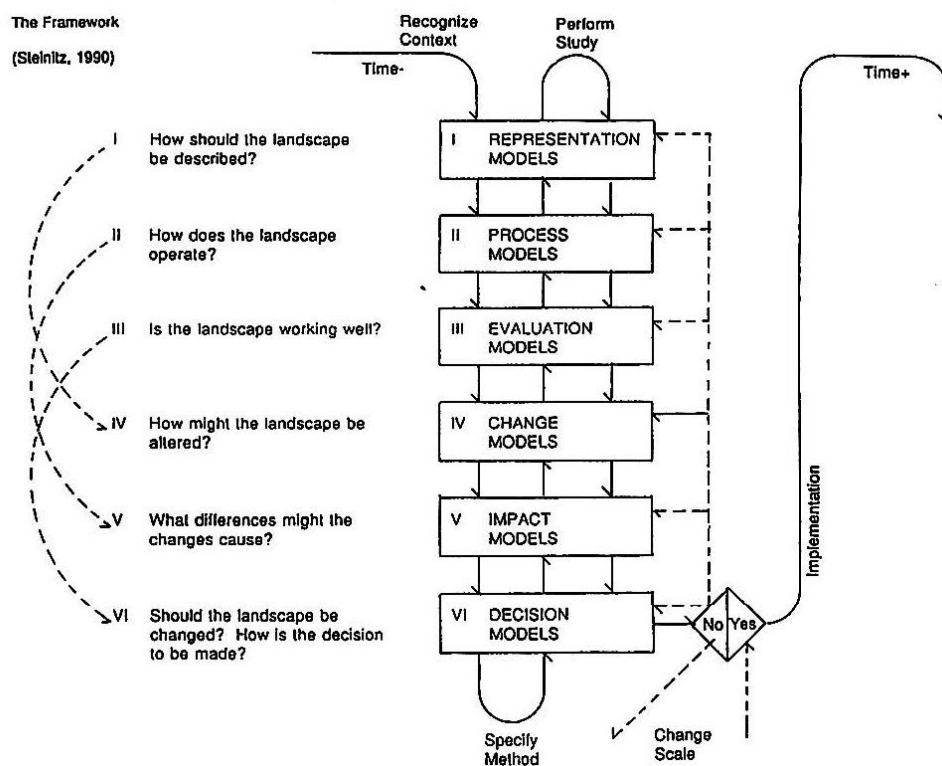


ภาพที่ 6-5 ข้อมูลพื้นที่ทุ่งรับน้ำหลาก 12 ทุ่ง ซ้อนทับขอบเขตพื้นที่น้ำหลาก (ดัดแปลงจาก Kaida, 1973; กรมชลประทาน, 2561; NASA JPL, 2013)

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา แสดงให้เห็นว่า การพัฒนาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นการพัฒนาที่ไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขของภูมิทัศน์ ส่งผลต่อความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติ เศรษฐกิจ และสังคม แนวทางในการพัฒนาบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาควรเป็นแนวทางการพัฒนาที่อยู่บนฐานความเข้าใจในโครงสร้างและพลวัตภูมิทัศน์ซึ่งทำให้เกิดความยั่งยืน

6.3. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ทำความเข้าใจภูมิทัศน์ และทำความเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงบนภูมิทัศน์ รวมถึงผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์ ซึ่งเป็นวิธีดำเนินการในการวางแผนภูมิทัศน์ (Landscape Planning) ซึ่งให้เห็นว่าพลวัตน้ำหลากเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ และนิเวศบริการที่มนุษย์ได้รับ ซึ่งจากการพัฒนาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นทำให้พลวัตน้ำหลากหายไป อันเป็นสาเหตุทำให้นิเวศบริการที่มนุษย์เคยได้รับลดน้อยลง และส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจระดับครัวเรือน และระดับชุมชน



ภาพที่ 6-6 กรอบวิธีในการวางแผนภูมิสถาปัตยกรรม

(Steinitz, 1995 อ้างถึงใน Ahern, 2005)

ดังนั้นการวางแผนสำหรับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาในอนาคตนั้นจึงต้องคำนึงถึงความสอดคล้องต่อพลวัตน้ำหลาก เพื่อเป็นการส่งเสริมความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติอันเป็นพื้นฐานของความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นการตอบคำถามการวิจัยข้อที่ 4 โดยมีแนวทางในการพัฒนา 2 ระดับดังนี้

6.3.1. การออกแบบวางผังเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา

ในการออกแบบเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมนั้นต้องมีการทำความเข้าใจพลวัตของน้ำว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติเป็นอย่างไร และในการออกแบบวางผังเมืองให้สามารถอยู่กับพลวัตของน้ำได้นั้น การวางแผนออกแบบควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของการปรับตัวให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำ ทำให้เมืองเป็นส่วนหนึ่งของระบบรับน้ำ (Water Retention System) (Thaitakoo et al., 2013) ดังนั้นเพื่อให้การออกแบบเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีความสอดคล้องกับพลวัตของน้ำในช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำจะหลากท่วมเต็มพื้นที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา สามารถทำได้โดยมีแนวทางในการออกแบบวางผังดังนี้

1) การเพิ่มพื้นที่ให้น้ำ

จากการพัฒนาและขยายของเมืองในปัจจุบันบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้พื้นที่ที่เคยเป็นที่รับน้ำหลากลดลง เป็นเหตุทำให้เกิดปัญหาอุทกภัย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาพื้นที่ให้กับน้ำ เพื่อช่วยในการกระจายปริมาณน้ำหลาก และเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา โดยตัวอย่างการเพิ่มพื้นที่ให้กับน้ำของประเทศไทยที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้คือ รูปแบบพื้นที่เกษตรกรรมแบบร่องสวน

เกษตรกรรมแบบร่องสวน เป็นการปรับเปลี่ยนพื้นที่ให้เกิดระบบโครงข่ายทางน้ำและร่องสวน เพื่อควบคุมปริมาณน้ำเข้าและน้ำออก โดยร่องสวนและระบบโครงข่ายทางน้ำจะทำหน้าที่เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำ (หญิง ฝิโลปกรณ์, 2552) ดังนั้นการปรับพื้นที่ให้มีลักษณะแบบร่องสวนจึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการรับน้ำได้มากขึ้น

นอกจากนี้ยังสามารถใช้พื้นที่สวนสาธารณะเป็นที่รองรับน้ำชั่วคราว หรือการปล่อยให้น้ำหลากเข้าท่วมพื้นที่นาได้ตามลักษณะธรรมชาติเดิม ซึ่งการปล่อยให้น้ำสามารถหลากเข้าที่นาได้นั้น นอกจากจะให้ประโยชน์ในเชิงของการจัดการน้ำแล้วยังให้ประโยชน์ในเชิงของแหล่งทรัพยากรอาหารที่มากับน้ำหลาก เช่น ปลา ให้กับชุมชนอีกด้วย

นอกจากวิธีการเพิ่มพื้นที่รับน้ำแบบเกษตรกรรมร่องสวนของไทยแล้ว ยังมีตัวอย่างการเพิ่มพื้นที่ให้น้ำของประเทศเนเธอร์แลนด์ที่นำเสนอแนวคิด Room for the River ขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาน้ำท่วม ด้วยการดำเนินการการฟื้นฟูที่ราบน้ำท่วมเพื่อสร้างพื้นที่ให้แม่น้ำสามารถไหลหลากกลับและกักเก็บได้ตามธรรมชาติ อีกทั้งยังให้คุณค่าทางด้านความหลากหลายทางนิเวศ

คุณค่าในเชิงพื้นที่นั้นธนาคารและทัศนียภาพ (Ruimte voor de Rivier, 2016; Zevenbergen et al., 2013) ซึ่งสามารถดำเนินการได้หลากหลายวิธี โดยวิธีที่เหมาะสมและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาได้ประกอบด้วย

- การนำสิ่งกีดขวางทางน้ำออก (Removing Obstacles)
- การย้ายแนวคันป้องกันน้ำออกจากริมแม่น้ำ (Dyke Relocation) เพื่อเพิ่มพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและปล่อยให้ น้ำสามารถไหลกลับเข้าท่วมพื้นที่ได้ (Depoldering)
- การมีพื้นที่แก้มลิง หรือพื้นที่รับน้ำชั่วคราว เพื่อเป็นพื้นที่พักน้ำหลากในช่วงที่มีน้ำทะเลหนุน รอช่วงเวลาในการระบายน้ำออกสู่อ่าวไทย



ภาพที่ 6-7 วิธีการออกแบบพื้นที่ตามแนวคิด Room for the River
(ดัดแปลงจาก Ruimte voor de Rivier, 2016)

แนวความคิด Room for the River เป็นลักษณะของการจัดการลุ่มน้ำอย่างผสมผสาน (Integrated River Basin Management) โดยคำนึงปัจจัยหลัก 3 อย่าง คือ การใช้งานพื้นที่ที่หลากหลาย (Multiple Objective) การออกแบบอย่างเป็นระบบเชื่อมโยงทุกขนาดพื้นที่ (Spatial Scales) และการวางแผนที่ครอบคลุมทั้งงานระยะสั้นและงานระยะยาว (Time Scales) (Zevenbergen et al., 2013)

2) การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการจัดการน้ำ (Water Infrastructure หรือ Green and Blue Infrastructure)

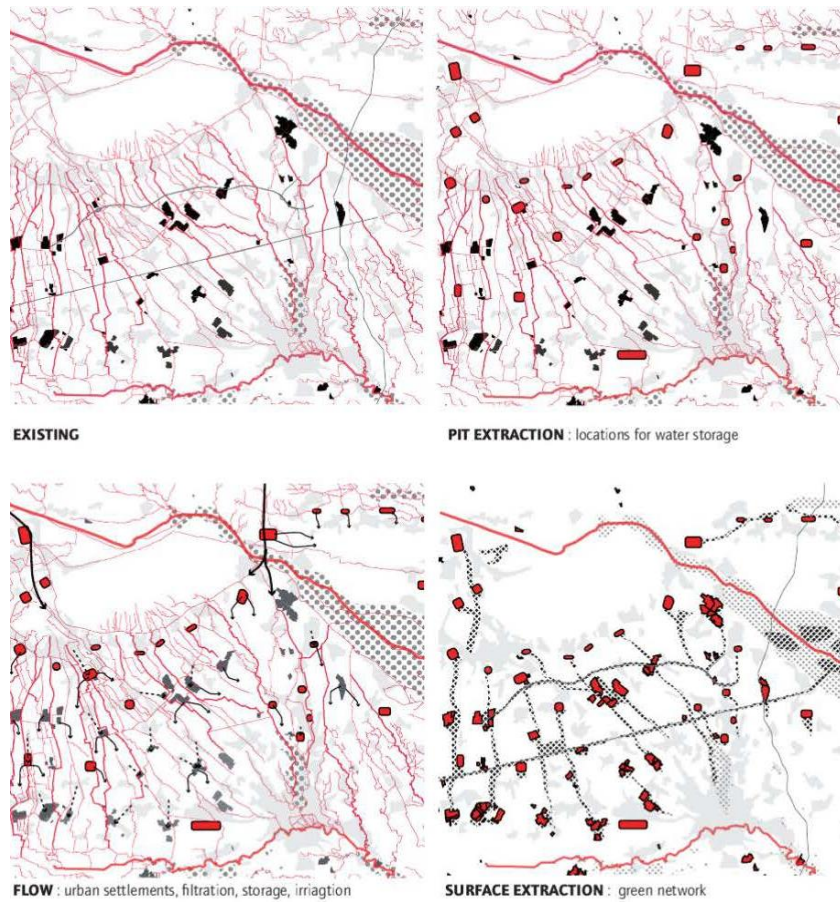
ด้วยลักษณะของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ลักษณะดินไม่สามารถซึมน้ำได้ อีกทั้งมีอิทธิพลของน้ำทะเลหนุนในช่วงฤดูน้ำหลากทำให้น้ำหลากจากตอนเหนือไม่สามารถระบายออกสู่ทะเลได้ ทำให้เกิดน้ำท่วมหลากบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นธรรมชาติของพื้นที่ ในการจัดการน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงควรมีการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว เชื่อมโยงกับโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงิน โดยโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวทำหน้าที่เป็น

พื้นที่รองรับน้ำหลาก และโครงสร้างพื้นฐานสีน้ำเงินทำหน้าที่เป็นเส้นทางไหลของน้ำหลากและเป็นพื้นที่รองรับน้ำหลากในเวลาเดียวกัน

โดยองค์ประกอบของระบบโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการจัดการน้ำ ประกอบด้วย

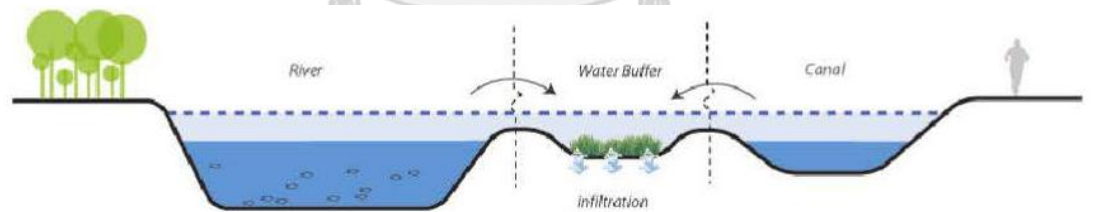
- แม่น้ำ
- ลำคลอง
- ที่ราบลุ่ม
- พื้นที่เกษตรกรรมร่องสวน

ตัวอย่างกรณีศึกษาของ Veneto Plain ประเทศอิตาลี ที่มีทั้งพื้นที่ที่เป็น Dry Plain ที่มีปัญหาของการขาดแคลนน้ำ และพื้นที่ที่เป็น Wet Plain ซึ่งไม่สามารถซึมน้ำได้และมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในช่วงเวลาที่มีปริมาณน้ำมาก ในการจัดการกับทั้งความขาดแคลนน้ำและความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วม ได้มีการนำเสนอให้มีการใช้พื้นที่ทั้งในเขตเมือง และเขตชนบทซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีส่วนร่วมในการรับน้ำที่หลากจากแม่น้ำ และเชื่อมโยงพื้นที่รับน้ำเหล่านั้นเป็นโครงข่ายด้วยเส้นทางเชื่อมต่อทางนิเวศ (Ecological Corridor) (Argemi et al., 2010) ซึ่งพื้นที่ที่เกิดขึ้นจะทำหน้าที่เป็นพื้นที่กักเก็บน้ำไว้ใช้ในช่่วงหน้าแล้ง และเป็นพื้นที่รองรับน้ำ กรองน้ำตามธรรมชาติในช่วงหน้าน้ำ นอกจากนั้นยังสามารถใช้พื้นที่เหล่านั้นเป็นพื้นที่นันทนาการ และพื้นที่เพื่อการท่องเที่ยวเป็นการเพิ่มคุณค่าทางเศรษฐกิจให้กับพื้นที่ในอีกทางด้วย (King et al., 2010)

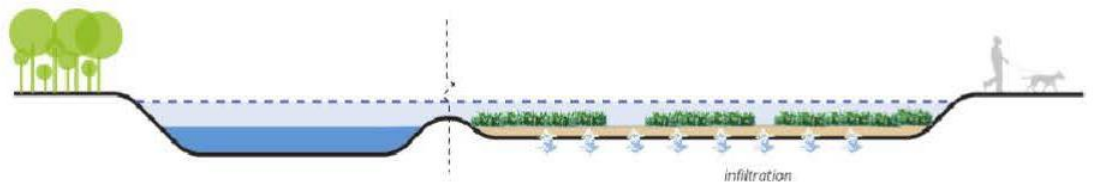


ภาพที่ 6-8 ตัวอย่างการจัดการพื้นที่ของ Veneto Plain

(King et al., 2010, p. 194)



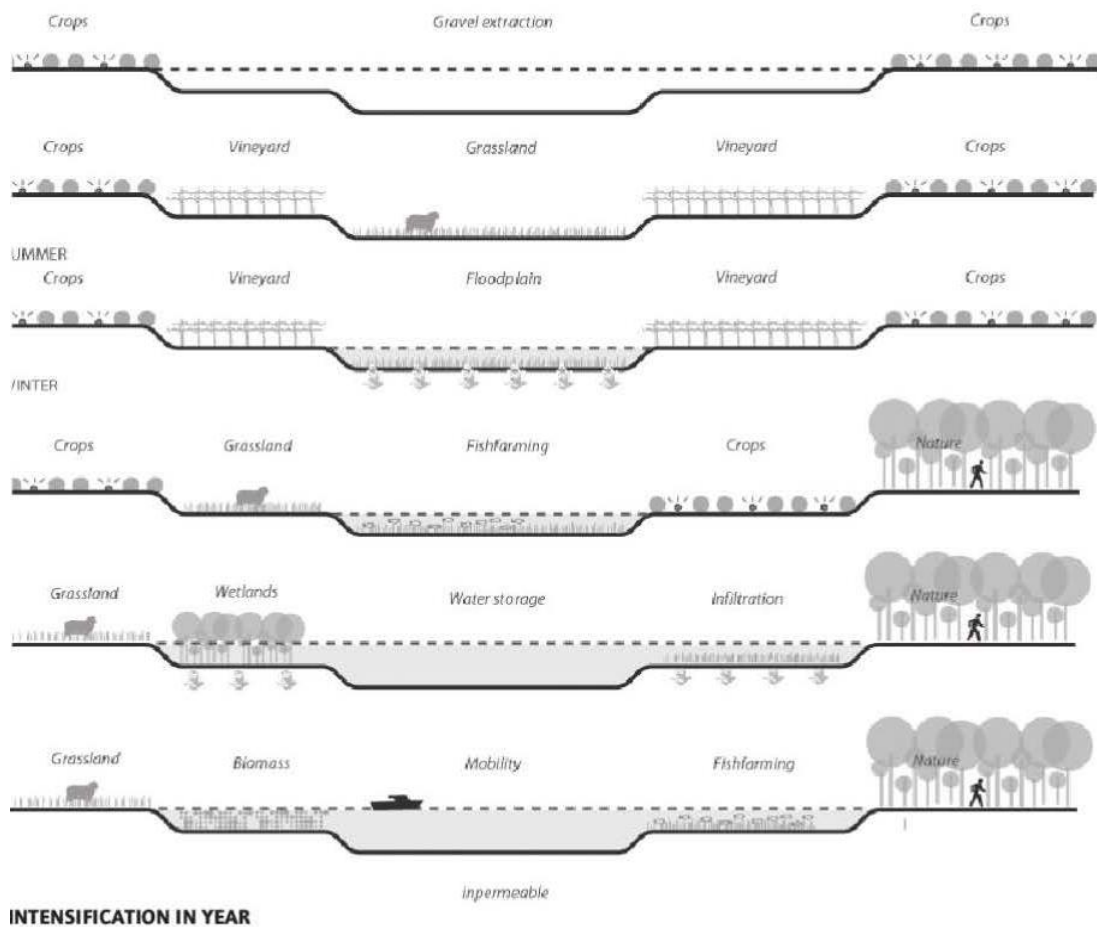
FINAL INFILTRATION: by overflowing the full basins into a filtration zone the excess water is infiltrated before the spring line



FLOOD BUFFER: canal and river system

ภาพที่ 6-9 ความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ของพื้นที่ริมแม่น้ำและลำคลอง กับแม่น้ำ

(King et al., 2010, pp. 196-197)



INTENSIFICATION IN YEAR

ภาพที่ 6-10 ความหลากหลายในการใช้งานพื้นที่ในรอบปี

(King et al., 2010, p. 197)

3) การจัดการการไหลของน้ำ (Flow Management)

ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์กับน้ำ 3 ทางคือ น้ำที่หลากมาจากตอนเหนือ น้ำฝนที่ตกในพื้นที่ และน้ำทะเลหนุนที่ทำให้น้ำหลากไม่สามารถระบายออกสู่ทะเลได้ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยามีน้ำท่วมเป็นธรรมชาติ

การจัดการการไหลของน้ำในที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาจึงต้องวางแผนการจัดการน้ำอย่างเป็นระบบตั้งแต่พื้นที่ต้นน้ำให้น้ำสามารถไหลหลากเข้าที่ราบลุ่มได้ และพื้นที่ปลายน้ำควรที่จะมีพื้นที่รองรับน้ำหลากเพื่อพักน้ำหลากรอเวลาที่อิทธิพลของน้ำทะเลหนุนลดลงแล้วจึงระบายน้ำหลากออกสู่ทะเล ซึ่งการจัดการการไหลของน้ำให้สามารถไหลหลากเข้าที่ราบลุ่มได้ นอกจากจะเป็นการช่วยในการจัดการน้ำแล้ว ยังนำเอาประโยชน์เชิงนิเวศอื่น ๆ มาให้ด้วย เช่น แหล่งทรัพยากรแร่ธาตุในการเพาะปลูก แหล่งอาหารทั้งปลาและพืชผัก

4) การออกแบบเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยม

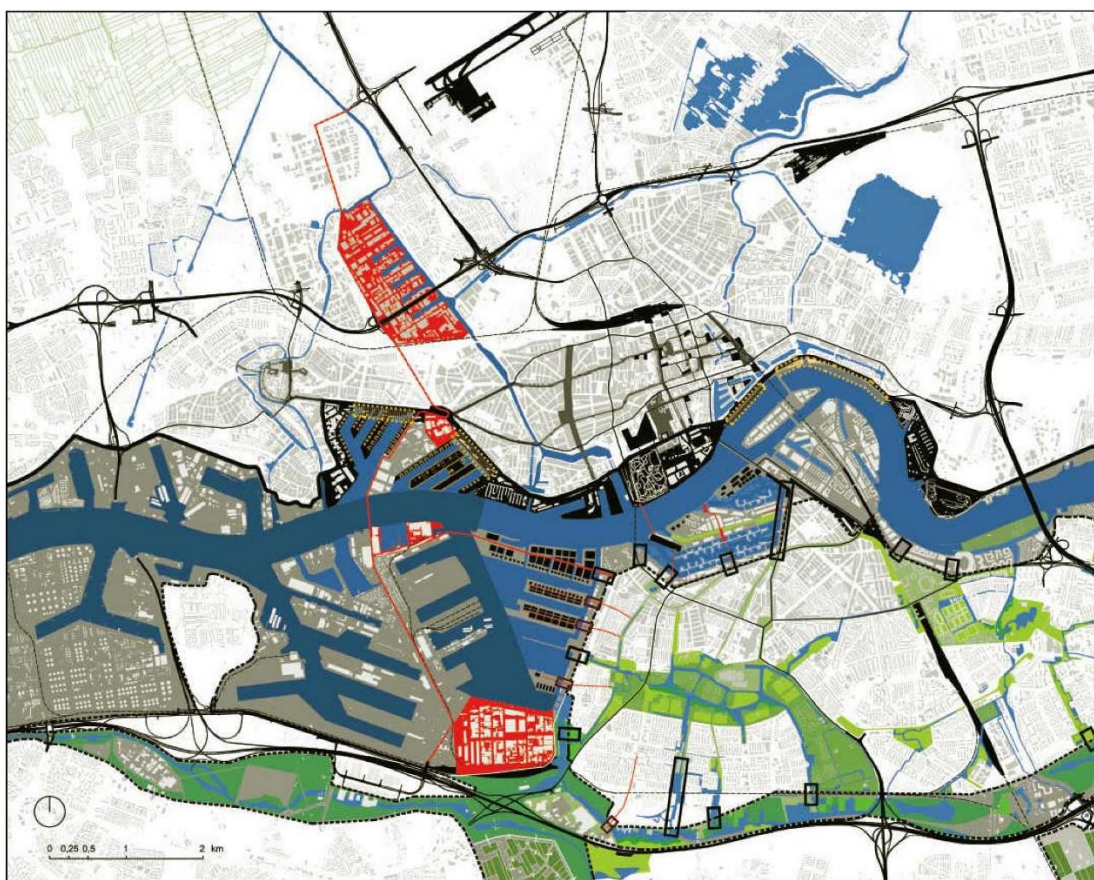
การออกแบบเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมเป็นการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับพลวัตตามธรรมชาติ โดยมีโครงสร้างพื้นฐานแบบผสมผสาน (Integrated Infrastructure) เป็นโครงสร้างหลักของเมือง เพื่อใช้ในการป้องกันพื้นที่เมืองจากน้ำท่วม และการจัดการน้ำ (Meyer, 2008)

ตัวอย่างแนวคิดการออกแบบเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ คือ แนวคิดเมืองพรุนน้ำ (Porous City) ซึ่งเป็นการปรับวิธีคิดในการออกแบบเมืองจากการออกแบบแบบถาวร (Permanent) ไม่ยืดหยุ่น (Static) มาเป็นการออกแบบอย่างเป็นระบบอยู่บนพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงและการปรับตัว โดยมีแนวทางในการดำเนินการเชิงนโยบายในการออกแบบเมือง 9 ข้อคือ (Thaitakoo and McGrath, 2010; Thaitakoo et al., 2013)

- 1) การทำความเข้าใจระบบนิเวศเมืองในเชิงกายภาพ และในเชิงสังคมวัฒนธรรม
- 2) การพัฒนานโยบาย ภูมิปัญญา และวิถีชีวิตของท้องถิ่น
- 3) การกำหนดและให้คุณค่ากับพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชานเมืองเป็นพื้นที่สร้างอากาศ ควบคุมอุณหภูมิ และรักษาคุณภาพน้ำให้กับเมือง
- 4) การออกแบบวางผังเมืองอย่างบูรณาการระหว่างฝ่ายการออกแบบ ฝ่ายการศึกษา ฝ่ายนิเวศวิทยา และฝ่ายวิจัยเชิงสังคม
- 5) การประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปรับตัวอยู่กับน้ำอย่างเข้าใจ
- 6) การวางแผนอย่างมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืน
- 7) การวางแผนพัฒนาแบบกระจายเป็นพื้นที่ต่าง ๆ ไม่ออกแบบเมืองแบบรวมศูนย์
- 8) การจัดการคุณภาพอากาศ น้ำ และอาหารโดยใช้พื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์อย่างร่องสวน หนวดสวน และคลองเก่า ให้สามารถเข้าถึงได้จากสาธารณะ
- 9) การเชื่อมโยงระหว่างชาวนา ผู้บริโภค และนักวางแผนนโยบาย เพื่อสร้างให้เกิดวงจรป้อนกลับ (Feedback Loop) อย่างเป็นรูปธรรม

ในด้านการจัดการทางกายภาพของเมืองนั้น การเพิ่มความพรุนให้กับเมืองเป็นการออกแบบเมืองให้น้ำสามารถไหลผ่านเมืองได้ ปรับตัวเข้ากับพลวัตและกระบวนการของน้ำ ซึ่งโครงสร้างที่ช่วยทำให้น้ำสามารถไหลผ่านเมืองได้ก็คือระบบคลอง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้มาตั้งแต่แรกเริ่มปรับเปลี่ยนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อตั้งถิ่นฐานและการเพาะปลูก (Thaitakoo et al., 2013)

นอกจากการสร้างความพรุนให้กับเมืองโดยใช้ระบบคลองแล้ว ยังมีตัวอย่างการออกแบบเมืองที่ผสมผสานการจัดการน้ำอย่างเมืองรอตเตอร์ดัม (Rotterdam) ประเทศเนเธอร์แลนด์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการเชื่อมโยงที่ราบน้ำท่วมถึงเส้นทางน้ำ ให้เป็นโครงข่ายพื้นที่ชุ่มน้ำของเมือง เพื่อช่วยในการจัดการน้ำอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และพัฒนาระบบนิเวศที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมอีกด้วย (Meyer, 2010)



ภาพที่ 6-11 ตัวอย่างแนวคิดออกแบบเมืองผสมผสานการจัดการน้ำของเมืองรอตเตอร์ดัม
(ดัดแปลงจาก Meyer, 2010, pp. 168-169)

นอกจากนี้จากกรณีศึกษาการออกแบบวางผังเมืองบนที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมในประเทศเนเธอร์แลนด์ ยังได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าการออกแบบเมืองโดยใช้แนวคิดที่สู้กับธรรมชาติอาจจะสามารถแก้ปัญหาได้ แต่ท้ายที่สุดแล้วการต่อสู้กับธรรมชาติจะนำผลเสียมาให้แก่เมือง เช่น การสร้างคันกันน้ำริมแม่น้ำอาจจะสามารถป้องกันปัญหาน้ำท่วมได้ แต่คันกันน้ำก็เพิ่มความเสี่ยงให้กับพื้นที่ลุ่มต่ำที่อยู่ด้านหลังคันด้วยเช่นกัน (Tjallingii, 2010)

6.3.2. การวางแผนพัฒนาอย่างยั่งยืน

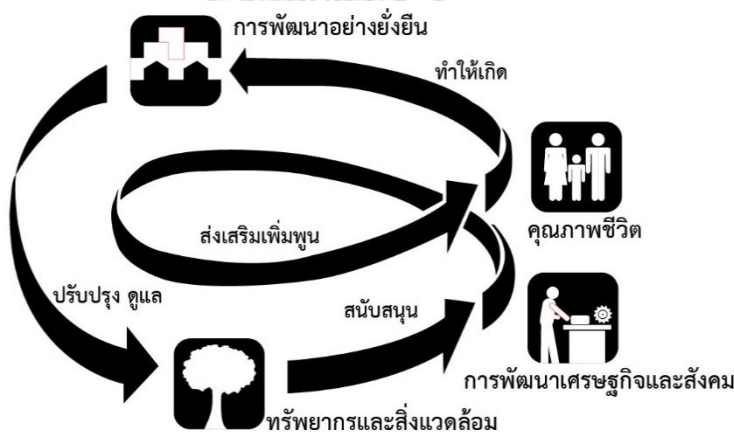
การวางแผนพัฒนาอย่างยั่งยืนที่นำเสนอนี้เป็นแนวทางการวางแผนที่ได้มาจากแนวคิดการพัฒนาชนบทโดยคำนึงถึงความยั่งยืนของแหล่งทรัพยากรซึ่งเป็นฐานสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงการส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้กับมนุษย์ โดยแนวทางในการพัฒนาอย่างยั่งยืนนั้นมีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในการดำเนินการ 2 ชั้น ประกอบด้วย

1) การอนุรักษ์แหล่งทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ในการวางแผนพัฒนาเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ คือ การวางแผนการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุล ซึ่งทรัพยากรนั้นไม่ได้หมายถึงเพียงวัสดุที่มนุษย์ได้จากธรรมชาติ เช่น ไม้ แร่ ขนสัตว์เท่านั้น แต่หมายรวมไปถึงทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานสำหรับผลผลิตทางการเกษตรด้วย

2) การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมควรพิจารณาส่งเสริมทั้งในระดับชุมชน และระดับประเทศ โดยการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชน ควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจมหภาค โดยการพัฒนาเศรษฐกิจนั้นจะต้องไม่ส่งผลทำให้ทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมลง



ภาพที่ 6-12 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาอย่างยั่งยืน

(ดัดแปลงจาก Eckman, 1994)

6.4. ข้อจำกัดในการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ในการวิเคราะห์โครงสร้างที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยานั้นเป็นการนำเอาข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขมาใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบกับข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากแผนที่ต่าง ๆ เพื่อจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งแผนที่การจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ได้จากการดำเนินการวิจัยครั้งนี้นี้อาจจะยังไม่ชัดเจนที่สุด ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข SRTM 30m (NASA JPL, 2013) นั้นเป็นข้อมูลรายละเอียดปานกลาง อีกทั้งข้อมูลปัจจุบันอื่น ๆ ที่จะสามารถนำมาใช้ประกอบในการจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น ข้อมูลเส้นชั้นความสูง นั้นไม่สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลได้ ดังนั้นแผนที่การจำแนกที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยายังคงต้องมีการปรับแก้ไขให้มีความถูกต้องมากขึ้น ด้วยการใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูง เช่น ข้อมูลจากระบบไลดาร์ (Light Detection and Ranging :LiDAR)

6.5. การศึกษาในลำดับถัดไป

การวิจัยครั้งนี้เป็นเพียงการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจลักษณะตามธรรมชาติของที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งจากการวิจัยนี้ที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถแบ่งเป็นพื้นที่ส่วนย่อยได้ตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งนั่นย่อมทำให้แต่ละส่วนพื้นที่มีเงื่อนไขของภูมิทัศน์ที่แตกต่างกัน อีกทั้งผลของการวิจัยเรื่องพลวัตของน้ำเป็นเพียงการวิเคราะห์ให้เห็นถึงพลวัตของน้ำหลากตามธรรมชาติ ยังไม่ได้มีการนำเอาข้อมูลการไหลของน้ำในปัจจุบันซึ่งมีการจัดการด้วยการชลประทานมาร่วมในการวิเคราะห์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ชัดเจน และครบถ้วน รวมถึงการทำความเข้าใจถึงลักษณะการไหลของน้ำในปัจจุบัน จึงควรมีการดำเนินการวิเคราะห์ศึกษาอย่างละเอียดต่อไปในแต่ละส่วนพื้นที่ และนำข้อมูลการไหลของน้ำที่จัดการโดยกรมชลประทานมาร่วมในการวิเคราะห์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนพัฒนาต่าง ๆ ต่อไป

บรรณานุกรม

- Ahern, J. (2005). Theories, Methods & Strategies for Sustainable Landscape Planning. In Tress, B., Tress, G., Fry, G., & Opdam, P. (Eds.), *landscape research to landscape planning: Aspects of integration, education and application*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Alcamo, J., Ash, N. J., Butler, C. D., Callicott, J. B., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Castilla, J. C., Chambers, R., Chopra, K., Cropper, A., Daily, G. C., Dasgupta, P., de Groot, R., Dietz, T., Duraiappah, A. K., Gadgil, M., Hamilton, K., Hassan, R., Lambin, E. F., Lebel, L., Leemans, R., Jiyuan, L., Malingreau, J.-P., May, R. M., McCalla, A. F., McMichael, T. A. J., Moldan, B., Mooney, H., Naeem, S., Nelson, G. C., Wen-Yuan, N., Noble, I., Zhiyun, O., Pagiola, S., Pauly, D., Percy, S., Pingali, P., Prescott-Allen, R., Reid, W. V., Ricketts, T. H., Samper, C., Scholes, R. B., Simons, H., Toth, F. L., Turpie, J. K., Watson, R. T., Wilbanks, T. J., Williams, M., Wood, S., Shidong, Z., and Zurek, M. B. (2003). *Ecosystems and Human Well-being : A Framework for Assessment*. Washington, DC.: Island Press.
- Argemi, J., Pisano, C., Sharma, A. C., Secco, G., and Girelli, M. (2010). Wet Wet Wet. In Fabian, L. & Vigano, P. (Eds.), *Extreme City: Climate Change and the Transformation of the Waterscape*. Italy: Università luav di Venezia.
- Barnes, T. G. (2000). *Landscape Ecology and Ecosystem Management*. Paper presented at the Cooperative Extension Service, USA. Retrieved from <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/for/for76/for76.pdf>
- Catling, D. (1999). *Rice in Deep Water*. London: MACMILLAN REFERENCE LTD.
- Earth Observing System (2019). *Landsat 4-5 TM*, [Landsat dataset]. Retrieved from <https://eos.com/landviewer/?lat=14.73770&lng=102.71118&z=7> [December 8, 2018].
- Eckman, K. (1994). *Rural households and sustainability: Integrating environmental and gender concerns into home economics curricula*. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome: FAO. Retrieved from http://www.fao.org/3/V5406e/v5406e02.htm#P29_5167 [June 22, 2019]

- Elmqvist, T., Redman, C. L., Barthel, S., and Costanza, R. (2013). History of Urbanization and the Missing Ecology. In Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P. J., McDonald, R. I., Parnell, S., Schewenius, M., Sendstad, M., Seto, K. C., & Wilkinson, C. (Eds.), *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities* (pp. 755). Dordrecht: Springer Netherland.
- ESRI. (2018). ArcGIS Desktop (Version 10.6). Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.
- Forman, R. T. T., and Gordon, M. (1986). *Landscape Ecology*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Gehrels, H., Meulen, S. v. d., Schasfoort, F., Bosch, P., Brolsma, R., Dinther, D. v., Geerling, G., Goossen, M., Jacobs, C., de Jong, M., Kok, S., Massop, H., Osté, L., Pérez-Soba, M., Rovers, V., Smit, A., Verweij, P., de Vries, B., and Weijers, E. (2016). *Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living*. Retrieved from TO2 institutions: https://www.researchgate.net/publication/308165682_Designing_green_and_blue_infrastructure_to_support_healthy_urban_living
- Goodbred, S. L., and Saito, Y. (2012). Tide-Dominated Deltas. In Davis Jr, R. A. & Dalrymple, R. W. (Eds.), *Principles of Tidal Sedimentology* (pp. 129-149). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Google Earth Pro 7.1.8.3036, V. (2010). (2010, December 2012): Google Earth imagery, Chao Phraya Delta, Thailand. 14°34'19.07"N, 100°31'27.06"E, elevation 10 M, Eye alt 2547.2148 km. SIO, NOAA, U.S. NAVY, NGA, GEBCO. US Dept of State Geographer, Google 2018, Landsat / Copernicus. Retrieved from <http://earth.google.com> [May 13, 2019].
- Google Earth Pro 7.1.8.3036, V. (2011). (2011, November): Google Street View, Soi Thong, Nakhon Sawan. 15°09'17.08" N, 100°24'29.33" E. Google 2018, Google 2019. Retrieved from <http://earth.google.com> [June 17, 2019].
- Google Earth Pro 7.1.8.3036, V. (2013). (2013, March): Google Street View, Pa Ngiu, Ang Thong. 14°36'38.97" N, 100°25'15.12" E. Google 2018, Google 2019. Retrieved from <http://earth.google.com> [June 5, 2019].

- Haruyama, S. (1993). Geomorphology of the Central Plain of Thailand and its Relationship with Recent Flood Conditions. *GeoJournal*, 31(4), 327-334. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Hori, K., and Saito, Y. (2007). Classification, Architecture, and Evolution of Large-river Deltas. In Gupta, A. (Ed.), *Large Rivers Geomorphology and Management*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Hubbard, R. V. (1977). Canal Construction in the Chao Phraya River System, Central Thailand. In Hubbard, R. V. & Hafner, J. A. (Eds.), *The history of inland waterway development in Thailand*. Ann Arbor, Michigan: The Department of Geography and the Center for South and Southeast Asian Studies, University of Michigan,.
- Jarupongsakul, T., and Kaida, Y. (2000). *The Imagescape of the Chao Phraya delta into the year 2020*. Paper presented at the The Chao Phraya Delta : Historical Development, Dynamics and Challenges of Thailand's Rice Bowl, Kasetsart University, Bangkok.
- Junk, W. J. (1997). General Aspects of Floodplain Ecology with Special Reference to Amazonian Floodplains. In Junk, W. J. (Ed.), *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System* (pp. 3-20). Berlin: Springer-Verlag.
- Junk, W. J., Barley, P. B., and Sparks, R. E. (1989, September 14-21). *The Flood Pulse Concept in River—Floodplain Systems*. Paper presented at the Proceedings of the International Large River Symposium (LARS), Ontario, Canada.
- Kaida, Y. (1973). <Notes>A Subdivision of the Chao Phraya Delta in Thailand Based on Hydrographical Conditions: Water Condition in Deltaic Lowland Rice Fields(I). *Southeast Asian Studies*, 11(3), 403-413. Kyoto: Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.
- Kasetsart University, and ORSTOM. (1996). *Agricultural and irrigation patterns in the Central Plain of Thailand : preliminary analysis and prospects for agricultural research and development*. Bangkok, Thailand; DORAS Project. Bangkok: Kasetsart University ORSTOM.
- King, S., Vanleene, M., Marcilla, M. P., Gore, C. Y., Yingtian, Z., Quintanilla, D. L., Castera, R. P., and Maniero, N. (2010). Hydrarchy+. In Fabian, L. & Vigano, P. (Eds.),

- Extreme City: Climate Change and the Transformation of the Waterscape*. Italy: Università Iuav di Venezia.
- Maidstone Borough Council. (2016). *Green and Blue Infrastructure Strategy*. Retrieved from http://www.maidstone.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0004/164659/Green-and-Blue-Infrastructure-Strategy-June-2016.pdf
- Marsh, W. M., and Dozier, J. (1981). *Landscape an Introduction to Physical Geography*. USA: ADDISON-WESLEY.
- McGarigal, K. (no date). Overview of landscape dynamic concepts [Power Point Presentation]. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/68d0/2160c1c413d41c50f198bcc944d342f8e1e5.pdf> [28 November 2018].
- Meyer, H. (2008). Delta-Urbanism: Integrated infrastructures [Power Point Presentation]. Retrieved from <http://www.china-up.com:8080/international/case/case/1316.pdf> [30 August 2018].
- Meyer, H. (2010). Delta City Rotterdam: Where it all comes together. In Meyer, H., Bobbink, I., & Nijhuis, s. (Eds.), *DELTA URBANISM: THE NETHERLANDS*. USA: American Planning Association.
- Meyer, H., Bobbink, I., and Nijhuis, s. (2010). How to Deal with the Complexity of the Urbanized Delta. In Meyer, H., Bobbink, I., & Nijhuis, s. (Eds.), *DELTA URBANISM: THE NETHERLANDS*. USA: American Planning Association.
- Middleton, B. A. (2002). The Flood Pulse Concept in Wetland Restoration. In Middleton, B. A. (Ed.), *Flood Pulsing in Wetlands: Restoring the Natural Hydrological Balance* (pp. 1-10). New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Molle, F., Durongdej, S., Chompadist, C., Joannon, A., and Limsawad, Y. (1999). *Improvement of rice cultivation and water management in the flooded area of the Central Plain of Thailand : A Zoning of rice systems by using remote sensing imagery*. Bangkok: DORAS Project, Kasetsart University.
- Molle, F., and Keawkulaya, J. (1998). Water Management and Agricultural Change: A Case Study in the Upper Chao Phraya Delta. *Southeast Asian Studies*, 36(1), 32-58. Kyoto: Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.

- NASA JPL (2013). *NASA Shuttle Radar Topography Mission Global 1 arc second number* [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. doi: 10.5067/MEaSURES/SRTM/SRTMGL1N.003.
- Naveh, Z., and Lieberman, A. S. (1990). *Landscape Ecology : Theory and Application* (2nd ed.). NY: Springer-Verlag New York.
- Noppadol, P., and Nutalaya, P. (2005). Subsidence and Flooding in Bangkok. In Gupta, A. (Ed.), *The Physical Geography of Southeast Asia*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Pickett, S. T. A., Burch, W. R., Dalton, S. E., Foresman, T. W., Grove, J. M., and Rowntree, R. (1997). A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas. *Urban Ecosystems*, 1(4), 185-199. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Ruimte voor de Rivier. (2016, May 25). Factsheet dutch water programme uk april 2016. Retrieved from https://issuu.com/ruimtevoorderivier/docs/uk_rvdr_dutch_water_programme_rom__d04a92a0f3679f
- Sharma, V. K. (2010). *Introduction to Process Geomorphology*. Boca Raton: CRC Press.
- Sinsakul, S. (2000). Late Quaternary geology of the Lower Central Plain, Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(4), 415-426. UK: Elsevier Ltd.
- Takaya, Y. (1969a). Topographical Analysis of the Southern Basin of the Central Plain, Thailand. *Southeast Asian Studies*, 7(3), 293-300. Kyoto: Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.
- Takaya, Y. (1969b). Topographical Control Over the Agriculture in the Mae Nam Delta. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 4(4), 24-27. Ibaraki: JIRCAS.
- Takaya, Y. (1971). Physiography of Rice Land in the Chao Phraya Basin of Thailand. *Southeast Asian Studies*, 9(3), 375-397. Kyoto: Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.
- Takaya, Y. (1975a). An Ecological Interpretation of Thai History. *Southeast Asian Studies*, 6(2), 190-195. UK: Cambridge University Press.

- Takaya, Y. (1975b). Rice Cropping Patterns in Southern Asian Delta. *Southeast Asian Studies*, 13(2), 256-281. Kyoto: Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.
- Takaya, Y. (1977). Rice Growing Societies of Asia: an Ecological Approach. *Southeast Asian Studies*, 15(3), 442-451. Kyoto: Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University.
- Takaya, Y. (1985). Geomorphology, Hydrology and Rice Cultivation in the Chao Phraya Delta of Thailand. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 18(3), 159-163. Ibaraki: JIRCAS.
- Takaya, Y. (1987). *Agricultural Development of A Tropical Delta : A Study of the Chao Phraya Delta* (Hawkes, P., Trans.). Kyoto: Kyoto University.
- Tanabe, S. (1994). *Ecology and Practical Technology : Peasant Farming System in Thailand*. Bangkok, Thailand: White Lotus Co.,Ltd.
- Thaitakoo, D. (1998). *The Application and Integration of Landscape Spatial Structure Analysis and Modeling in the Planning and Design of Nature Reserves*. (Doctor of Philosophy), University of California, Berkeley, (9923070)
- Thaitakoo, D., and McGrath, B. (2010). Bangkok Liquid Perception: Waterscape Urbanism in the Chao Phraya River Delta and Implications to Climate Change Adaptation. In Shaw, R. & Thaitakoo, D. (Eds.), *Water Communities (Community, Environment and Disaster Risk Management)* (Vol. 2, pp. 35-50). Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- Thaitakoo, D., McGrath, B., Srithanyarat, S., and Palopakon, Y. (2013). Bangkok: The Ecology and Design of an Aqua-City. In Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., & McGrath, B. (Eds.), *Resilience in Ecology and Urban Design*. Dordrecht: Springer Science+Business Media.
- Tjallingii, S. (2010). Planning with Water, Dilemmas and Strategies. In Fabian, L. & Vigano, P. (Eds.), *Extreme City: Climate Change and the Transformation of the Waterscape*. Italy: Università Iuav di Venezia.
- U.S. Department of the Interior, and U.S. Geological Survey (2018). *Landsat Level-1 Data Products*, [Landsat dataset]. Retrieved from <https://earthexplorer.usgs.gov/> [2018, December 10].

- United States Geological Survey. (no date). USGS: What are the band designations for the Landsat satellites? (online). Retrieved May 7, 2019
https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=7#qt-news_science_products
- Waqar, M. M., Mirza, J. F., Mumtaz, R., and Hussain, E. (2012). Development of New Indices for Extraction of Built-Up Area & Bare Soil from Landsat Data. *Scientific Reports*, 1(1), 136. London: Nature Research.
- Wood, R., and Handley, J. (2010). Landscape Dynamics and the Management of Change. *Landscape Research*, 21(1), 45-54.
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033. Bristol, PA, USA: Taylor & Francis.
- Zevenbergen, C., Rijke, J. S., Van Herk, S., Ludy, J., and Ashley, R. (2013). Room for the River: International relevance. *Water Governance*, 3(2). Amsterdam, The Netherlands: Baltzer Science Publishers.
- Zonneveld, I. S. (1989). The land unit — A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology*, 3(2), 67-86. Hague: SPB Academic Publishing bv.
- กรมชลประทาน. (2545). ประวัติการพัฒนางานชลประทานในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.
- กรมชลประทาน. (2555). ข้อมูลโครงการชลประทาน [ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์]. ฝ่ายจัดสรรน้ำที่ 1 ส่วนบริหารจัดการน้ำ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา.
- กรมชลประทาน. (2561). ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มต่ำ [ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์]. ฝ่ายจัดสรรน้ำที่ 1 ส่วนบริหารจัดการน้ำ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา.
- กรมทางหลวง. (2562). ทางหลวงแผ่นดิน ทางหลวงชนบท และทางพิเศษ [ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์]. กลุ่มพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศ, ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม.
- กรมแผนที่ทหาร (2553). แผนที่แสดงแนวคันกันน้ำและระดับพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล, [แผนที่]. เข้าถึงจาก
<https://www.facebook.com/thaivaluer/posts/2272342769655699?sfnsw=cl>

เกียรติกมล นิลารณกุล. (2561). การศึกษาระบบนิเวศน้ำหลากและนิเวศบริการของทุ่งน้ำหลากพื้นที่ราบลุ่มสามเหลี่ยมแม่น้ำเจ้าพระยา กรณีศึกษา ชุมชนลาดชะโด อำเภอฟักไถ่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

คมชัดลึก. (2560). เปิดแผนระบายน้ำท่วมลุ่ม‘เจ้าพระยา’ตอนล่าง. เข้าถึงจาก <http://www.komchadluek.net/news/agricultural/300423>

จรัณธร บุญญาภาพ. (2557). หลักการรับรู้จากระยะไกลด้านนิเวศวิทยาพืชพรรณและการอนุรักษ์ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ตรงใจ หุตางกูร. (2557). การตีความใหม่เรื่อง ขอบเขตแนวชายฝั่งทะเลโบราณสมัยทวารวดีบนที่ราบภาคกลางตอนล่าง. ตำรงวิชาการ, 13(1), 11-44. กรุงเทพฯ: คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ดวงพร ปิตินานนท์. (2560). การเปลี่ยนแปลงของภูมิทัศน์และความเป็นเมืองในพื้นที่ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำเจ้าพระยา กรณีศึกษา: พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

มิ่งขวัญ นันทวิสัย. (2559). การจำแนกและวิเคราะห์พืชพรรณในเมืองเพื่อหาความสัมพันธ์ของรูปแบบพืชพรรณในเมืองที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวพื้นของเมือง: กรณีศึกษา กรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2549). พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.

วรุฒม์ นานี. (2559). ภาพถ่ายทางอากาศเชิงตัวเลข (พิมพ์ครั้งที่ 1). สงขลา: นำศิลป์โฆษณา.

ศรีศักร วัลลิโภดม. (2560). สังคมลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา : พัฒนาการและการเปลี่ยนแปลง. ใน ศรีศักร วัลลิโภดม และ วัลย์ลักษณ์ ทรงศิริ (บรรณาธิการ), ลุ่มเจ้าพระยา รากเหง้าแห่งสยามประเทศ. กรุงเทพฯ: มูลนิธิเล็ก-ประไพ วิริยะพันธุ์.

สมพร สว่างศ์. (2552). การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). GISTDA: ดาวเทียม LANDSAT-5. เข้าถึงจาก <https://www.gistda.or.th/main/th/node/91>

สำนักหอจดหมายเหตุแห่งชาติ. ผ.สบสพ. 1/4. แผนที่กรมชลประทาน แผนที่โครงการทดน้ำบริเวณสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ พ.ศ. 2466.

สุเพชร จิรขจรกุล. (2560). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม *ArcGIS Desktop 10.5*.

นนทบุรี: บริษัท เอ.พี. กราฟฟิคดีไซน์และการพิมพ์ จำกัด.

หญิง ฝโลปกรณ์. (2552). โครงสร้างของระบบภูมิทัศน์และการบริการเชิงนิเวศของภูมิทัศน์ ทัศนศึกษา
ลำประโดงและร่องสวนในโครงข่ายเส้นทางน้ำ คลองอ้อมนนท์ บางใหญ่ นนทบุรี. (วิทยานิพนธ์
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม, คณะ
สถาปัตยกรรมศาสตร์.

อรกมล นิละนนท์. (2560). การบ่งชี้การบริการระบบนิเวศทางวัฒนธรรมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำห้วยปุด
อำเภอท่าวังผา จังหวัดน่าน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์.



ภาคผนวก

ข้อมูลดาวเทียม Landsat-5 TM

ตารางรายละเอียดช่วงคลื่นและความละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 TM

(United States Geological Survey, no date; สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.: ออนไลน์)

| Landsat-5 TM | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ช่วงคลื่น (Band Number) | ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร) | ความละเอียดภาพ (เมตร) |
| 1 (Blue: น้ำเงิน) | 0.45-0.52 | 30 |
| 2 (Green: เขียว) | 0.52-0.60 | 30 |
| 3 (Red: แดง) | 0.63-0.69 | 30 |
| 4 (NIR: อินฟราเรดใกล้) | 0.76-0.90 | 30 |
| 5 (SWIR1: อินฟราเรดคลื่นสั้น) | 1.55-1.75 | 30 |
| 6 (Thermal: อินฟราเรดความร้อน) | 10.40-12.50 | 120 |
| 7 (SWIR2: อินฟราเรดสะท้อน) | 2.08-2.35 | 30 |

ข้อมูลดาวเทียม Landsat-8

ตารางรายละเอียดช่วงคลื่นและความละเอียดภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8

(United States Geological Survey, no date)

| Landsat-8 | | |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ช่วงคลื่น (Band Number) | ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร) | ความละเอียดภาพ (เมตร) |
| 1 (Ultra Blue) | 0.435 - 0.451 | 30 |
| 2 (Blue) | 0.452 - 0.512 | 30 |
| 3 (Green) | 0.533 - 0.590 | 30 |
| 4 (Red) | 0.636 - 0.673 | 30 |
| 5 (NIR) | 0.851 - 0.879 | 30 |
| 6 (SWIR 1) | 1.566 - 1.651 | 30 |
| 7 (SWIR2) | 2.107 - 2.294 | 30 |
| 8 Panchromatic | 0.503 - 0.676 | 15 |
| 9 Cirrus | 1.363 - 1.384 | 30 |
| 10 TIRS 1 | 10.60 - 11.19 | 100 |
| 11 TIRS 2 | 11.50 - 12.51 | 100 |

การคำนวณค่าดัชนีทั่วไปของสิ่งปลูกสร้าง (Normalize Built-up Area Index: NBAI)

$$\text{NBAI} = \frac{(\text{SWIR2}-\text{SWIR1})/\text{Green}}{(\text{SWIR2}+\text{SWIR1})/\text{Green}}$$

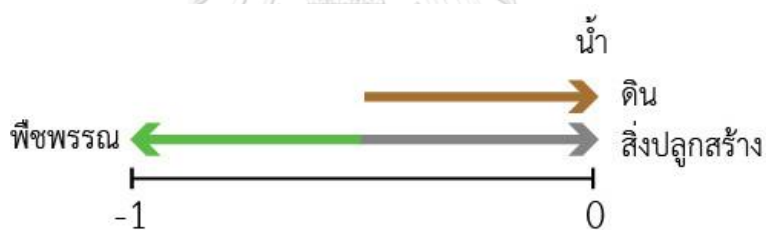
เมื่อ NBAI คือ ค่าดัชนีทั่วไปของสิ่งปลูกสร้าง

SWIR 1 คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น ความยาวคลื่น 1.55-1.75 μm

SWIR 2 คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน ความยาวคลื่น 2.08-2.35 μm

Green คือ ช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว ความยาวคลื่น 0.52-0.60 μm

ในการคำนวณค่าดัชนีทั่วไปของสิ่งปลูกสร้างมีความจำเป็นที่จะต้องตัดข้อมูลผิวน้ำออก เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น เมื่อทำการตัดข้อมูลน้ำออกแล้ว ค่าที่แปลได้จะอยู่ในช่วง -1 ถึง 0 โดยสิ่งปกคลุมผิวดินประเภทสิ่งปลูกสร้างนั้นจะมีค่าเป็นลบเข้าใกล้ 0 และน้ำซึ่งทำการตัดข้อมูลแล้ว จะมีค่าเป็น 0



กราฟค่าคำนวณจากดัชนี NBAI และตัดข้อมูลแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

การคำนวณค่าดัชนีความต่างทั่วไปของน้ำ (Normalize Difference Water Index)

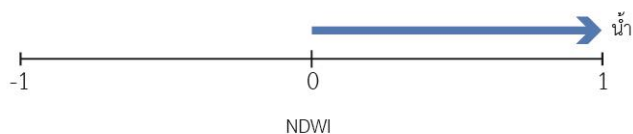
$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

เมื่อ NDWI คือ ค่าความแตกต่างทั่วไปของน้ำ

Green คือ ช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว

NIR คือ ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

เมื่อทำการคำนวณดัชนี NDWI แล้ว ค่าที่ได้จะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยสามารถแปลค่าเพื่อใช้ในการจำแนกสิ่งปกคลุมผิวดินได้ ซึ่งผิวน้ำจะสะท้อนค่าเป็นบวก มีค่าเข้าใกล้ 1 เนื่องจากน้ำจะสะท้อนคลื่นตามองเห็นสีเขียว แต่จะดูดกลืนคลื่นอินฟราเรดใกล้ แต่พืชพรรณและผิวดินจะสะท้อนคลื่นอินฟราเรดใกล้



กราฟค่าคำนวณจากดัชนี NDWI

ประวัติผู้เขียน

| | |
|-------------------|--|
| ชื่อ-สกุล | วรมธ ศรีวนาลักษณ์ |
| วัน เดือน ปี เกิด | 20 ตุลาคม 2533 |
| วุฒิการศึกษา | 2562 ปริญญาโท ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2556 ปริญญาตรี เกียรตินิยมอันดับสอง ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| ผลงานตีพิมพ์ | วารสารสาระศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY