โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

เรื่อง การประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS สำหรับการชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

Using ArcGIS Program for The Operating and Maintenance Banglen Project

ดำเนินงานโดย

นายณัฐพล อินพรม

นางสาวเพ็ญพิชชา สุวรรณชีพ

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2559

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง : การประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS สำหรับการชลประทานในโครงการส่งน้ำ

และบำรุงรักษาบางเลน

Using ArcGIS Program for The Operating and Maintenance Banglen Project

นามผู้ทำโครงการ นายณัฐพล อินพรม

นางสาวเพ็ญพิชชา สุวรรณชีพ

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ :.....

(ผศ.ดร.พงศธร โสภาพันธุ์)

...../...../.....

กรรมการ :.....

(อ.ดร.จุติเทพ วงศ์เพ็ชร)

...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา :.....

(ผศ.ดร.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

...../...../.....

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การประยุกต์ใช้โปรแกรม ArcGIS สำหรับการชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

โดย : นางสาว เพ็ญพิชชา สุวรรณชีพ
นาย ณัฐพล อินพรม

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ :.....

(ผศ.ดร.พงศธร โสภาพันธุ์)

...../...../.....

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมArcGIS กับงานชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน ได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์และง่ายต่อการศึกษาโครง การโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) และเพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการ

การจัดทำระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยใช้โปรแกรม ArcGIS สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านการบริหารจัดการโครงการ และยังเป็นแหล่งเผยแพร่ข้อมูลและผลงานของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนได้เป็นอย่างดี โดยการทำโครงการจะเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลของคลองชลประทาน ข้อมูลการใช้ที่ดิน ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน รวมถึงข้อมูลระดับดินเดิม แล้วแสดงผลในรูปของแผนที่ เพื่อให้การนำเสนอมีความน่าสนใจและเห็นภาพจริง โดยจากการประยุกต์ใช้โปรแกรมพบว่าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน มีพื้นที่ 375,136.9 ไร่ ครอบคลุม 2 จังหวัด 4 อำเภอ และ 32 ตำบล มีพื้นที่ที่อยู่อาศัย 81,416.9 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.72 มีพื้นที่ส่วนใหญ่ทำเกษตรกรรมอื่น ๆ (บ่อกุ้ง-บ่อปลา) 514,140.5 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 61.36 และมีน้ำฝนเฉลี่ยของโครงการ 828.5 ม.ม. จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถใช้เป็นเครื่องประกอบการตัดสินใจเบื้องต้นได้ว่า การบริหารงานโครงการชลประทานควรดำเนินการไปในทิศทางใดจึงจะเหมาะสมกับสภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ

และทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถรับทราบข้อมูล ติดตามผล สอบถาม และรายงานได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการทำความเข้าใจและทันต่อเหตุการณ์ ทำให้การตัดสินใจวางแผนงานจัดสรรน้ำและบำรุงรักษาโครงการมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ABSTRACT

Title : Using ArcGIS Program for the Operating and Maintenance Banglen Project

By : Miss Phenphitcha Suwannacheep
Mr. Nattapon Inprom

Project Advisor :

.....
(Dr. Phongsatorn Sopaphun)
...../...../.....

This research attempted to study about Using ArcGIS Program for The Operating and Maintenance Banglen Project. The study is the aim of the study was to collecting data that easier to study the project and to apply of Geographic Information System for Development of the assistant to make the decision of water management much easier in irrigation project.

GIS could be applied for publication of irrigation project management and water resource management information. The project will collect and analyze data of canal, landuse, rainfall station and contour. Irrigation information through GIS could be illustrated in many features such as map or graph for easily and better understanding. The result of research synthesis were as follow that size of the Operating and Maintenance Banglen is 375,136.9 rai and covering 2 province, 3 district and 32 subdistrict. The size of residence is 81,416.9 rai (9.72%). The size of agriculture including Shrimp and crab farming is 514,140.5 rai (61.36%) and the average rainfall is 828.5 mm. These can help project manager to make quickly decisions for project

management. Moreover, project activities also quickly learn about new information to monitor, question and report which will be efficiently benefit to operation the project.

คำนิยม

ในการทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานครั้งนี้คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ

ผศ.ดร.พงศธร โสภาพันธุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในการทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานครั้งนี้ จนประสบผลสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการใช้โปรแกรม ArcGIS รวมทั้งคำแนะนำในการทำโครงงานวิศวกรรมมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน และสำนักชลประทานที่ 13 ที่ได้ให้ข้อมูล เอกสาร และแผนที่ต่าง ๆ มาใช้ประกอบการทำโครงงานวิศวกรรมใช้ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

พฤษภาคม 59

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract III

คำนิยม V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ X

บทที่ 1 คำนำ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา 1

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 4

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 4

2.2 พื้นที่การศึกษา 20

2.2.1 ประวัติและรายละเอียดสำนักชลประทานที่ 13 20

2.2.2 ประวัติและรายละเอียดโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน จังหวัดนครปฐม 22

2.3 อุตุนิยมวิทยาพื้นฐาน (Basic Meteorology) 27

2.3.1 ความหมายของอุตุนิยมวิทยาพื้นฐาน (Basic Meteorology) 27

2.3.2 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยา 27

2.4 น้ำจากอากาศ (Precipitation) 32

2.4.1 ความหมายของน้ำจากอากาศ 32

2.4.2 กระบวนการเกิดน้ำจากอากาศ (Formation of Precipitation) 32

2.4.3 ลักษณะของการเกิดฝนและฝนชนิดต่าง ๆ 34

2.4.4 เครื่องมือวัดน้ำฝน 35

2.4.5 การตั้งสถานีวัดน้ำฝน 37

2.4.6 ความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่โดยวิธีของธีเอสเสน (Thiessen Polygon Method) 39

หน้า

2.4.7 การประมาณค่าทางอุตุนิยมวิทยา 41

2.4.8 วิธีการหาค่าการระเหยโดยวิธีของ Penman 42

2.5 การส่งน้ำและระบายชลประทาน 43

2.5.1 การส่งน้ำชลประทาน 43

2.5.2 การระบายน้ำชลประทาน 44

2.6 ดินสำหรับการชลประทาน 46

บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการ 47

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 47

3.2 ข้อมูลพื้นฐาน 47

3.3 วิธีการและขั้นตอนการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 48

3.3.1 การรวบรวมข้อมูล 48

3.3.2 การนำเข้าข้อมูล 52

3.3.3 การเชื่อมโยงข้อมูล 57

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 59

3.3.5 การทำแผนที่ 65

บทที่ 4 การวิเคราะห์และวิจารณ์ 76

4.1 พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 76

4.2 พื้นที่จำแนกตามจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 79

4.3 พื้นที่จำแนกตามอำเภอในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 81

4.4 พื้นที่จำแนกตามตำบลในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 83

4.5 การแสดงการใช้ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน จำแนกตามการเพาะปลูก 86

4.6 กลุ่มดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 88

4.7 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานี 93

4.8 คลองชลประทานในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 100

บทที่ 5 สรุปผล 105

หน้า

บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ 107

เอกสารอ้างอิง 108

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลอาคารชลประทานในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 51
ตารางที่ 4.1 แสดงพื้นที่จำแนกตามจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาบางเลน 79
ตารางที่ 4.2 แสดงพื้นที่จำแนกตามอำเภอในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 81
ตารางที่ 4.3 แสดงพื้นที่จำแนกตามตำบลในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 83
ตารางที่ 4.4 แสดงการใช้ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 86
ตารางที่ 4.5 แสดงกลุ่มดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 88
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงตัวอย่างบัญชีอาคารคลองระบายน้ำ 7ขวา-สองพี่น้อง 99
ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 21 ปีของแต่ละสถานี 101
รอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน (ม.ม./เดือน)
ตารางที่ 4.8 แสดงการคำนวณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการด้วยวิธี Theissen Polygons 102

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 6
รูปที่ 2.2 หน้าที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 7
รูปที่ 2.3 จุด 8
รูปที่ 2.4 พื้นที่ 9
รูปที่ 2.5 เส้น 10
รูปที่ 2.6 การแปลงข้อมูล Vector เป็น Raster 11
รูปที่ 2.7 เทอรโมกราฟแบบโลหะประกอบ 31
รูปที่ 2.8 เทอร์โมมิเตอร์แบบ Stevenson 31
รูปที่ 2.9 เครื่องวัดน้ำฝนแบบถวยกระดก 36
รูปที่ 2.10 เครื่องวัดน้ำฝนแบบชั่งน้ำหนัก 36
รูปที่ 2.11 เครื่องวัดน้ำฝนแบบทุ่นลอย 37
รูปที่ 2.12 การหาความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่ 40
รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการนำเข้าชั้นข้อมูล 52
รูปที่ 3.2 แสดงการใส่พิกัด x,y data 52
รูปที่ 3.3 แสดงการสร้างข้อมูลประเภท Shapefile 53
รูปที่ 3.4 แสดงการใส่ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ 54
รูปที่ 3.5 แสดงการเข้า Add XY Data 54
รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการเลือกไฟล์ที่มีพิกัด UTM 55
รูปที่ 3.7 แสดงการส่งออกข้อมูล 55
รูปที่ 3.8 แสดงการ Export Data และกำหนดรูปแบบข้อมูลที่ต้องการส่งออก 56
รูปที่ 3.9 แสดงการ Export Data 57
รูปที่ 3.10 แสดงการเชื่อมโยงข้อมูลโดยวิธี Join 57
รูปที่ 3.11 แสดงผลลัพธ์การเชื่อมโยงข้อมูล 58
รูปที่ 3.12 แสดงการเพิ่มช่องข้อมูล (Add Field) 59

หน้า

รูปที่ 3.13 แสดงการเลือก Calculate Geometry 59
รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่าง Calculate Geometry 60
รูปที่ 3.15 แสดงการเพิ่มช่องข้อมูล (Add Field) 60
รูปที่ 3.16 แสดงการเลือก Calculate Geometry 61
รูปที่ 3.17 แสดงหน้าต่าง Calculate Geometry 61
รูปที่ 3.18 แสดงการเพิ่มช่องข้อมูล (Add Field) 62
รูปที่ 3.19 แสดงการเลือก Calculate Geometry 62
รูปที่ 3.20 แสดงหน้าต่าง Calculate Geometry 62
รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการ Clip 63
รูปที่ 3.22 แสดงภาพตัวอย่างที่ได้จากการ Clip 63
รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนการเข้าคำสั่ง Extraction 64
รูปที่ 3.24 แสดงขั้นตอนการ Extract by Mask 64
รูปที่ 3.25 แสดงขั้นตอนการ layout view 65
รูปที่ 3.26 แสดงคำสั่งต่างๆ 66
รูปที่ 3.27 แสดงตัวอย่างการใช้คำสั่งแผนที่ 66
รูปที่ 3.28 แสดงภาพผลลัพธ์ข้อมูลคลองชลประทาน 67
รูปที่ 3.29 แสดงแผนที่ประเทศไทยและข้อมูลแผนที่โครงการ 68
รูปที่ 3.30 แสดงผลลัพธ์ของอำเภอ 68
รูปที่ 3.31 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 69
รูปที่ 3.32 แสดงข้อมูลบัญชีอาคาร 70
รูปที่ 3.33 แสดงหน้าต่าง Kriging 71
รูปที่ 3.34 แสดงรูปที่ได้จากการ Kriging 71
รูปที่ 3.35 แสดงหน้าต่างการทำ Thiessen Polygons 72
รูปที่ 3.36 แสดงผลลัพธ์จากการทำ Thiessen Polygons 72
รูปที่ 3.37 แสดงระดับดินเดิม (Profile Graph) 73
รูปที่ 3.38 แสดงแผนที่กลุ่มดิน 74

หน้า

รูปที่ 3.39 แสดงข้อมูล Contour 75
รูปที่ 4.1 แสดงขอบเขตแผนที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนจาก Google Earth 77
รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 78
รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงขอบเขตจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 80
รูปที่ 4.4 แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา 82
รูปที่ 4.5 แผนที่แสดงขอบเขตตำบลในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 85
รูปที่ 4.6 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา 87
รูปที่ 4.7 แผนที่แสดงกลุ่มดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 89
รูปที่ 4.8 แผนแสดงระดับดินในเขตที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 90
รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงเส้นระดับดินในเขตที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 91
รูปที่ 4.10 แสดงระดับดินเดิมคลองส่งน้ำชลประทาน 2ซ้าย 92
รูปที่ 4.11 แสดงระดับดินเดิมคลองระบายน้ำ 2ขวา-สองพี่น้อง 92
รูปที่ 4.12 แผนที่แสดงคลองส่งน้ำชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 94
รูปที่ 4.13 แผนที่แสดงคลองระบายน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 95
รูปที่ 4.14 แผนที่แสดงคลองส่งและระบายน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 96
รูปที่ 4.15 แผนที่แสดงคลองชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 97
รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่างบัญชีอาคารคลองระบายน้ำชลประทาน 98
รูปที่ 4.17 แผนที่แสดงน้ำฝนเฉลี่ยในเขตที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 103
รูปที่ 4.18 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 104

บทที่ 1
คำนำ วัตถุประสงค์ และขอบเขตการศึกษา

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ทรัพยากรน้ำ เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด โลกประกอบไปด้วยน้ำ 3 ใน 4 ส่วนของพื้นที่โลกทั้งหมด แม้ว่าปริมาณน้ำในโลกดูเหมือนว่าจะมีอยู่มากมายมหาศาล แต่ความจริงแล้วปริมาณน้ำที่สามารถใช้ได้ในส่วนของน้ำจืดที่อยู่ตามทางน้ำ หนองบึง ภูเขาและน้ำใต้ดิน มีเพียง 1% เท่านั้น หากไม่มีจัดการน้ำมี่เหมาะสม คือ การขาดแคลนน้ำ ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำและสิ่งมีชีวิตอาจดำรงชีวิตต่อไปไม่ได้

ทรัพยากรน้ำในประเทศไทย ปัจจุบันนับวันยิ่งขาดแคลนและคาดว่าจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของเกษตรกรเพื่อทำการเกษตรกรรม รวมทั้งภาคอุตสาหกรรม และการอุปโภคบริโภคด้วย บางพื้นที่ยังไม่ได้รับน้ำเนื่องจากทางโครงการไม่มีข้อมูลที่จะนำไปใช้ประกอบการพิจารณาเบื้องต้นสำหรับการบริหารและการจัดการน้ำ

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการการจัดทำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์(ArcGIS) กับโครงการชลประทานจึงมีประโยชน์ในการนำเสนอข้อมูล ในรูปแบบของแผนที่ กราฟ รูปภาพ และข้อความ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจน ซึ่งสามารถนำไปช่วยตัดสินใจเบื้องต้นว่าจะบริหารและจัดการน้ำของโครงการให้เป็นไปในทิศทางใด ผู้ปฏิบัติงานและผู้เกี่ยวข้องสามารถรับทราบข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ประสิทธิภาพชลประทานสูงขึ้น

ในปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information System; GIS) มีการใช้กันอย่าง แพร่หลาย เนื่องจาก GIS มีคุณสมบัติพิเศษ คือการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และเวลา แสดงผลการศึกษาเป็นแผนที่ ได้ (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2542) ด้วยคุณสมบัติอันโดดเด่นเหล่านี้ประกอบกับข้อมูลในพื้นที่ศึกษามีการจัดเก็บ ในรูปแบบสารสนเทศเชิงพื้นที่มีจำนวนพอที่จะวิเคราะห์ได้จึงมีความพยายามประยุกต์ใช้GIS มาใช้ในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน รวมถึงการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำ จากประสิทธิภาพและศักยภาพของ GIS ที่สามารถวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และเวลา โดยใช้เทคนิคการทับซ้อนของข้อมูลที่มีหลายชั้นข้อมูล การประยุกต์ใช้ระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์ ในงานทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ เช่นการวางแผนการสร้าง เขื่อน ใช้GIS สำหรับวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมและการวางแนวสาธารณูปโภค ใช้สำหรับการวางแผน การจัดการน้ำ ได้แก่การแบ่งพื้นที่ออกเป็นหลายๆ แบบตามสภาพภูมิประเทศ ตามสภาพสังคม เพื่อให้เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม น้ำแล้ง แผ่นดินถล่ม GIS สามารถวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ให้นำมาซ้อนทับ กันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันมีความพยายามของหลายหน่วยงาน ทั้งไทยและต่างประเทศที่จะนำความ สามารถของ GIS มาเชื่อมต่อกับแบบจำลองอื่นๆ ทำ ให้สามารถส่งผ่านและรับข้อมูลระหว่างกันได้แบบจำลอง อื่นจึงสามารถนำข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูล GIS ไปใช้งานได้อย่างสะดวกขึ้น รวมถึงหลังจากการวิเคราะห์ด้วยแบบ จำลองแล้ว การแสดงผลบน GIS ยังสามารถทำ ได้ดีและเข้าใจได้ง่ายอีกด้วย(วีระศักดิ์วีระกันต์,2545)

การใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีสมัยใหม่โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ในการเก็บรวบรวม ประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมากจากข้อมูลและเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะศึกษาระบบชลประทานโดยใช้โปรแกรม ArcGIS เพื่อประยุกต์ใช้ในงานด้านชลประทาน

วัตถุประสงค์

1) ศึกษาการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยใช้โปรแกรม ArcGIS เพื่อประยุกต์ใช้ในงานด้านชลประทาน
2) ดำเนินการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน
3) เป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าจะบริหารและจัดการน้ำไปในทิศทางใด

ขอบเขตการศึกษา

1) จัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในพื้นที่รับผิดชอบของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

2) ศึกษาโปรแกรม ArcGIS และ Google Earth

3) นำข้อมูลในรูปแผนที่มาทำการวิเคราะห์โดยมีข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- แผนที่ขอบเขตโครงการ
- แผนที่ตำบล
- แผนที่อำเภอ
- แผนที่จังหวัด
- แผนที่การใช้ที่ดิน
- แผนที่คลองชลประทาน (คลองส่งน้ำ, คลองระบายน้ำ, คลองส่งและระบายน้ำ)
- แผนที่เส้นชั้นน้ำฝน
- แผนที่น้ำฝนเฉลี่ย

4) แสดงผลของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งในรูปของตารางและตัวหนังสือ

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1) บทนำ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูล เชิงพื้นที่ (spatial data) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยการกำหนดข้อมูลเชิงบรรยายหรือข้อมูลคุณลักษณะ (attribute data) และสารสนเทศ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ (spatial data) เช่น ตำแหน่งบ้าน ถนน แม่น้ำ เป็นต้น ในรูปของ ตารางข้อมูล และ ฐานข้อมูล (Sombat Yumuang, 2558)

ระบบ GIS ประกอบไปด้วยชุดของเครื่องมือที่มีความสามารถในการเก็บรวบรวม ปรับปรุงและการสืบค้นข้อมูล เพื่อจัดเตรียม ปรับแต่ง วิเคราะห์และการแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์การใช้งาน ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS ให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาได้ เช่น

- การแพร่ขยายของโรคระบาด
- การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน
- การบุกรุกทำลาย
- การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่

ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปล สื่อความหมาย และนำไปใช้งานได้ง่าย

ข้อมูลใน GIS ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (geocode) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลใน GIS ที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกโดยตรง หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับข้อมูล GIS ที่จะอ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นโลกได้โดยทางอ้อมได้แก่ ข้อมูลของบ้าน (รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์) โดยจากข้อมูลที่อยู่ เราสามารถทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่ ณ ที่ใดบนพื้นโลก เนื่องจากบ้านทุกหลังจะมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน

2) องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS (Components of GIS)

องค์ประกอบหลักของระบบ GIS จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ แสดงดังรูปที่ 2.1 โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

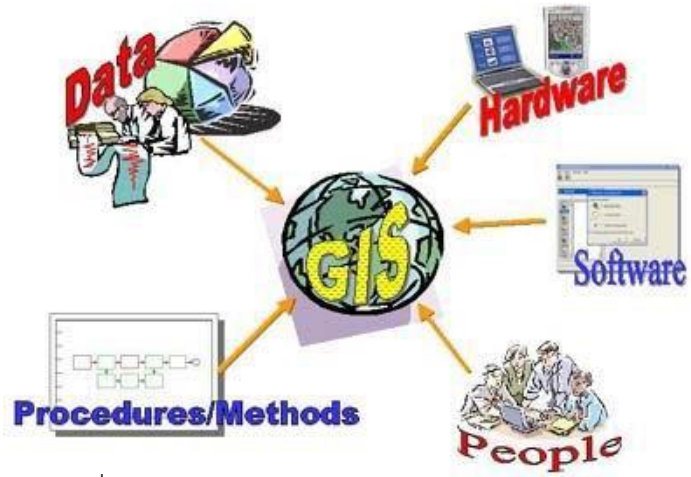
1) อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่น ๆ เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน

2) โปรแกรม คือชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม Arc/Info, MapInfo ฯลฯ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชั่น การทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่าง ๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูล, จัดการระบบฐานข้อมูล,เรียกค้น,วิเคราะห์และจำลองภาพ

3) ข้อมูล คือข้อมูลต่าง ๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลโดยได้รับการดูแล จากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองลงมาจากบุคลากร

4) บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูลช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารซึ่งต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากร ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาลนั้น ก็จะเป็นเพียงขยะไม่มีคุณค่าใดเลยเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน อาจจะกล่าวได้ว่าถ้าขาดบุคลากรก็จะไม่มีระบบGIS

5) วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือวิธีการที่องค์กรนั้น ๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งานโดยแต่ละ ระบบแต่ละองค์กรย่อมีความแตกต่างกันออกไป ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงานนั้น ๆ เอง



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(ที่มา: www.gisthai.org)

3) หน้าที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) (How GIS Works)

ภาระหน้าที่หลัก ๆ ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ควรจะมีอยู่ด้วยกัน 5 อย่างดังนี้

1) การนำเข้าข้อมูล (Input) ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลง ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (digital format) เสียก่อน เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลใน รูปแบบดิจิตอลหรือแฟ้มข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าเช่น Digitizer Scanner หรือ Keyboard เป็นต้น

2) การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางอย่างจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาด หรือสเกล (scale) ที่แตกต่างกัน หรือใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับให้อยู่ใน ระดับเดียวกันเสียก่อน

3) การบริหารข้อมูล (Management) ระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS จะถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ที่ได้รับการเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือ DBMS แบบ Relational หรือระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพัทธ์ (DBMS) ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานดังนี้คือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ในรูปของตารางหลาย ๆ ตาราง

4) การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลเหล่านี่มาใช้ให้เกิด ประโยชน์ เช่น

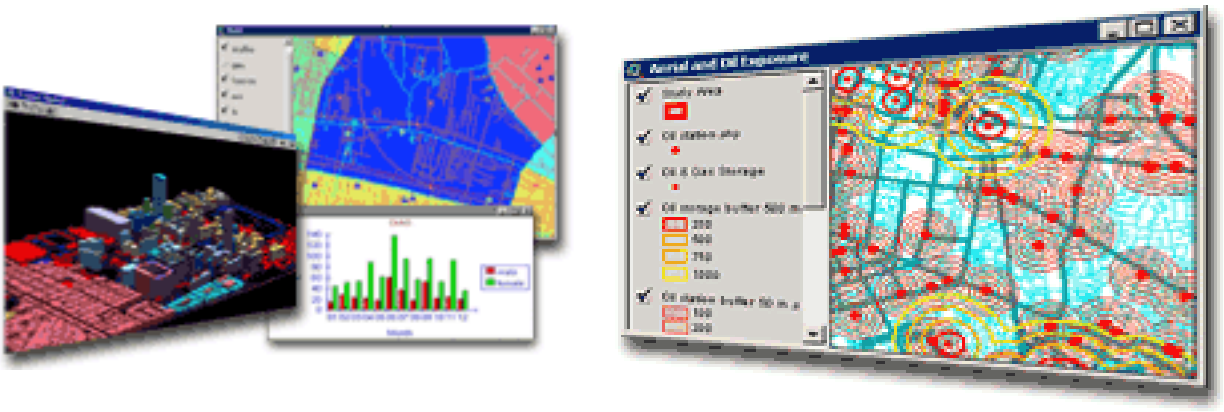
- ใครคือเจ้าของกรรมสิทธิ์ในที่ดินผืนที่ติดกับโรงเรียน ?
- เมืองสองเมืองนี้มีระยะห่างกันกี่กิโลเมตร ?

- ดินชนิดใดบ้างที่เหมาะสำหรับปลูกอ้อย ?

หรือ ต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น

หรือ ต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.2

5) การนำเสนอข้อมูล (Visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมายหรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ดี เช่น การแสดงชาร์ต (chart) แบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปภาพจากสถานที่จริง ภาพเคลื่อนไหว แผนที่ หรือแม้กระทั้งระบบมัลติมีเดียสื่อต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมาย และมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น อีก ทั้งเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ฟังอีกด้วย



รูปที่ 2.2 หน้าที่ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(ที่มา: www.gisthai.org/about-gis/work-gis.html)

4) ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โลกมีความสลับซับซ้อนมากเกินกว่าที่จะเก็บข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับโลกไว้ในรูปข้อมูลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ จึงต้องเปลี่ยนปรากฏการณ์บน ผิวโลกจัดเก็บในรูปของตัวเลขเชิงรหัส (digital form)โดยแบ่งออกเป็น2ประเภทดังนี้

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลก ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ทางภูมิศาสตร์บนโลกแผนที่กระดาษบันทึกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และแทนสิ่งต่างๆ บนโลกที่ ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ Vector และ Raster

2) ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data) คือข้อมูลที่แสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ที่ประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X , Y) และ/หรือ แนวดิ่ง (Z) หรือ Cartesian Coordinate System ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าจะเป็นค่าของเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขตการปกครอง โรงเรียน เป็นต้น

ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ ในรูปแบบเวกเตอร์จะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ต่าง ๆ กันพอสรุปได้ดังนี้ คือ

จุด (Point) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีตำแหน่งที่ตั้งเฉพาะเจาะจง หรือมีเพียงอย่างเดียว สามารถแทนได้ด้วยจุด (Point Feature) ดังรูป 2.3

- หมุดหลักเขต
- บ่อน้ำ
- จุดชมวิว
- จุดความสูง
- อาคาร ตึก สิ่งก่อสร้าง

รูปที่ 2.3 จุด

(ที่มา: http://www.gisthai.org/about-gis/data-gis.html)

ข้อพิจารณาเกี่ยวกับมาตราส่วน

มาตราส่วนแผนที่จะเป็นตัวกำหนดว่าจะแทนปรากฏการณ์บนโลกด้วยจุดหรือไม่

ตัวอย่างลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เป็นจุด

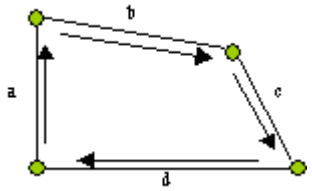
ตัวอย่างเช่น บนแผนที่โลก มาตราส่วนเล็กจะแทนค่าที่ตั้งของเมืองด้วยจุด แม้ว่าในความเป็นจริงเมืองนั้นจะครอบคลุมพื้นที่จำนวนหนึ่งก็ตาม ในขณะเดียวกันบนแผนที่มาตราส่วนที่ใหญ่ขึ้นเมือง

ดังกล่าวจะปรากฏเป็นพื้นที่และแต่ละอาคารจะถูกแทนค่าด้วยจุด

- ข้อมูลค่าพิกัดของจุด
- ค่าพิกัด x, y 1 คู่ แทนตำแหน่งของจุด
- ไม่มีความยาวหรือพื้นที่

พื้นที่ (Polygon) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีพื้นที่เดียวกันจะถูกล้อมรอบด้วยเส้นเพื่อแสดงขอบเขต ตัวอย่างข้อมูลที่เป็นพื้นที่

- เขตตำบล อำเภอ จังหวัด
- ขอบเขตอุทยานแห่งชาติ
- เขตน้ำท่วม



รูปที่ 2.4 พื้นที่

(ที่มา: http://www.gisthai.org/about-gis/data-gis.html)

ข้อพิจารณาเกี่ยวกับมาตราส่วน

มาตราส่วนของแหล่งที่มาของข้อมูลจะเป็นตัวกำหนดการแทนปรากฏการณ์บนโลกแห่งความเป็นจริงด้วย point หรือ polygon ตัวอย่าง เช่น อาคารบนมาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น 1 : 4,000 เป็น polygon ที่ถูกกำหนดขึ้น โดยขอบเขตอาคาร บนแผนที่ 1 : 50,000 ที่มาตราส่วนเล็ก อาคารจะแสดงด้วยจุด

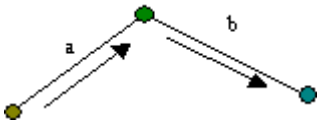
ข้อมูลค่าพิกัดของ Polygon

- polygon จะประกอบด้วย arc ตั้งแต่ 1 เส้นขึ้นไป แต่มี 1 Label point
- มี Label point 1 point อยู่ภายในพื้นที่ปิดและใช้ในการแยกแยะแต่ละ polygon ออกจากกัน

เส้น (Arc) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่วางตัวไปตามทางระหว่างจุด 2 จุด จะแทนด้วยเส้น (Arc Feature) ตัวอย่างลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เป็นเส้น

- ลำน้ำ
- ถนน

- โครงข่ายสาธารณูปโภค
- เส้นชั้นความสูง



รูปที่ 2.5 เส้น

ข้อจำกัดเกี่ยวกับArc (ที่มา: http://www.gisthai.org/about-gis/data-gis.html)

Arc 1 เส้น มี Vertex ได้ไม่เกิน 500 Vertex โดย vertex ลำดับที่ 500 จะเปลี่ยนเป็น node และเริ่มต้นเส้นใหม่ด้วยการidentifierค่าใหม่โดยอัตโนมัติ

ข้อมูลค่าพิกัดของ Arc

- Vertex (ค่าพิกัด x, y คู่หนึ่งบน arc) เป็นตัวกำหนดรูปร่างของ arc
- arc หนึ่งเส้นเริ่มต้นและจบลงด้าน Node
- arc ที่ตัดกันจะเชื่อมต่อกันที่ Node
- ความยาวของ arc กำหนดโดยระบบค่าพิกัด

จุดเด่นของข้อมูลแบบ Vector คือ

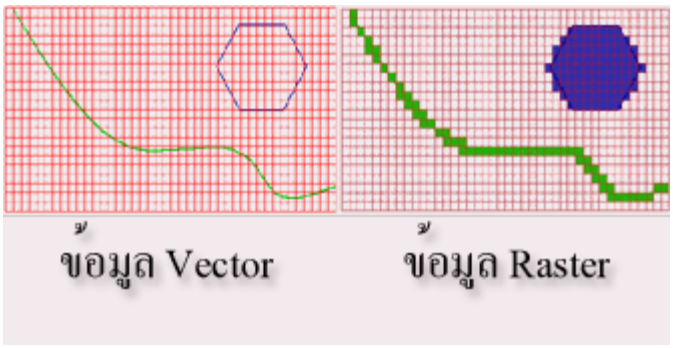
แสดงโครงสร้างข้อมูลเชิงปรากฏการณ์ได้ดี ยังเหมาะสำหรับใช้แทนลักษณะของพื้นที่จึงมีขอบเขตคดโค้งทำให้สามารถแบ่งขอบเขตของพื้นที่ได้อย่างชัดเจน
โครงสร้างข้อมูลกะทัดรัด ไฟล์ข้อมูลมีขนาดเล็กจึงใช้พื้นที่สำหรับการจัดเก็บน้อย
ความเชื่อมโยงทางโทโพโลยีสามารถทำได้ครบถ้วนด้วยการเชื่อมโยงแบบเครือข่าย
มีความถูกต้องในเชิงกราฟฟิก ซึ่งสามารถแทนข้อมูลได้อย่างมีความแม่นยำเชิงตำแหน่ง
สามารถทำการค้นคืน การแก้ไข และการวางนัยทั่วไปกับข้อมูลกราฟฟิกและลักษณะประจำได้

จุดด้อยของข้อมูลแบบ Vector คือ โครงสร้างข้อมูลซับซ้อน

การรวมแผนที่แบบเวกเตอร์หลาย ๆ แผ่นหรือรวมแผนที่ Vector กับ Raster ด้วยวิธีวางซ้อนมีความยุ่งยากมาก การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ยาก เพราะแต่ละหน่วยของแผนที่มีโครงสร้างที่ต่างกัน การแสดงและการเขียนเป็นแผนที่เสียค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะเมื่อต้องการแสดงสีและสัญลักษณ์ที่มีคุณภาพสูง เทคโนโลยีชนิดนี้มีราคาแพง โดยเฉพาะถ้าต้องใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีความซับซ้อน การวิเคราะห์พื้นที่และการกรองรายละเอียดภายในรูปหลายเหลี่ยมเกือบเป็นไปไม่ได้

ข้อมูลแสดงลักษณะเป็นกริด (Raster Data) คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องเหลี่ยม เรียกว่าจุดภาพ หรือ Grid cell เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น ค่าที่เก็บในแต่ละจุดภาพสามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ หรือ

รหัสที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลก็ได้ Raster Data อาจแปรรูปมาจากข้อมูล Vector หรือแปรจาก Raster ไปเป็น Vector หรือแปรจาก Raster ไปเป็น Vector (แสดงดังรูปที่ 2.6) แต่เห็นได้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล



รูปที่ 2.6 การแปลงข้อมูล Vector เป็น Raster
(ที่มา: www.gis2me.com)

จุดเด่นของข้อมูลแบบ Raster คือ

- มีโครงสร้างข้อมูลง่าย ๆ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ทำให้การประมวลผลในระดับจุดภาพมีความสะดวก
- การวางซ้อนและการรวมข้อมูลแผนที่กับข้อมูลที่รับรู้จากระยะไกลทำได้ง่าย
- การวิเคราะห์ทางพื้นที่ในแบบต่าง ๆ ทำได้ง่าย
- การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ง่าย เพราะหน่วยพื้นที่แต่ละหน่วยมีรูปร่างและขนาดเท่ากัน
- เทคโนโลยีมีราคาถูกและกำลังมีการพัฒนาอย่างจริงจัง
- นอกจากนี้ข้อมูลแบบ Raster ยังมีความเหมาะสมกับการแทนลักษณะของพื้นผิว (Surface) ที่มีความต่อเนื่องกัน

จุดด้อยของข้อมูลแบบ Raster คือ

- ข้อมูลกราฟิกมีขนาดใหญ่ ไฟล์มีขนาดใหญ่จึงใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมาก
- การใช้ช่องกริดใหญ่เพื่อลดปริมาตรข้อมูลทำให้สูญเสียโครงสร้างข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์และเป็นการสูญเสียข้อสนเทศอย่างมาก
- ไม่เหมาะสมในการแทนข้อมูลที่เป็นเส้นโค้ง หรือแทนตำแหน่งของจุดเพราะต้องใช้ 1 จุดภาพสำหรับตำแหน่ง 1 ตำแหน่ง

- แผนที่แรสเตอร์ที่หยาบจะไม่สวยเท่าแผนที่ซึ่งเขียนด้วยเส้น
- การสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงทำได้ยาก
- การแปลงเส้นโครงแผนที่ต้องใช้เวลามาก เว้นแต่ใช้ขั้นตอนวิธีหรือฮาร์ดแวร์พิเศษ

ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non- Spatial data) เป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ซึ่งจะอธิบายถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหลาย ๆ ช่วงเวลาเช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตต่าง ๆ ข้อมูลจำนวนนักเรียนแต่ละชั้นของโรงเรียนสังกัด กทม. เป็นต้น สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

- ตารางข้อมูลที่เชื่อมโยงกับกราฟฟิก (Graphic table)
- ตารางข้อมูลที่ไม่เชื่อมโยงกับกราฟฟิก (Non-Graphic table)

5) เทคนิคและวิธีการนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูล (Input data) เป็นกระบวนการบันทึกข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ การสร้างฐานข้อมูลที่ละเอียด ถูกต้อง เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการปฏิบัติงานด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งจำเป็นต้องมีการประเมินคุณภาพข้อมูล ที่จะนำเข้าสู่ระบบในเรื่องแหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการสำรวจข้อมูลมาตราส่วนของแผนที่ ความถูกต้อง ความละเอียด พื้นที่ที่ข้อมูลครอบคลุมถึงและปีที่จัดทำข้อมูลเพื่อประเมินคุณภาพ และคัดเลือกข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล

6) การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่

สำหรับขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่อายทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมทำกันในปัจจุบันได้แก่ การดิจิไทซ์ (Digitize) และการกวาดตรวจ (Scan) ซึ่งทั้ง 2 วิธีต่างก็มีข้อดี และข้อด้อยต่างกันไป กล่าวคือการนำเข้าข้อมูลโดยวิธีกวาดตรวจจะมีความรวดเร็วและ ถูกต้องมากกว่าวิธีการเข้าข้อมูลแผนที่โดยโต๊ะดิจิไทซ์และเหมาะสำหรับงานที่มีปริมาณมาก แต่การนำเข้าข้อมูลโดยการดิจิไทซ์จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและเหมาะสำหรับงานที่มีปริมาณน้อย

7) การใช้เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer)

เป็นการแปลงข้อมูลเข้าสู่ระบบโดยนำแผนที่มาตรึงบนโต๊ะ และ
กำหนดจุดอ้างอิง (control point) อย่างน้อยจำนวน 4 จุด แล้วนำตัวชี้ตำแหน่ง (Cursor) ลากไปตามเส้นของรายละเอียดบนแผนที่

8) การใช้เครื่องกวาดภาพ (Scanner)

เป็นเครื่องมือที่วัดความเข้มของแสงที่สะท้อนจากลายเส้นบน
แผนที่ ผลลัพธ์เป็นข้อมูลในรูปแบบแรสเตอร์ (raster format) ซึ่งเก็บข้อมูลในรูปของตารางกริดสี่เหลี่ยม (pixel) ค่าความคมชัดหรือความละเอียดมีหน่วยวัดเป็น DPI : dot per inch แล้วทำการแปลงข้อมูลแรสเตอร์ เป็นข้อมูลเวกเตอร์ ที่เรียกว่า Raster to Vecter conversion ด้วยโปรแกรม GEOVEC for Microstation หรือ R2V

9) การนำเข้าข้อมูลเชิงบรรยาย

ข้อมูลเชิงบรรยายที่จำแนกและจัดหมวดหมู่แล้ว นำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลด้วยแป้นพิมพ์ (Keyboard) สำหรับโปรแกรม PC ARC/Info จะจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของ dBASE ด้วยคำสั่ง Tables ส่วนโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลแบบ Relational data base ทั่วๆ ไปบนเครื่อง PC เช่น Foxpro, Access หรือ Excel จำเป็นต้องแปลงข้อมูลให้เข้าอยู่ในรูปของ DBF file ก่อนการนำเข้าสู่ PC ARC/Info

10) ประโยชน์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือทาง ๆ

ภูมิศาสตร์ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดเก็บระบบข้อมูลซึ่งมีอยู่มากมายในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ทำให้ในปัจจุบันได้มีการนำ GIS มาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทั้งหน่วยงานของภาครัฐและเอกชน (Sombat Yumuang, 2558)

การใช้งานระบบสารสนเทศจะมีประโยชน์มากในการศึกษาวิชาภูมิศาสตร์ ถ้ารู้จักการใช้งานการใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะต้องมีเป้าหมายชัดเจน รู้จักคัดเลือกข้อมูลมาวิเคราะห์ การใช้

งานจะต้องวางแผนงานในการกำหนดคุณภาพ มาตราส่วนของข้อมูลและที่สำคัญคือ ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยตลอดเวลา การบูรณาการข้อมูลหลายรูปแบบเข้าด้วยกัน และสามารถสร้างแบบจำลองทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลก่อนที่มีการลงมือปฏิบัติจริง การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สำคัญได้แก่

1) ด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การกำหนดพื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ ทั้งบนผิวดินและใต้ดิน ธรณีวิทยาหินและแร่ ชายฝั่งทะเลและภูมิอากาศ
2) ด้านการจัดการทรัพยากรเกษตร เช่น การแบ่งชั้นคุณภาพพื้นที่เกษตร ดินเค็มและดินปัญหาอื่น ความเหมาะสมของพืชในแต่ละพื้นที่ การจัดระบบน้ำชลประทาน การจัดการด้านธาตุอาหารพืช
3) ด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม เช่น การแพร่กระจายของฝุ่นและก๊าซ การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างจาก โรงงาน การป้องกันความเสียหายของโบราณสถานหรือสถานที่ท่องเที่ยว การป้องกันไฟไหม้ป่า เป็นต้น
4) ด้านสังคม เช่น ความหนาแน่นของประชากร เพศ อายุ การศึกษา แรงงาน ตำแหน่งของโรงเรียนและการเดินทางของนักเรียน เป็นต้น
5) ด้านเศรษฐกิจ เช่น รายได้ของประชากรของหมู่บ้าน ตำบล สินค้าหลัก ตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานประเภทต่างๆ เป็นต้น

11) แผนที่

แผนที่เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการศึกษาวิชาภูมิศาสตร์ เพราะครอบคลุมทั้งลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ และทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นจากฝีมือของมนุษย์บนพื้นผิวโลกด้วยการจัดทำแผนที่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการขึ้นเป็นลำดับ มีการนำเอารูปถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียมมาช่วยในการทำแผนที่ทำให้สามารถสร้างแผนที่ได้รวดเร็ว มีความถูกต้องและทันสมัยกว่าในอดีต

ความหมายของแผนที่

แผนที่ (Map) หมายถึง การแสดงลักษณะพื้นผิวโลกลงบนแผ่นราบ โดยการย่อส่วนและการใช้สัญลักษณ์ไม่ว่าเครื่องหมายหรือสี แทนสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก แผนที่จึงต่างจากลูกโลกและแผนผัง

เครื่องหมายแผนที่ คือ เครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ บนพื้นพิภพ ที่เกิดขึ้นเองและตามธรรมชาติ นอกจากเครื่องหมายแล้ว เรายังใช้สีเป็นการแสดงลักษณะภูมิประเทศอีกด้วย คือ

1. สีดำ หมายถึง ภูมิประเทศสำคัญทางวัฒนธรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น อาคาร สุสาน วัด สถานที่ราชการต่าง ๆ เป็นต้น
2. สีน้ำเงิน หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นน้ำ เช่น ทะเล แม่น้ำ หนอง บึง เป็นต้น
3. สีน้ำตาล หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศที่มีความสูงโดยทั่วไป เช่น เส้นชั้นความสูง
4. สีเขียว หมายถึง พืชพันธุ์ไม้ต่าง ๆ เช่น ป่า สวน ไร่
5. สีแดง หมายถึง ถนนสายหลัก พื้นที่ย่านชุมชนหนาแน่น และลักษณะภูมิประเทศสำคัญ

ความสำคัญของแผนที่

1. ทำให้ทราบลักษณะทางธรรมชาติของพื้นผิวโลก รวมทั้งกิจกรรมทางเศรษฐกิจบนพื้นผิวโลก
2. ทำให้ทราบข้อมูล สถิติต่าง ๆ เพื่อการเปรียบเทียบ การพัฒนาการวางแผนในด้านต่าง ๆ รวมทั้งด้านยุทธศาสตร์

ประโยชน์ของแผนที่

1. ประโยชน์ในการศึกษาลักษณะภูมิประเทศ แผนที่จะทำให้ผู้ศึกษาทราบว่าพื้นที่ใดมีลักษณะภูมิประเทศแบบใดบ้าง
2. ประโยชน์ต่อการศึกษาธรณีวิทยา เพื่อให้ทราบความเป็นมาของแหล่งทรัพยากร ดิน หิน แร่ธาตุ
3. ประโยชน์ด้านสมุทรศาสตร์และการประมง เพื่อให้ทราบสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเล
4. ประโยชน์ด้านทรัพยากรน้ำ รู้ข้อมูลเกี่ยวกับแม่น้ำและการไหล อ่างเก็บน้ำ ระบบการ

ชลประทาน

5. ประโยชน์ด้านป่าไม้ เพื่อให้ทราบคุณลักษณะของป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า
6. ประโยชน์ด้านการใช้ที่ดิน เพื่อให้ทราบปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านต่าง ๆ
7. ประโยชน์ด้านการเกษตร การเกษตรมีผลต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อรู้ว่าบริเวณใดควรพัฒนา
8. ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการจัดการทรัพยากรบริเวณต่าง ๆ
9. ประโยชน์ในการวางผังเมือง เพื่อใช้ข้อมูลทางธรรมชาติในการจัดวางผังเมืองให้เหมาะสม
10. ประโยชน์ต่อการศึกษาโบราณคดี เพื่อค้นหาแหล่งชุมชนโบราณและความรู้อื่น ๆ
11. ประโยชน์ด้านอุตุนิยมวิทยา เพื่อประโยชน์ในการเพาะปลูก อุตสาหกรรม ประมง การป้องกันอุทกภัย

ลักษณะของสิ่งที่แสดงปรากฏบนแผนที่ประกอบด้วย

1. ลักษณะของสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ทะเล มหาสมุทร ทะเลสาบ แม่น้ำ ภูเขา ที่ราบ ที่ราบสูง เกาะ เป็นต้น
2. ลักษณะของสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น เส้นกั้นอาณาเขต เมือง หมู่บ้าน สถานที่ราชการ ศาสนสถาน เส้นทางคมนาคม พื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น

ชนิดของแผนที่

1. แบ่งตามขนาดของมาตรส่วน มี 3 ชนิด คือ

- แผนที่มาตราส่วนเล็ก หมายถึง แผนที่ที่มาตราส่วนเล็กกว่า 1 : 1,000,000
- แผนที่มาตราส่วนกลาง หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนระหว่าง 1 : 250,000 ถึง 1 : 1,000,000
- แผนที่มาตราส่วนใหญ่ หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนมากกว่า 1 : 250,000

2. แบ่งตามประเภทการใช้ ได้แก่

- แผนที่กายภาพ หรือแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ (Topographic หรือ Landform หรือ Relief Map) เป็นแผนที่แสดงรายละเอียดของสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เช่น ทะเล มหาสมุทร เทือกเขา ที่ราบสูง ที่ราบ ฯลฯ

- แผนที่รัฐกิจ (Political Map) หรือแผนที่ทั่วไป (General Map) เป็นแผนที่แสดงขอบเขตการปกครองของจังหวัด รัฐ ประเทศ
- แผนที่ประวัติศาสตร์ (Histostical Map) เป็นแผนที่แสดงอาณาเขตของอาณาจักรหรือจักรวรรดิต่าง ๆ ในสมัยโบราณ
- แผนที่โครงร่าง (Outline) เป็นแผนที่แสดงโครงร่างของทวีป ประเทศ โดยไม่มีรายละเอียดใด ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา เช่น
- แผนที่เดินเรือ (Nautical Map) เป็นแผนที่แสดงเส้นทางการเดินเรือในท้องทะเลมหาสมุทร รวมทั้งใช้สัญลักษณ์สีเพื่อแสดงความตื้นลึกของพื้นน้ำ
- แผนที่เศรษฐกิจ (Economic Map) เป็นแผนที่แสดงเขตกิจกรรมทางเศรษฐกิจต่าง ๆ รวมทั้งแสดงแหล่งทรัพยากรสำคัญ

องค์ประกอบของแผนที่

1. ชื่อแผนที่เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นสำหรับให้ผู้ใช้ได้ทราบว่าเป็นแผนที่เรื่องอะไร แสดงรายละเอียดอะไรบ้าง เพื่อให้ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง และตรงความต้องการ โดยปกติชื่อแผนที่จะมีคำอธิบายเพิ่มเติมแสดงไว้ด้วย เช่น แผนที่ประเทศไทยแสดงเนื้อที่ป่าไม้ แผนที่ประเทศไทยแสดงการแบ่งภาคและเขตจังหวัดเป็นต้น

2. ขอบระวาง แผนที่ทุกชนิดจะมีขอบระวาง ซึ่งเป็นขอบเขตของพื้นที่ในภูมิประเทศที่แสดงบนแผนที่แผ่นนั้นมักจะแสดงด้วยเส้นขนานเพื่อแสดงตำแหน่งละติจูดกับเส้นเมริเดียนเพื่อแสดงตำแหน่งลองจิจูดและจะแสดงตัวเลขเพื่อบอกค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของตำแหน่งต่างๆ

3. ทิศทาง มีความสำคัญต่อการค้นหาตำแหน่งที่ตั้งของสิ่งต่าง ๆ โดยในสมัยโบราณใช้วิธีดูทิศทางตามการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และการดูทิศทางของดาวเหนือในเวลากลางคืน ต่อมามีการประดิษฐ์เข็มทิศ ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการหาทิศขึ้น เนื่องจากเข็มของเข็มทิศจะชี้ไปทางทิศเหนือตลอดเวลา การใช้ทิศทางในแผนที่ประกอบกับเข็มทิศหรือการสังเกตดวงอาทิตย์ และดาวเหนือจึงช่วยให้เราสามารถเดินทางไปยังสถานที่ที่เราต้องการได้ ในแผนที่จะต้องมีภาพเข็มทิศหรือลูกศรชี้ไปทางทิศเหนือเสมอ ถ้าหากแผนที่ใดไม่ได้กำหนดภาพเข็มทิศหรือลูกศรไว้ก็ให้เข้าใจว่าด้านบนของแผนที่คือทิศเหนือ

4. สัญลักษณ์ เป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ ในภูมิประเทศจริง เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถอ่านและแปลความหมายจากแผนที่ได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ในแผนที่จะต้องมีคำอธิบายสัญลักษณ์ประกอบไว้ด้วยเสมอ

5. มาตราส่วน เป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางที่ย่อส่วนมาลงในแผนที่กับระยะทางจริงใน ภูมิ

ประเทศ มาตราส่วนช่วยให้ผู้ใช้ทราบว่าแผนที่นั้น ๆ ย่อส่วนมาจากสภาพในภูมิประเทศจริง ในอัตราส่วนเท่าใด มาตราส่วนแผนที่โดยมากจะมี 3 ลักษณะ ได้แก่ มาตราส่วนแบบเศษส่วน มาตราส่วนคำพูดและมาตราส่วนแบบกราฟิก มาตราส่วนของแผนที่ คือ อัตราส่วนระหว่างระยะบนแผนที่กับระยะในภูมิประเทศ หรือ ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางราบบนแผนที่กับระยะทางราบในภูมิประเทศ การเขียนมาตราส่วนเขียนได้หลายวิธี เช่น 50,000 หรือ 1/50,000 หรือ 1 : 50,000

6. เส้นโค้งแผนที่เป็นระบบของเส้นขนานและเส้นเมริเดียน ที่สร้างขึ้นเพื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ให้เป็นมาตรฐานไว้ใช้อ้างอิงร่วมกัน ซึ่งประกอบด้วย เส้นขนาน เป็นเส้นสมมติที่ลากจากทิศตะวันออก สร้างขึ้นจากการวัดมุมเริ่มจากเส้นศูนย์สูตร ซึ่งมีค่ามุม 0 องศา ไปยังขั้วโลกทั้งสองด้านๆ ละไม่เกิน 90 องศา เส้นขนานที่สำคัญประกอบด้วย

1. เส้นศูนย์สูตรหรือเส้นอิเควเตอร์ มีค่ามุม 0 องศา
2. เส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ มีค่ามุม 23 องศา 30 ลิปดาเหนือ
3. เส้นทรอปิกออฟแคปริคอร์น มีค่ามุม 23 องศา 30 ลิปดาใต้
4. เส้นอาร์กติกเซอร์เคิล มีค่ามุม 66 องศา 30 ลิปดาเหนือ
5. เส้นอาร์กติกเซอร์เคิล มีค่ามุม 66 องศา 30 ลิปดาใต้ 6.2

เส้นเมริเดียน เป็นเส้นสมมติที่ลากจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้ สร้างขึ้นจากการสมมติเส้นเมริเดียนปฐม มีค่ามุม 0 องศา ลากผ่านตำบลกรีนิช กรุงลอนดอน ประเทศสหราชอาณาจักรไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกด้านละ 180 องศา โดยเส้นเมริเดียนที่ 180 องศาตะวันออกและ 180 องศาตะวันตกจะทับกันเป็นเส้นเดียวนี้ให้เป็นเส้นวันที่หรือเส้นแบ่งเขตวันระหว่างชาติ หรือเส้นแบ่งเขตวันสากล เส้นเมริเดียนแรกหรือเส้นเมริเดียนปฐม (Prime Meridian) คือเส้นเมริเดียนที่ลากผ่านหอดูดาวแห่งหนึ่ง ตำบลกรีนิช ใกล้กรุงลอนดอนในประเทศอังกฤษ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นหลักอ้างอิงในการนับเส้นเมริเดียนอื่น ๆ ต่อไป เส้นเมริเดียนรอบโลกมี 360 เส้น แบ่งเป็นเส้นองศา ตะวันออก 180 เส้น และเส้นองศาตะวันตก 180 เส้น ความสำคัญของเส้นเมริเดียน คือ บอกพิกัดของตำแหน่งที่ตั้งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกโดยใช้ร่วมกัน เส้นขนาน (เส้นละติจูด) และใช้เป็นแนวแบ่งเขตเวลาของโลก แสดงเส้นศูนย์สูตร เส้นขนาน เส้นเมริเดียนและเส้นเมริเดียนเริ่มแรก

7. พิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบที่บอกตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยเส้น โครงแผนที่ซึ่งเส้นขนานและเส้นขนานและเส้นเมริเดียนตัดกันเป็นจุดสิ่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอ่านค่าพิกัดภูมิศาสตร์เป็นละติจูด(เส้นขนาน)และลองจิจูด(เส้นเมริเดียน)

ดังนั้น ละติจูด เป็นพิกัดของจุดหนึ่งบนเส้นขนาน ส่วนลองจิจูดก็เป็นพิกัดของจุดหนึ่งบนเส้นเมริเดียน ซึ่งทั้งละติจูดและลองจิจูดมีค่าของมุมเป็นองศา โดย 1 องศา มีค่าเท่ากับ 60 ลิปดาและ 1

ลิปดามีค่าเท่ากับ60ฟิลิปดา

พิกัดภูมิศาสตร์เป็นระบบที่บ่งบอกตำแหน่งที่ตั้งอยู่จุดตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยโครงข่ายของเส้นโครงแผนที่ซึ่งประกอบด้วยเส้นเมริเดียนกับเส้นขนานตัดกันเป็น “จุด”

1. ละติจูด (Latitude) เป็นค่าของระยะทางเชิงมุม โดยนับ 0 องศา จากเส้นศูนย์สูตรไป ทางเหนือหรือใต้จนถึง 90 องศาที่ขั้วโลกทั้งสอง
2. ลองจิจูด (Longitude) เป็นค่าของระยะทางเชิงมุม โดยนับ 0 องศา จากเส้นเมริเดียนไป ทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจนถึง 180 องศา

ปัจจุบันการบ่งบอกจุดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก สามารถทราบได้ง่ายและถูกต้อง โดยใช้ จีพีเอส เครื่องมือกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS : Global Positioning System) เครื่องมือชนิดนี้ มีขนาดเล็กพกพาได้สะดวก และให้ข้อมูลตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นจึงมีผู้นำเครื่องมือนี้ไปใช้ได้สะดวกสบายในกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การเดินเรือ การเดินทาง ท่องเที่ยวป่า การเดินทางด้วยรถยนต์ เครื่องบิน เป็นต้น เมื่อกดปุ่มสวิตซ์ เครื่องจะรับสัญญาณจากดาวเทียมแล้วบอกค่าพิกัดภูมิศาสตร์ให้ทราบเครื่องหมายแผนที่

2.2) พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนอยู่ในขอบเขต สำนักชลประทานที่ 13

2.2.1) สำนักชลประทานที่ 13

พันธกิจ-ภาระหน้าที่ ได้แก่ อำนวยประโยชน์ในด้านการชลประทาน การจัดหาน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค การบรรเทาอุทกภัย การประมง และคลอบคลุมไปถึงการคมนาคมการพักผ่อนหย่อนใจอีกด้วย โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อ การทดและส่งน้ำไปช่วยการเพาะปลูก ในบริเวณสองฝั่งลุ่มแม่น้ำแม่กลอง มีอาคารชลประทานได้แก่

เขื่อนทดน้ำยาว 117.50 เมตร มีช่องระบายน้ำ กว้าง 12.50 เมตร จำนวน 8 ช่อง ซึ่งปิดเปิดด้วยบานระบายเหล็กโค้งสูง 7.50 เมตร มีสะพานติดตั้งเครื่องกว้านบานระบายทอดตลอดความยาวของเขื่อน และมีสะพานรถยนต์ข้าม มีความสามารถในการระบายน้ำสูงสุด 3,100 ม./วินาที และสามารถยกน้ำได้สูงถึงระดับ 22.00 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลเฉลี่ยปานกลาง

ประตูเรือสัญจรสร้างไว้ในช่องลัดติดกับตัวเขื่อนด้านขวา มีช่องสำหรับให้เรือแพสัญจรเข้า-ออกหนึ่งช่องกว้าง 12.50 เมตร มีอ่างสำหรับจอดพักเรือกว้าง 26.50 เมตร ยาว 217.00 เมตร มีสะพานหกต่อจากสะพานของเขื่อนข้ามประตูเรือสัญจร ทางด้านเหนือน้ำ มีเสารอคอนกรีตยื่นออกไป 100 เมตร เพื่อกันมิให้เรือแพถูกกระแสน้ำดูดเข้าไปในช่องระบายน้ำของตัวเขื่อน

ช่องลัดเป็นทางน้ำที่ขุดขึ้นใหม่เพื่อเปลี่ยนทางเดินของน้ำให้ไหลผ่านเขื่อนหลังจากก่อสร้างเขื่อนเสร็จแล้ว มีความยาว 1,650 เมตร

ทำนบดินสร้างขึ้นบริเวณโค้งแม่น้ำเพื่อปิดกั้นลำน้ำแม่กลอง และเปลี่ยนทางเดินของกระแสน้ำให้ไหลผ่านเขื่อนทางช่องลัด ทำนบสูง 18.50 เมตร ฐานกว้าง 180 เมตร และความกว้างของสันเขื่อน 75.00 เมตร มีถนนและคลองส่งน้ำผ่านกลาง

คลองเชื่อมตั้งต้นจากช่องลัดเหนือเขื่อน มีประตูแบ่งน้ำเพื่อส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกฝั่งซ้ายและฝั่งขวาโดย คลองสายใหญ่ฝั่งซ้าย (1 ซ้าย 2 ซ้าย) สามารถส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกได้ถึง 6 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร คลองสายใหญ่ฝั่งขวา (1 ขวา 2 ขวา) สามารถส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในจังหวัดกาญจนบุรี (ท่ามะกา) ราชบุรี และเพชรบุรี

ประตูปากคลองเชื่อมสร้างติดกับตัวเขื่อนเพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่คลอง มีช่องระบายน้ำกว้าง 6 เมตร สูง 5 เมตร จำนวน 6 ช่อง ปิดเปิดด้วยบานระบายเหล็กโค้งสูง 5.30 เมตร มีสะพานติดตั้งเครื่องกว้าน บานระบายและสะพานรถยนต์ข้ามกว้าง 4.50 เมตร

ประตูแบ่งน้ำปลายคลองเชื่อม สร้างขึ้นเพื่อแบ่งน้ำส่งไปยังพื้นเพาะปลูกฝั่งซ้าย มีช่องระบายน้ำกว้าง 6 เมตร สูง 5 เมตร จำนวน 5 ช่อง ปิดเปิดด้วยบานระบายเหล็กโค้งสูง 5.30 เมตร มีสะพานติดตั้งเครื่องกว้าน บานระบายและสะพานรถยนต์ข้ามกว้าง 4.50 เมตร การพัฒนาโครงการชลประทานในอนาคต โดยใช้ระบบควบคุมกลไก เปิด-ปิดบานระบายด้วยระบบคอมพิวเตอร์(ปัจจุบันได้เริ่มใช้แล้ว)

สภาพการใช้น้ำชลประทาน ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแม่กลองโดย เขื่อนแม่กลอง รับน้ำจากเขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ การระบายน้ำจากเขื่อนทั้ง 2 เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างกรมชลประทาน และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (สำนักชลประทานที่13, 2555)

กิจกรรมการใช้น้ำแบ่งเป็น 4 กิจกรรมหลัก ดังนี้

1) ฤดูฝน และฤดูแล้ง ในเขตชลประทานลุ่มน้ำแม่กลอง ได้แก่ พื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี สมุทรสงคราม และสมุทรสาคร โดยส่งน้ำเข้าคลองส่งน้ำช่วยเหลือพื้นที่เพาะปลูกท้ายเขื่อน ฯ ทั้งฝั่งซ้าย และฝั่งขวาแม่น้ำแม่กลอง - พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนประมาณ 460,000 ไร่ ความต้องการน้ำ 1,230 ล้านลบ.ม หรือ 95 ลบ.ม/วินาที ช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน

- พื้นที่เพาะปลูกฤดูแล้ง ประมาณ 440,000 ไร่ ความต้องการน้ำ 1,028 ล้าน ลบ.ม หรือ 85 ลบ.ม /วินาที ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม
- พื้นที่เพาะปลูกฤดูฝนประมาณ 1,910,000 ไร่ ความต้องการน้ำ 2,397 ล้าน ลบ.ม หรือ 185 ลบ.ม/วินาที ช่วงเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน
- พื้นที่เพาะปลุกฤดูแล้ง ประมาณ 1,713,000 ไร่ ความต้องการน้ำ 2,056 ล้าน ลบ.ม หรือ 170 ลบ.ม/วินาที ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม

2) เพื่อหล่อเลี้ยงลำน้ำแม่กลอง โดยระบายน้ำจากเขื่อนแม่กลองอย่างต่ำ 70 ลบ.ม/ วินาที

หรือ 2,207 ล้าน ลบ.ม/ ปี

3) เพื่อช่วยเหลือแม่น้ำท่าจีน 1,190 ล้านม./ปีโดยคลองท่าสาร-บางปลา 50 ลบ.ม/วินาที หรือ 788 ล้าน ลบ.ม/ปี โดยคลองจรเข้สามพัน 22 ลบ.ม/วินาที หรือ 402 ล้าน ลบ.ม/ปี

4) เพื่อการประปานครหลวงส่งน้ำไปช่วยเหลือกรุงเทพมหานคร 45 ลบ.ม./วินาที

เขื่อนแม่กลอง เป็นเขื่อนที่มีความสำคัญที่สุดในโครงการพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลอง ครอบคลุมพื้นที่ 3 ล้านไร่ ในจังหวัดสุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สมุทรสงครามและสมุทรสาคร ตัวเขื่อนกว้าง 117.50 เมตร ยาว 1,650 เมตร บริเวณเหนือเขื่อนมีทิวทัศน์สวยงาม

2.2.2) ประวัติและรายละเอียดโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน จังหวัดนครปฐม

1) ประวัติโครงการ

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน เป็นส่วนหนึ่งของโครงการแม่กลองใหญ่ ในพื้นที่ของการก่อสร้างระบบชลประทานฝั่งซ้ายตอนบนระยะที่ 2 และระยะที่ 3 ซึ่งมี 3 โครงการด้วยกัน คือ โครงการพนมทวน, โครงการสองพี่น้อง และ โครงการบางเลน รวมพื้นที่ประมาณ 1,100,000 ไร่ สำหรับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน มีพื้นที่โครงการจำนวน 369,000 ไร่ เป็นพื้นที่ชลประทาน 314,000 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ในเขตอำเภอบางเลน อำเภอกำแพงแสน อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม และอำเภอสองพี่น้องจังหวัดสุพรรณบุรี เนื่องจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน เป็นโครงการฯที่อยู่ในลักษณะงานส่งน้ำและบำรุงรักษาระหว่างการก่อสร้างตามแผนงาน โครงการพัฒนาระบบชลประทานแม่กลองใหญ่ ระยะที่3 ระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างเริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ 2539 ถึงปี 2542 ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่โครงการที่ได้รับมอบแล้ว 120,000 ไร่ ซึ่งจำนวนพื้นที่ชลประทานจะเพิ่มขึ้นทุกปี ตามผลงานการก่อสร้างที่แล้วเสร็จ ทั้งงานคลองส่งน้ำและคลองระบายน้ำโดยเกษตรกรใช้น้ำจากคลองได้ด้วยวิธีช่วยเหลือตนเอง

2) ที่ตั้งและอาณาเขต

1) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13*57'54" เหนือ ถึง 14*13'20" เหนือ เส้นแวงที่ 99*50'23" ตะวันออกถึง 100*10'55" ตะวันออกในเขตอำเภอกำแพงแสน อำเภอบางเลน อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี

2) มีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง และโครงการส่งน้ำและบำรุง รักษาโพธิ์พระ
ทิศใต้ ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน
ทิศตะวันออก ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระพิมลและโครงการส่งน้ำบำรุงรักษาเจ้าเจ็ดบางยี่หน
ทิศตะวันตก ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวนพื้นที่รวม 352,000ไร่

3) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนมีเส้นทางคมนาคมทางบกสามารถติดต่อกับหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ ตลอดจนตัวจังหวัดนครปฐม และสุพรรณบุรีได้สะดวก ที่ทำการของโครงการฯตั้งอยู่ที่ 205 หมู่ 14 ตำบลสระพัฒนา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 95 กิโลเมตร ห่างจากเขื่อนวชิราลงกรณ สำนักงานชลประทานที่ 10 ประมาณ 50 กิโลเมตร และห่างจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนประมาณ 10 กิโลเมตร

3) แหล่งน้ำต้นทุน

แหล่งน้ำต้นทุนที่นำมาใช้ในการชลประทาน ของโครงการส่งน้ำ ฯ ได้รับน้ำจากแหล่งน้ำสำคัญ 2 แห่งคือ

1) เขื่อนศรีนครินทร์ สร้างโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตั้งอยู่ท้องที่บ้านเจ้าเณร ต.ท่ากระดาน อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี ห่างจากเขื่อนวชิราลงกรณขึ้นไปตามลำน้ำแควใหญ่ ประมาณ 94 กม. มีความจุประมาณ 17,750 ล้านลูกบาศก์ระดับเก็บกักสูงสุด+180 เมตรระบายน้ำได้สูงสุด 2,420ลบ.ม./วินาที เป็นเขื่อนที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าและระบายน้ำส่วนนั้นลงมายังเขื่อนวชิราลงกรณเพื่อใช้ในการชลประทานต่อไป

2) เขื่อนเขาแหลม สร้างโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตั้งอยู่ที่ลำน้ำแควน้อย ท้องที่บ้านเขาแหลม ต.ท่าขนุน อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี ห่างจากเขื่อนวชิราลงกรณขึ้นไปตามลำน้ำแควน้อยประมาณ 165 กม มีความจุประมาณ 9,500 ล้านลูกบาศก์ ระดับเก็บกักสูงสุด +160.5 เมตร ระบายน้ำได้สูงสุด 4,400 ม3/วินาที เป็นเขื่อนที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าและน้ำที่ปล่อยจากเขื่อนเขาแหลมนี้จะช่วยเหลือการชลประทานที่เขื่อนวชิราลงกรณ

4) เครื่องมือที่ใช้ในการบริหารจัดการน้ำ

อาคารชลประทานในคลองส่งน้ำ

- ประตูระบายน้ำปากคลอง (Head Regulator) ประตูระบายทดน้ำปากคลอง เป็นอาคารที่สร้างขึ้นที่ปากคลอง มีหน้าที่ควบคุมปริมาณที่จะไหลเข้าสู่คลองส่งน้ำ ประตูระบายทดน้ำปากคลองเป็นอาคารชลประทานสำคัญที่จำเป็นต้องสร้างไว้ที่ปากคลองทุกสาย เพราะทำหน้าที่บังคับและควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งเข้าคลองส่งน้ำตลอดเวลา ถ้าไม่มีประตูระบายทดน้ำปากคลองจะส่งน้ำไม่ได้ผล

- ประตูระบายน้ำกลางคลอง (Check gates) ประตูระบายทดน้ำกลางคลอง สร้างไว้ในคลองส่งน้ำทุกประเภท มีหน้าที่บังคับระดับน้ำด้านเหนือน้ำของประตูระบายทดน้ำกลางคลองให้สูงพอที่จะส่งเข้าคลองซอย คลองแยกซอยและท่อส่งน้ำเข้านาได้สะดวกตลอดเวลาถึงแม้ว่าปริมาณน้ำที่ไหลมาจะน้อยกว่าปริมาณน้ำที่กำหนดไว้ก็ตาม ในบางกรณีอาจจะใช้ประตูระบายทดน้ำกลางคลองปิดกั้นไม่ให้น้ำไหลผ่านไปตามคลองด้านท้ายประตู แต่บังคับให้ไหลไปทางประตูระบายทิ้งน้ำ เพื่อล้างตะกอนซึ่งตกจมอยู่ในคลองให้หลุดออกไป

- อาคารน้ำตก (drop) เป็นอาคารส่งน้ำซึ่งเหมาะกับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านไม่มากนัก สร้างขึ้นเพื่อจะลดระดับน้ำและระดับท้องคลองในแนวดิ่งหรือตามลาดในช่วงสั้นๆมี 2 ชนิดคือ น้ำตกดิ่ง (Vertical Drops) และน้ำตกเอียง (Inclined Drops)

- ท่อเชื่อม (Syphon หรือ Siphons) เป็นท่อกลมหรือสี่เหลี่ยม จะเป็นท่อแถวเดียวหรือหลายแถวก็ได้ ซึ่งสร้างจากริมตลิ่งข้างหนึ่งของลำน้ำธรรมชาติ หรือของคลองส่งน้ำ (แล้วแต่กรณี) ลงไปตามลาดตลิ่ง หักเลี้ยวขนานไปตามท้องน้ำ แล้วลาดขึ้นไปตามลาดตลิ่งอีกข้างหนึ่ง เพื่อให้คลองส่งน้ำไหลลอดใต้ลำน้ำธรรมชาติหรือให้ลำน้ำธรรมชาติไหลลอดใต้คลองส่งน้ำ

- ท่อลอด (culvert) เป็นอาคารซึ่งสร้างลอดถนนหรือทางรถไฟหรือคลองส่งน้ำ มีลักษณะคล้าย Syphon ส่วนที่แตกต่างอยู่ที่ระดับต่างของตัวท่อที่จุดสูงสุดและจุดต่ำสุด ต่างกันไม่มาก บางครั้งตัวท่ออาจวางในระดับเลยก็มี การไหลของน้ำที่ผ่านท่อลอดมีลักษณะที่เต็มท่อและไม่เต็มท่อก็ได้ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อ ดังนั้นแรงดันของน้ำจึงไม่มีความสำคัญในการออกแบบความแข็งแรงของตัวท่อนัก นิยมใช้ท่อสำเร็จ (Precast Concrete Pipe) แล้วยาด้วยปูนก่อ หากเป็นท่อที่มีขนาดใหญ่มากจะมีการหล่อในที่ก่อสร้าง ท่อลอด (culvert) มักออกแบบให้นำน้ำลอดทางเกวียน ทางถนนหรือทางรถไฟอาจเป็นท่อคอนกรีตกลมหรือเหลี่ยมก็ได้

- รางน้ำ(Flumes) รางน้ำเป็นรางเปิดชนิดหนึ่งเพื่อให้น้ำชลประทานไหลไปตามรางผ่านบริเวณ ซึ่งถ้าจะขุดเป็นคลองส่งน้ำหรือสร้างเป็นท่อส่งน้ำแล้วจะเสียค่าก่อสร้างมากกว่าทำรางน้ำ การสร้างรางน้ำมีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ

1. เพื่อส่งนำชลประทานไปตามรางเลาะชายลาดเขาซึ่งถ้าจะขุดเป็นคลองส่งน้ำแล้วจะเสียเงินมาก
2. เพื่อส่งน้ำชลประทานไปตามรางข้ามลำน้ำธรรมชาติ คลอง หรือที่ลุ่มลึกซึ่งไม่เหมาะจะสร้างเป็นท่อเชื่อมหรือสร้างท่อเชื่อมไม่ได้

- รางเท (Chutes) เป็นน้ำตกเอียง (Inclined Drops)ชนิดพิเศษออกแบบไว้สำหรับลดระดับน้ำ และระดับท้องคลองลงตามลาดค่อนข้างยาว และชันมากพอที่จะทำให้เกิดมีกระแสน้ำในรางแรงจัด

- ประตูระบายปลายคลองส่งน้ำ (Tail Regulators , Tail Pipes) มีลักษณะเช่นเดียวกับประตูระบายปากคลองส่งน้ำ หรือประตูระบายทดน้ำกลางคลอง จะผิดกันก็แต่เพียงหน้าที่ของมันเท่านั้น

5) พืชเศรษฐกิจ

ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน มีประชากรรวมทั้งสิ้น 203,212 คน แยกเป็นชาย 97,540 คน หญิง 105,672 คน ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ได้แก่ อ้อย, นาข้าว, พืชผักและบ่อกุ้ง - บ่อปลา ดังน้ำ สภาพเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับผลผลิตและสถานการณ์ด้านราคาของอ้อย, ข้าว และกุ้ง ในปัจจุบันแนวโน้ม เกษตรกรนิยมเลี้ยง กุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่โครงการ ฯ เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอกำแพงแสน อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้พื้นที่ชลประทานได้รับความเสียหายเนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ต้องนำน้ำเค็มเข้ามาผสมกับน้ำจืดที่มีอยู่ในบริเวณพื้นที่ลุ่มของโครงการฯ ส่วนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวเดิม ไม่มีระบบการชลประทานปลูกข้าวนาปีเพียงฤดูเดียว เสี่ยงต่อการถูกน้ำท่วม การขาดน้ำและศัตรูพืช ทำให้เศรษฐกิจของชาวนาในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนจึงค่อนข้างยากจน แต่ในปัจจุบันเมื่อมีระบบชลประทานเข้ามาในพื้นที่ปลูกข้าว ชาวนาจะสามารถทำนาปลูกข้าวได้ 2 ฤดู ด้วยน้ำฝน และน้ำชลประทาน โดยโครงการสามารถส่งน้ำได้เกือบสมบูรณ์ ทั้งพื้นที่สำหรับราคาข้าวในช่วงปัจจุบันยังคงมีราคาค่อนข้างสูง และเกษตรกรในพื้นที่ยังคงเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะทำให้เศรษฐกิจของเกษตรกรในเขตโครงการดีขึ้นจากเดิม

ช่วงฤดูแล้ง

ข้าว	40,700	ไร่
อ้อย	8,400	ไร่
พืชผัก-พืชไร่	1,440	ไร่
บ่อกุ้ง-บ่อปลา	12,400	ไร่
ไม้ผลและไม้ยืนต้น	2,120	ไร่

2.3) อุตุนิยมวิทยาพื้นฐาน (Basic Meteorology)

2.3.1) ความหมายของอุตุนิยมวิทยาพื้นฐาน (Basic Meteorology)

Meteorology เดิมเป็นภาษากรีกมาจากคำว่า Meteoros (thing in the heaven above) รวมกับคำว่า Logos (discourse) สำหรับคำที่ใช้ในภาษาไทยนั้น อุตุ เป็นภาษาสันสกฤต แปลว่า ฤดู รวมกับคำว่า นิยม เป็นภาษาบาลี แปลว่า กำหนด และวิทยา แปลว่า วิชาการ หรือความรู้ ดังนั้น คำว่า อุตุนิยมวิทยา แปลรวมความหมายว่า “วิชาการ หรือความรู้ของ การกำหนดฤดูกาล” (รังสรรค์, 2547)

พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2523 นิยาม อุตุนิยมวิทยา ว่าเป็นวิชาที่กล่าวถึง เรื่องราวของบรรยากาศ วิชานี้ไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องทางกายภาพ ทางเคมี และทางพลวัตของบรรยากาศเท่านั้น แต่ยังมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงระหว่างบรรยากาศกับพื้นโลก มหาสมุทร และสิ่งมีชีวิตโดยทั่วไปอีกด้วย อีกสาขาวิชาหนึ่งที่ใกล้เคียงกับอุตุนิยมวิทยา และมักมีผู้สับสนกันอยู่เสมอได้แก่ ภูมิอากาศวิทยา (Climatology) (ดวงพร, 2536) กล่าวไว้ว่า ภูมิอากาศวิทยาเป็นสาขาหนึ่งของ อุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีความแตกต่างจากอุตุนิยมวิทยาโดยภูมิอากาศจะเน้นถึงธาตุประกอบของบรรยากาศในช่วงระยะเวลานาน

นอกจากนี้ คำว่า ภูมิอากาศ (Climate) และลมฟ้าอากาศ (Weather) นั้นมี ความหมายที่แตกต่างกัน โดยภูมิอากาศ (Climate) หมายถึง สภาวะอากาศประจำถิ่นของกลุม ประเทศ หรือทวีปใดทวีปหนึ่ง หรือเขตใดเขตหนึ่ง (Zone) ที่สภาวะอากาศนั้นๆ ครอบคลุมอยู่ที่ ตรงนั้น เป็นเวลาอันยาวนานมาแลว สวนลมฟ้า อากาศ (Weather) หมายถึง ลักษณะของอากาศ ที่ครอบคลุม ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง เป็นเวลาสั้นๆ โดยได้รับอิทธิพลและปัจจัยจากภูมิอากาศ เป็นหลัก อาจจะเรียกได้ว่าเป็นลมฟ้าอากาศระหว่างวันหรือระหว่างสัปดาห์ (วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ, 2555a)

2.3.2) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุตุนิยมวิทยา

1) ลม (Wild)

ลมคืออากาศที่เคลื่อนที่ มีผลกระทบอย่างมาก ต่อกระบวนการด้านอุตุนิยมวิทยา ลมทำให้การระเหยเกิดมากขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนและความชื้นระหว่างผิวที่สัมผัสกับอากาศและอากาศ ลมเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งของการเกิดฝน (สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ, 2546a)

1.1) การวัดลม (Measurement of wild) โดยทั่วไปเราสนใจวัดลมอยู่ 2 กรณี คือการวัดอัตรา

ความเร็ว และทิศทางที่ลมพัดผ่านไป การวัดอัตราความเร็วของลมมีหน่วยสากลเป็นน็อต ความเร็วลม 1 กิโลน็อต มีค่าเท่ากับ 1.852 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือเท่ากับ 1.15 ไมล์/ชั่วโมง (=0.514 เมตร/วินาที)

เครื่องมือวัดอัตราความเร็วลมใช้ Anemometers มีหลายชนิด ได้แก่ Three- หรือ Four-cup Anemometers, Propeller Anemometers และ Pressure-tube Anemometers

เนื่องจากความเร็วลมแปรเปลี่ยนไปตามความสูงจากพื้นดิน จึงไม่มีมาตรฐานของความสูงในการติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็ว ส่วนทิศทางของลมมี 16 ทิศทาง

2) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของอากาศเป็นการปล่อยพลังงานความร้อนจากพื้นดินให้กับบรรยากาศ พลังงานความร้อนดังกล่าวนี้เป็นพลังงานที่เปลี่ยนรูปจากพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ เรียกว่า ความร้อนรู้สึก (Sensible Heat) การถ่ายเทความร้อนมีกลไกแบบต่างๆ ด้วยกัน 3 แบบ (สุนันท์, 2545) คือ

1. การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ หรือการนำความร้อน (Conduction)
2. การถ่ายเทความร้อนโดยการพา หรือ การพาความร้อน (Convection)
3. การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี หรือ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

เนื่องจากอากาศเป็นตัวนำความร้อนที่เลว แต่เป็นตัวพาความร้อนที่ดี การเปลี่ยนแปลง ความร้อนในบรรยากาศส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นทั้งการถ่ายเทความร้อนในแนวตั้ง ที่เรียกว่า การพาความร้อน (Convection) และการถ่ายเทความร้อนในแนวราบ (Advection) (รังสรรค์, 2547)

2.1) ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศ

1. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (Quantity of Solar Radiation) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ

2. พื้นดินและพื้นน้ำ (Land and Water) พื้นดินจะร้อนและเย็นเร็วกว่าพื้นน้ำ ดังนั้น บริเวณที่เป็นพื้นดินจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันมากเมื่อเทียบกับบริเวณที่เป็นพื้นน้ำ

3. ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geographic Position) บริเวณใกล้ชายฝั่งจะมีการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ไกลออกไป เนื่องจาก อิทธิพลของทะเลจะควบคุม การเปลี่ยนแปลงของ

อุณหภูมิ

4. ความสูงของพื้นที่ (Altitude) บริเวณพื้นที่สูงความกดอากาศและความหนาแน่นของอากาศน้อยกว่าบริเวณพื้นที่ต่ำ ทำให้ดูดกลืนและสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยลง จึงมีผลให้ พื้นดินได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากขึ้นและอุณหภูมิอากาศสูงขึ้น ขณะที่กลางคืนจะมีการคายความ ร้อนได้เร็วกว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่สูงจะมีค่าต่ำกว่าพื้นที่ต่ำ แต่มีความแตกต่างระหว่าง กลางวันกับกลางคืนมากกว่า

5. กระแสน้ำในมหาสมุทร (Ocean Current) หากบริเวณใดมีกระแสน้ำอุ่นหรือน้ำเย็น ไหลเลียบชายฝั่งทวีปอุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นจะอุ่นหรือเย็นตามไปด้วย

การวัดอุณหภูมิ (Measurement of Temperature) หน่วยวัดอุณหภูมิ (Temperature Scale) ที่ใช้ในโลกมี 3 แบบ คือ องศาเซลเซียส (Celsius, °C) องศาฟาเรนไฮท์ (Fahrenheit, °F) และองศาเคลวิน (Kelvin, K) ซึ่งมี ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2-5 และสมการที่ 2-6

$$\frac{°C}{5} = \frac{°F - 32}{9} \qquad \text{สมการที่ 2-5}$$

$$K = °C + 273 \qquad \text{สมการที่ 2-6}$$

การวัดอุณหภูมิใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) มีหลายประเภท เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบอ่านและจดบันทึกอุณหภูมิตามเวลาที่กำหนด และเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัด อุณหภูมิอย่างต่อเนื่องหรือที่เรียกว่า เทอร์โมมกราฟ (Thermograph) ซึ่งตามสถานีอุตุนิยมวิทยา ต่าง ๆ มักจะมีการติดตั้งเทอรโมมิเตอรไว้ในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer Screen) โดยมี ตัวอย่างและรายละเอียดดังนี้

(ก) เทอร์โมมิเตอร์แบบอ่านและจดบันทึกอุณหภูมิตามเวลาที่กำหนด ที่นิยมใช้ประกอบด้วย

(1) เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา (Ordinary Thermometer) ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิปกติ ทั่วไปมีลักษณะเป็นหลอดแก้วรูปทรงกระบอกกลวง หลายข้างหนึ่งของหลอดแก้วเป็นกระเปาะ สำหรับบรรจุปรอทหรือแอลกอฮอล์ซึ่งภายในหลอดแก้วเป็นสูญญากาศ

(2) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิสูงสุด (Maximum Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิสูงสุด ในแต่ละวันมีลักษณะเป็นหลอดแก้วใสภายในบรรจุปรอทในกระเปาะ

(3) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิต่ำสุด ในแต่ละวันมีลักษณะเป็นหลอดแก้วใสภายในบรรจุแอลกอฮอล์

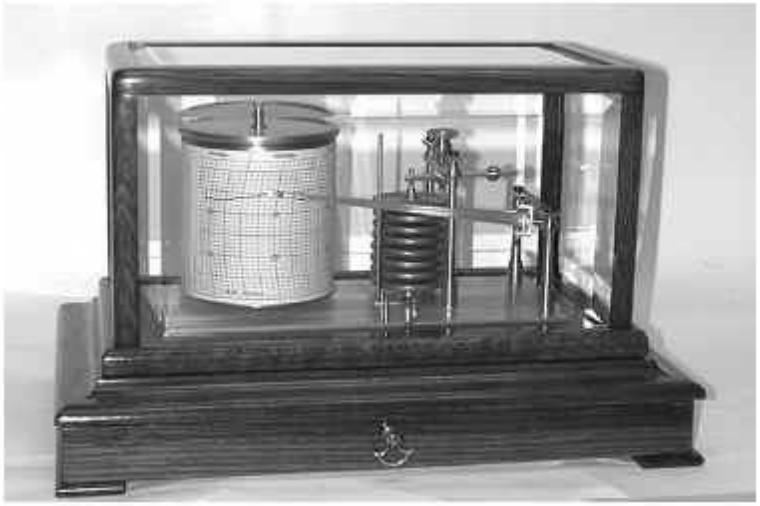
(4) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิต่ำสุดที่ยอดหญ้า (Grass Minimum Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิต่ำสุดที่ยอดหญ้า เพื่อบอกถึงอุณหภูมิเหนือพื้นดินว่ามีการเกิดน้ำค้างแข็งเหนือผิว ดิน (GroundFrost)หรือไม

(5) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิใต้ดิน (Earth Thermometer) ใช้วัดอุณหภูมิที่ความลึก ต่าง ๆ ใต้ผิวดิน มีประโยชนสำหรับการชลประทาน (Irrigation)หรือการคาดการณ์น้ำหลาก (Flood Forecasting)

(ข) เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง ที่นิยมใช้ประกอบด้วย

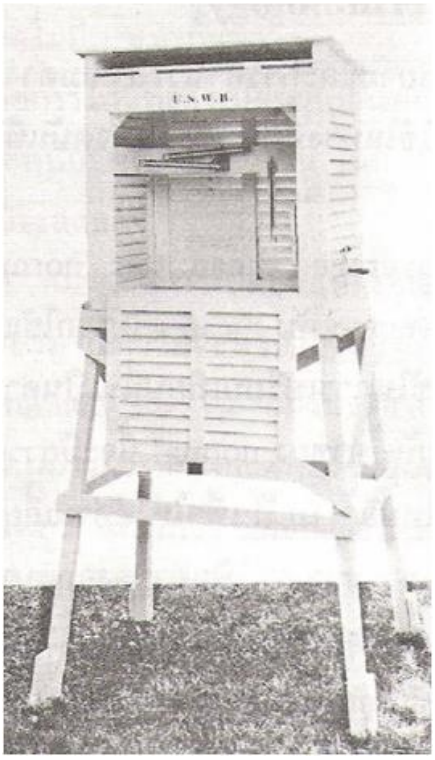
(1) เทอร์โมกราฟ (Thermograph) คือ เครื่องมือใช้วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่อง มีโครงรูปทรงกระบอกสำหรับใสกระดาษกราฟที่หมุนตามเข็มนาฬิกาที่ตั้งไว้ (ดังแสดงในรูปที่ 2.7)

(2) เรือนเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer Screen) คือ ตูใสเทอรโมมิเตอรหรือเทอรโม กราฟ เพื่อป้องกันเครื่องมือวัดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลของแสงอาทิตย์ ลม ฝน และลูกเห็บ ตัวเรือนทำด้วยไมและทาสีขาว เพื่อลดอิทธิพลของความร้อนที่เกิดจากรังสีจากดวงอาทิตย์ ที่นิยมใช้เป็นแบบ Stevenson (ดังแสดงในรูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.7 เทอรโมกราฟแบบโลหะประกอบ

(ที่มา: http://www.maceducation.com/e-knowledge/2412212100/19_files/19-9.jpg)



รูปที่ 2.8 เรือนเทอรโมมิเตอรแบบ Stevenson

(ที่มา: เอกสารประกอบการเรียนอุทกวิทยาทางวิศวกรรม)

3) ความชื้น (Humidity)

ความชื้น คือ ปริมาณไอน้ำในอากาศที่มีผลต่อการเกิด การเปลี่ยนแปลง และการ หมุนเวียนของน้ำในวัฏจักรอุทกวิทยา ความชื้นที่ปนอยู่ในอากาศทั่วๆ ไปจะอยู่ในรูปของไอน้ำ(Water vapor) ปริมาณไอน้ำ ในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศและของน้ำ ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูง จำนวนไอน้ำใน อากาศก็จะมีมากหรืออากาศสามารถรับเอาไอน้ำไว้ได้มาก แรงดันของมวลอากาศชื้นเกิดจากผลรวมของแรงดันของมวลอากาศแห้งและแรงดันของไอน้ำในมวลอากาศขณะนั้น หน่วยของ แรงดันที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ บรรยากาศ บาร์และมิลลิบาร์ หรือความสูงของลำปรอท (มิลลิเมตร) โดยที่ 1 บรรยากาศ (1 atm) มีค่าเท่ากับ 101.325 kPa หรือเท่ากับ 760 มิลลิเมตร ปรอท (mmHg) สวน 1 บาร์ (1 bar) มีค่าเท่ากับ 100 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (kPa) หรือ เท่ากับ 1,000 มิลลิบาร์ (mbar) ดังนั้น ความสูงของลำปรอท 1 มิลลิเมตร (mmHg) มีค่าเท่ากับ 1.33 มิลลิบาร์ (mbar)

2.4) น้ำจากอากาศ (Precipitation)

2.4.1) ความหมายของน้ำจากอากาศ

ตามความหมายของคณะกรรมการจัดทำนิยามศัพท์อุตุนิยมวิทยา Precipitation หมายถึง น้ำในลักษณะของเหลว หรือของแข็งรูปผลึก หรือของแข็งอสัณฐาน ซึ่งเกิดจากก้อน เมฆบนท้องฟ้าแล้วตกลงมายังพื้นโลก Precipitation จะหมายรวมถึง ฝนละออง ฝน หิมะ ผลึก น้ำแข็ง และลูกเห็บเนื่องจากมีผู้แปลคำว่า Precipitation เป็นคำไทยไว้หลายคำ อาทิ “น้ำจาก อากาศ” “หยาดน้ำฟ้า” หรือ “น้ำฟ้า” ในเอกสารชุดนี้ได้เลือกใช้ น้ำจากอากาศ เป็นคำแปล ถึง กระนั้น ที่จะกล่าวต่อไปในเนื้อหาจะใช้คำว่าฝนหรือน้ำฝนแทน เนื่องจากเป็นคำที่สื่อความหมาย ได้ดีกว่า (วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ, 2555b)

2.4.2) กระบวนการเกิดน้ำจากอากาศ (Formation of Precipitation)

กระบวนการเกิดน้ำจากอากาศ ประกอบด้วยขั้นตอน 4 สวน ได้แก

(1) การที่ทำให้มวลอากาศชื้นเย็นลง

(2) การที่ไอน้ำควบแน่นเป็นละอองน้ำหรือผลึกน้ำแข็ง

(3) การที่ละอองน้ำรวมตัวกันมีขนาดโตขึ้น

(4) การเพิ่มไอน้ำเข้ามาเพื่อให้กระบวนการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

(ก) กระบวนการที่ทำให้เกิดการเย็นตัวจนเกิดการควบแน่น ไอน้ำในบรรยากาศที่เปลี่ยนสถานะกลายเป็นหยดน้ำหรือผลึกน้ำแข็งจะเกิดขึ้นเมื่อ อากาศลดอุณหภูมิต่ำลงจนกระทั่งถึงจุดน้ำค้างหรือจุดเยือกแข็ง ซึ่งกระบวนการลดอุณหภูมิของ อากาศสามารถจำแนกออกเป็น 2 กรณี (รังสรรค์, 2547) คือ

- กระบวนการอะเดียแบติก (adiabatic process) เป็นการลดอุณหภูมิลงจากผล ของการขยายปริมาตร อาจเกิดได้จากการลดความกดบรรยากาศที่ผิว การยกตัวของอากาศให้ สูงขึ้นจากการพาความร้อน การเบียดตัวเข้าหากันของกระแสลมหรือการปะทะของมวลอากาศ และ การยกตัวขึ้นตามลักษณะภูมิประเทศบริเวณแนวลาดเชิงเขา

- กระบวนการเดียแบติก (diabatic process) เป็นกระบวนการที่อากาศสูญเสีย ความร้อนให้กับสภาพแวดล้อม ภายนอก อาจเกิดได้จาก การสูญเสียความร้อนด้วยการแผ่รังสี การสัมผัสกับพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและการผสมคลุกเคล้ากับก้อนอากาศที่เย็นกว่า

(ข) รูปแบบของการควบแน่น

1. เมฆ (clouds) โดยทั่วไปเกิดจากการยกตัวของก้อนอากาศ ขณะที่ยกตัวลอยขึ้น อุณหภูมิจะลดลงตามกระบวนการอะเดียแบติก บางครั้ง เมฆเกิดจากอุณหภูมิที่ลดลงจาก กระบวนการเดียแบติกก็ได้ รูปร่างพื้นฐานของเมฆแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- ซีร์รัส (cirrus) เป็นเมฆที่อยู่ในระดับสูง สีขาวบางใส รวมกันเป็นหย่อม หรือเป็น แถบคล้ายม่านบางๆ
- สเตรตัส (stratus) มีลักษณะเป็นแผ่นหรือชั้นปกคลุมฟ้าเป็นบริเวณกว้าง ความสูง ฐานเมฆสม่ำเสมอกันเห็นเป็นสีเทา
- คิวมูลัส (cumulus) มีลักษณะแยกเป็นก้อน ๆ ฐานเมฆแบนเรียบมีสีค่อนข้างดำ ก้อนเมฆมีการก่อตัวในแนวตั้งพอกสูงขึ้น

2. หมอก (fog) เกิดเมื่ออากาศชั้นใกล้พื้นดินลดอุณหภูมิลงจนถึงจุดน้ำค้าง ไอน้ำเกิด การควบแน่นเป็นละอองน้ำขนาดเล็กลอยอยู่เหนือพื้นดิน

3. น้ำค้าง (dew) ปรากฏเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บนใบไม้ ยอดหญ้า และวัตถุต่างๆ ที่อยู่ ใกล้พื้นดิน
4. น้ำค้างแข็ง (frost) เกิดจากสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ไอน้ำใน อากาศจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งโดยตรง

(ค) กระบวนการทำให้ไอน้ำในอากาศรวมตัวกันมีขนาดโตขึ้น กระบวนการที่ไอน้ำทำให้อากาศรวมตัวกันมีขนาดโตขึ้นจนตกลงมาเป็นเม็ดฝน เรียกว่า coalescence สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการรวมตัวดังกล่าวอยู่ 3 ประการ คือ

- การชนกันของก้อนเมฆ (collision of cloud droplets)
- ฟ้าแลบ (lightening)
- ผลึกน้ำแข็ง (ice crystal)

(ง) รูปแบบของน้ำจากอากาศ

- ฝน (rain) เป็นหยดน้ำมีขนาดระหว่าง 0.5 ม.ม. ถึง 7 ม.ม. ในขณะที่ฝนละอองหรือฝนหยิม (drizzle) มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ม.ม.
- หิมะ (snow) เป็นผลึกน้ำแข็ง
- ลูกเห็บ (hail) เป็นก้อนน้ำแข็ง มีขนาดตั้งแต่ 5 ม.ม. ถึงมากกว่า 125 ม.ม. ลูกเห็บที่ มีขนาดใหญ่จะเรียกว่า hail stone
- ฝนน้ำแข็ง (sleet) เป็นหยดน้ำฝนที่แข็งตัวปกติจะตกปนกันระหว่างหิมะกับฝน
- ไรมหรือฝนเกล็ดน้ำแข็ง (rime)
- น้ำแข็งเคลือบ (glazed frost)

2.4.3) ลักษณะของการเกิดฝนและฝนชนิดต่าง ๆ

จัดแบ่งตามสาเหตุที่ทำให้เกิดฝนได้ 4 ชนิด คือ

(1) ฝนเกิดจากการพาความร้อน (convective storm) มวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น

(2) ฝนภูเขา (orographic storm) มวลอากาศที่อุ้มไอน้ำพัดจากทะเล ปะทะภูเขาจะ ลอยตัวสูงขึ้น

(3) ฝนในแนวอากาศ (frontal storm) มวลอากาศร้อนปะทะมวลอากาศที่มีอุณหภูมิ เย็น

มวลอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น

(4) ฝนพายุหมุน (cyclonic storm) ความกดอากาศสูงเคลื่อนไปสูบริเวณความกด อากาศต่ำ มวลอากาศในบริเวณความกดอากาศต่ำลอยตัวสูงขึ้น

2.4.4) เครื่องมือวัดน้ำฝน

จำนวนน้ำฝนทั้งหมดที่ตกลงมาจากอากาศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ใช้วัดเป็นความลึกของ น้ำที่สมมุติว่าขังอยู่บนพื้นที่ราบโดยไม่มีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการซึม การระเหย และอื่นๆ หน่วยของความลึกที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ นิ้ว หรือ มิลลิเมตร ความถูกต้องของน้ำฝนที่วัดได้ขึ้นอยู่กับ กระแสลม ความสูงของการติดตั้งเครื่องวัด สถานที่ตั้ง และขนาดของพื้นที่รับน้ำฝนของเครื่องวัด ความผิดพลาดเนื่องจากกระแสลมและ สถานที่ตั้งเป็นตัวการที่สำคัญ กระแสลมส่วนใหญ่เป็นพวกลมหวนรอบๆ ถังวัดน้ำฝน ถ้ากระแส ลมพัดขึ้นมาทำให้ได้ความลึกของฝนมากขึ้น บางแห่งอาจต้องมีสิ่งป้องกันลมติดไว้ที่เครื่องวัด ในทางปฏิบัติ ขนาดของพื้นที่รับน้ำฝน จะมีอิทธิพลน้อยมากต่อปริมาณน้ำฝน ยกเว้นของขนาด พื้นที่รับน้ำฝนน้อยกว่า 10 เซนติเมตร นอกจากเหตุผลความคลาดเคลื่อนที่กล่าว การกระเด็น ของน้ำฝนเมื่อกระทบกับกรวยรองรับ และการระเหยของน้ำฝนที่ติดอยู่ตามผิวกรวยรองรับก็ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ 1-2 % โดยเครื่องวัดน้ำฝนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 3 ชนิด (สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ, 2546b) คือ

1. แบบถังกระดก (Tipping-bucket Gage)

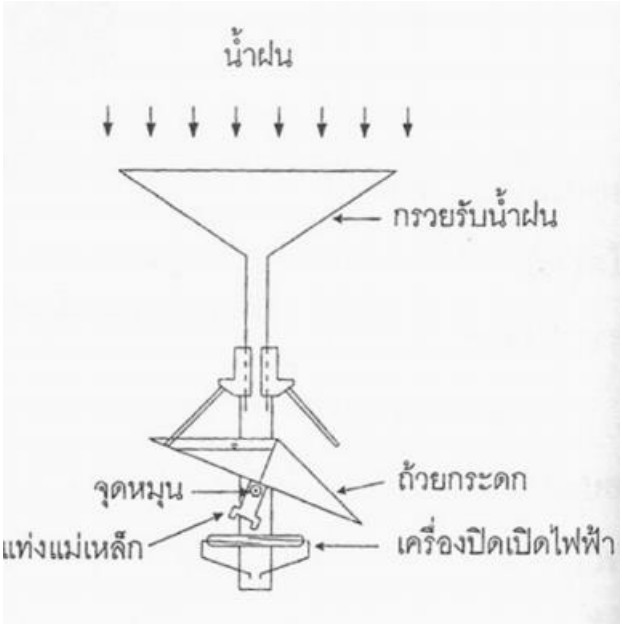
ประกอบด้วยกรวยรับน้ำฝน และถังรับน้ำ ซึ่งมี 2 ส่วน เมื่อส่วนหนึ่งของถังได้รับน้ำฝนเต็ม (0.1 ม.ม. หรือ 0.25 ม.ม.) ถังจะกระดก และเทน้ำฝนลงอ่าง (Reservoir) ที่รองรับ พร้อมทั้งเคลื่อนอีกส่วนหนึ่งของถังมารับน้ำฝน (ดูรูปที่ 2.9)

2. แบบชั่งน้ำหนัก (Weighting-type Gages)

ชั่งน้ำหนักน้ำฝนที่ตกลงมายังถังที่วางอยู่บนตาชั่ง จะบันทึกน้ำหนักลงบนกระดาษกราฟที่หมุนด้วยนาฬิกา ค่าที่บันทึกเป็นปริมาณฝนสะสม (ดูรูปที่ 2.10)

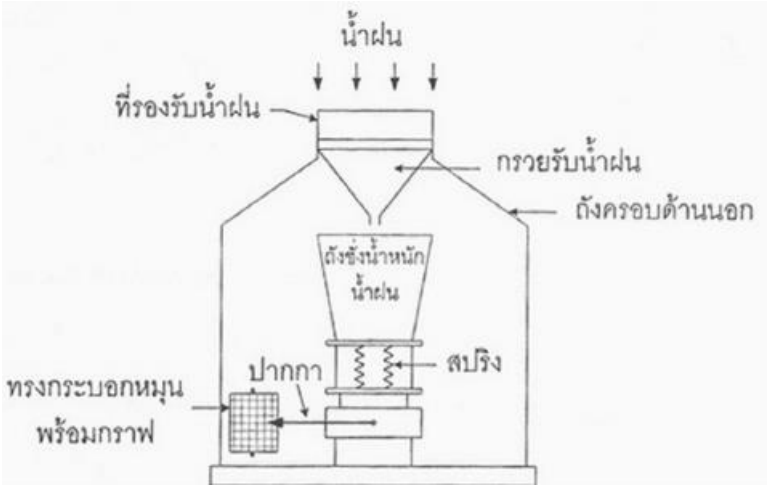
3. แบบทุ่นลอย (Float Recording Gages)

เมื่อปริมาณน้ำฝนถูกจับมาก ทุ่นก็จะลอยสูงขึ้น และจะบันทึกค่าลงกระดาษกราฟ เครื่องวัดบางชนิดต้องระบายน้ำทิ้งด้วยมือ และบางชนิดระบายน้ำทิ้งโดยอัตโนมัติ โดยปกติติดตั้งทุ่นลอยในถังรับน้ำ แต่บางชนิดบันทึกการเพิ่มระดับของน้ำมันหรือปรอทที่มีถังรับน้ำฝนรออยู่ (ดูรูปที่ 2.11)



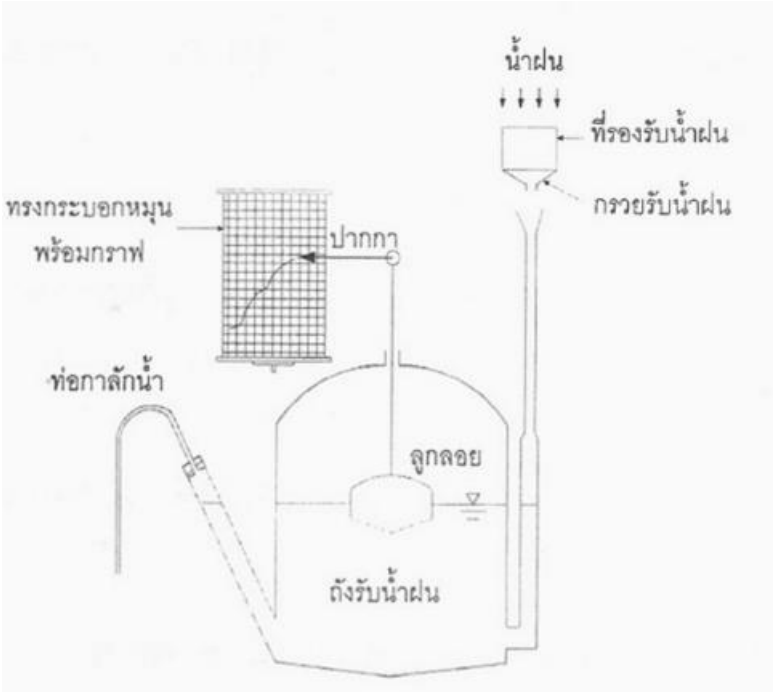
รูปที่ 2.9 เครื่องวัดน้ำฝนแบบถ้วยกระดก

(ที่มา: เอกสารประกอบการเรียนอุทกวิทยาทางวิศวกรรม)



รูปที่ 2.10 เครื่องวัดน้ำฝนแบบชั่งน้ำหนัก

(ที่มา: เอกสารประกอบการเรียนอุทกวิทยาทางวิศวกรรม)



รูปที่ 2.11 เครื่องวัดน้ำฝนแบบทุ่นลอย

(ที่มา: เอกสารประกอบการเรียนอุทกวิทยาทางวิศวกรรม)

2.4.5) การตั้งสถานีวัดน้ำฝน

สถานที่ตั้งเครื่องมือวัดน้ำฝนต้องอยู่ในแนวระดับ พื้นดินรอบๆ ตองปลูกหญ้าปกคลุมสิ่ง กีดขวาง เช่น ต้นไม้ อาคาร ตึก หรือสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ อย่างน้อยที่สุดควรจะอยู่ห่างจาก เครื่องวัด 2 เท่าของความสูงของสิ่งกีดขวางนั้น หรือไม่มีสิ่งกีดขวางตามมุมเงย 30 องศา จากเครื่องวัดน้ำฝนนอกจากนี้ ฐานรองรับอาจหล่อด้วยซีเมนต์ ทำเป็น โครงรับให้พอดีกับเครื่องวัดปากของเครื่องวัดต้องตั้งให้ได้ระดับนอนจริงๆ ไมเอนเอียง ในประเทศที่มีตึกรามบ้านช่องหนาแน่น เช่น ยุโรปและสหรัฐอเมริกา อาจนำเครื่องวัด ไปติดตั้งบนหลังคาหรือดาดฟ้าของอาคารได้ แต่ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จะผิดไปจากปริมาณน้ำฝนที่พื้นดินประมาณ 5-10% (วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ, 2555c)

จำนวนของเครื่องวัดน้ำฝนที่ใช้หาความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่พิจารณา ขึ้นอยู่กับ (1) ขนาดของพื้นที่ (2) ชนิดของพายุที่เกิด (3) รูปแบบของน้ำจากอากาศ (4) ลักษณะภูมิประเทศ (5) วัตถุประสงค์ (6) ฤดูกาล ในพื้นที่ที่มี Cyclonic Precipitation เกิดขึ้น บ่อย ๆ โดยทั่วไปน้ำฝนจะมี

ความแรง (Intensity) ต่ำ และแผ่กระจายไปเป็นบริเวณกว้าง การกระจายของเครื่องวัดไม่จำเป็นต้องหนาแน่นมาก แต่ในพื้นที่ที่มี Convective Precipitation เกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะทั่วไปมีพายุฝนฟ้าคะนอง ความแรงของฝนสูง และมีการแผ่ กระจายของน้ำฝนไมสม่ำเสมอ การกระจายของเครื่องวัดต้องมีความหนาแน่น คือ มีจำนวน เครื่องวัดมากและกระจัดกระจายทั่วทั้งพื้นที่ ในพื้นที่ที่เป็นภูเขามี Orographic Precipitation เกิดเป็นส่วนใหญ่ จึงจำเป็นต้องมีสถานีวัดน้ำฝนมากกว่าในพื้นที่ราบ วัตถุประสงค์ก็เป็นตัวการหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดจำนวนเครื่องวัด เช่น ในพื้นที่ลุม น้ำต้องการศึกษาลักษณะของพายุลูกต่อลูก ต่องติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนมากกว่าในพื้นที่ที่ศึกษา เกี่ยวกับ Water Yield ประจำปีหรือประจำฤดูกาล องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ได้ให้คำแนะนำในการจัดเครือข่ายสถานีวัดน้ำฝนไว ดังนี้

(1) ในพื้นที่ค่อนข้างเรียบแถบเมดิเตอร์เรเนียนหรือแถบโซนร้อน ความหนาแน่นของ สถานีวัดน้ำฝนประมาณ 600-900 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี

(2) ในพื้นที่หุบเขาแถบเมดิเตอร์เรเนียนหรือแถบโซนร้อน ความหนาแน่นของสถานีวัด น้ำฝนประมาณ 100-250 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี

(3) ในพื้นที่บริเวณเกาะเล็กๆ และเต็มไปด้วยภูเขา มีสภาพฝนตกไม่สม่ำเสมอและไม่แน่นอน ความหนาแน่นของสถานี

(4) สำหรับบริเวณที่ค่อนข้างแห้งแล้งและแถบขั้วโลก ความหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนประมาณ 1,500-10,000 ตารางกิโลเมตรต่อสถานี

แต่ทั้งนี้ในการกำหนดเครือข่ายวามหนาแน่นของสถานีวัดน้ำฝนในแต่ละพื้นที่นั้น จะต้องใช้ข้อมูล ดังต่อไปนี้ ประกอบการพิจารณา คือ งบประมาณ วัตถุประสงค์ของการ ศึกษาวิจัย ความคล้ายคลึงและแตกต่างของสภาพดินฟ้า อากาศ สภาพธรรมชาติของพื้นที่ที่ เกี่ยวข้อง

2.4.6) ความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่ (Average Areal Rainfall) โดยวิธีของธีเอสเสน (Thiessen Polygon Method)

วิธีของธีเอสเสนเป็นการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (polygon) ขึ้น โดยถือว่าปริมาณน้ำฝนใน พื้นที่หลายเหลี่ยมนั้นมีค่าสม่ำเสมอเท่ากับสถานีวัดที่ตั้งในรูปหลายเหลี่ยมนั้น แล้วจึงหาพื้นที่ที่ แต่ละสถานีครอบคลุมเพื่อทำการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบมีค่าถ่วงน้ำหนักต่อไป (วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ, 2555d)

$$\overline{P} = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot P_i \quad \text{โดยที่} \quad w_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^{n} A_i}$$

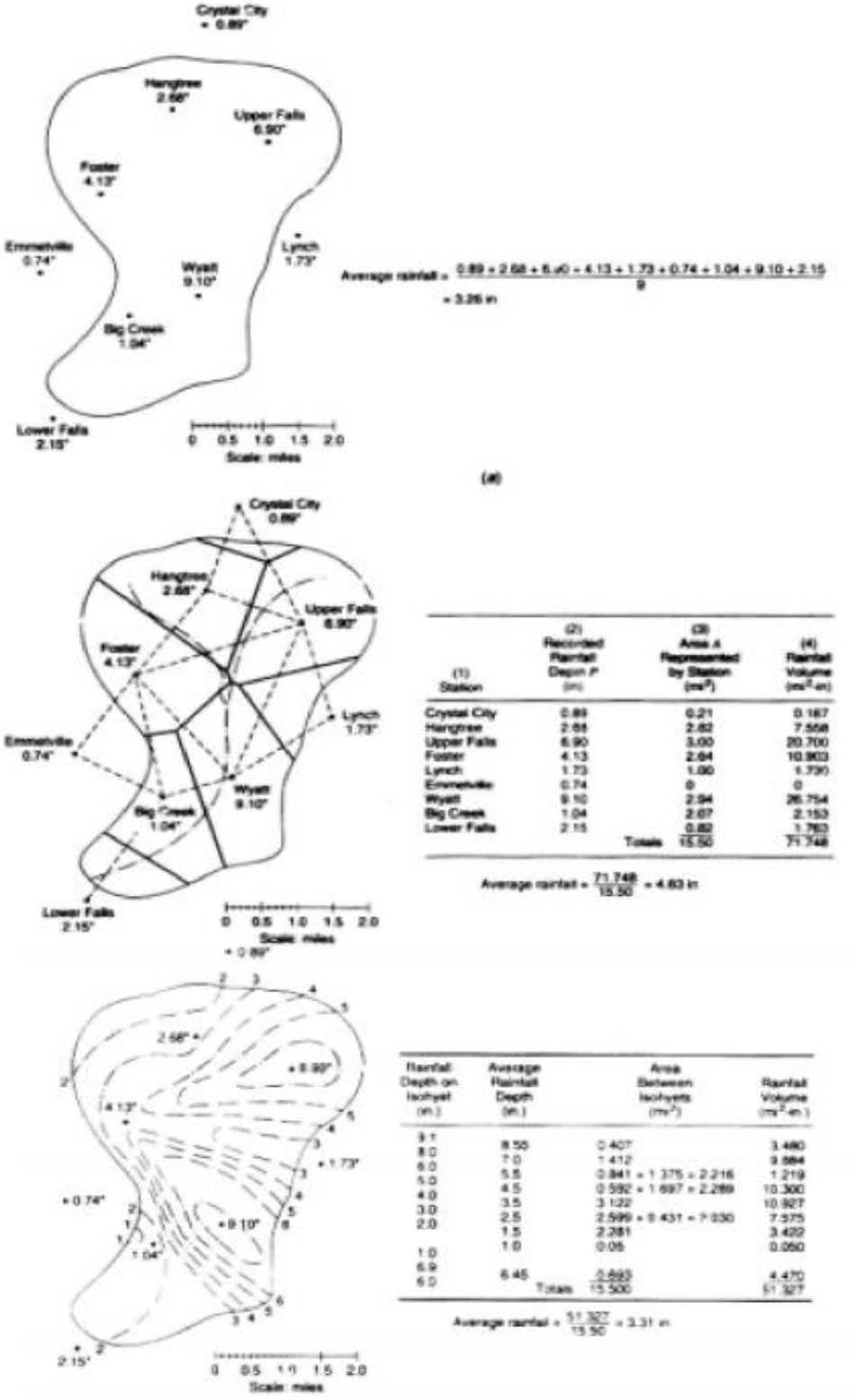
ขั้นตอนการสร้างรูปหลายเหลี่ยมของธีเอสเสน มีดังนี้ (ดูรูปที่ 2.12 ประกอบ)

- ให้ลงตำแหน่งของสถานีวัดน้ำฝนบนแผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณา สถานีทั้งที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียง

- ทำการสร้างรูปสามเหลี่ยม โดยลากเส้นเชื่อมโยงแต่ละสถานีเข้าด้วยกัน ในขั้นตอนนี้ อาจมีแนวทางให้ลากเส้นได้หลายแนวให้เลือกแนวที่จะได้เส้นสั้นที่สุด

- ทำการแบ่งครึ่งด้านของสามเหลี่ยม ลากเส้นตั้งฉากจากแต่ละด้าน ในกรณีที่แต่ละ ด้านของสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นมีความยาวใกล้เคียงกัน จุดตัดของเส้นตั้งฉากทั้งสามเส้นจะอยู่ บริเวณกึ่งกลางของรูปสามเหลี่ยม หากสามเหลี่ยมมีด้านใดด้านหนึ่งยาวมากจุดตัดมักจะออกไปอยู่นอกรูปสามเหลี่ยม

- เมื่อทำการลากเส้นตั้งฉากครบทั้งหมดเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างสถานีจะไม่นำมา พิจารณา เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วน ของเส้นตั้งฉากจะเห็นเป็นรูปหลายเหลี่ยมล้อมตำแหนง สถานีแต่ละสถานี



รูปที่ 2.12 การหาความลึกเฉลี่ยของน้ำฝนทั้งพื้นที่

(ที่มา: เอกสารประกอบการเรียนอุทกวิทยาทางวิศวกรรม)

2.4.7) การประมาณค่าทางอุตุนิยมวิทยา

วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Inverse Distance Weighted (IDW) เป็นการประมาณค่าโดยทำการสุ่มจุดตัวอย่างแต่ละจุดจากตำแหน่งที่สามารถส่งผลกระทบไปยังเซลล์ที่ต้องประมาณค่าได้ ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยลงเรื่อย ๆ ตามระยะทางที่ไกลออกไป เหมาะกับตัวแปรที่อ้างอิงกับระยะทางในการคำนวณ ยิ่งใกล้ยิ่งมีอิทธิพลมาก เช่น ความดังของเสียง ความเข้มข้นของสารเคมี

วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Natural Neighbors หลักการของ Natural Neighbors คือ การสร้าง subset ที่อยู่ใกล้จุดตัวอย่างมากที่สุด จากนั้นจะทำการแทรกค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดของพื้นที่ของข้อมูลจุดตัวอย่าง ในเบื้องต้นจะทำการสร้างโพลิกอนรอบล้อมจุดตัวอย่าง เรียกว่า Voronoi (Thiessen) polygon จากนั้นจะมีการสร้าง Voronoi ขึ้นใหม่รอบจุดที่ต้องการแทรกค่า โดยขนาดพื้นที่ของ Voronoi ที่สร้างใหม่นี้จะนำไปใช้คำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก

วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ (Spline) เป็นวิธีการแทรกค่าให้พอดีกับพื้นผิวที่มีความโค้งเว้าอย่างน้อยตามจุดข้อมูลตัวอย่างที่นำเข้ามา เหมือนการบิดงอของแผ่นยางผ่านจุดตัวอย่าง โดยพยายามให้อย่างน้อยความโค้งทั้งหมดเข้าหาจุดตัวอย่างเหล่านั้นมาเป็นพื้นผิว วิธี Spline เป็นการนำสมการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคำนวณเหมาะกับพื้นผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป เช่น ความสูง และความลึกของพื้นน้ำ เป็นต้น มี 2 วิธี คือ REGULARIZED และ TENSION

Regularized spline เป็นเทคนิคที่ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความเรียบ และค่าของข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงแบบค่อยเป็นค่อยไปมากขึ้น โดยการกำหนดค่าน้ำหนักที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0-0.5

Tension spline เป็นเทคนิคที่มีการควบคุมความแข็งกระด้างของพื้นผิว ให้เป็นไปตามลักษณะของปรากฏการณ์ โดยผลลัพธ์ที่ได้มีความเรียบน้อย กว่าแบบ Regularize

วิธีการประมาณค่าในช่วงรูปแบบ Kriging เป็นวิธีการประมาณค่าช่วงขั้นสูง โดยการใช้กระบวนการทางสถิติและสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ วิธีการนี้จะทำการเลือกสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับจุดตัวอย่างที่เลือกไว้ ภายในรัศมีที่กำหนดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในแต่ละพื้นที่ออกมา การใช้ Kriging ควรต้องรู้ระยะทางที่สัมพันธ์ทางพื้นที่หรือทิศทางเอนเอียงในข้อมูล Kriging แตกต่างจากการประมาณค่าช่วงด้วยวิธีอื่น เช่น IDW หรือ Spline เนื่องจากทั้ง 2 วิธีนี้เป็นการประมาณค่าโดยรอบจุดตัวอย่างโดยตรง หรือใช้สมการทางคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความเรียบ แต่วิธีKriging จะทำการประมาณค่าโดยใช้แบบจำลองทางสถิติ เช่น ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ดังนั้น เมื่อใช้ Kriging จะได้ผลลัพธ์ที่มาจากการวิเคราะห์ที่แน่นอนและมีความถูกต้องสูง

2.4.8) วิธีการหาค่าการระเหยโดยวิธีของ Penman

วิธีของ Penman ได้มีการพัฒนาปรับปรุงมาตลอดนับแต่ปี 1948 จนถึงปัจจุบัน จากวิธีดั้งเดิมที่ใช้สำหรับหาค่าการระเหยจากผิวน้ำไปสู่ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration) ถึงกระนั้นในภาพรวม ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณมิได้เปลี่ยนแปลงมาก นักโดยประกอบด้วย 2 สวนหลัก คือ

1. สมดุลพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ (radiation balance)
2. องค์ประกอบในด้านของการไหลเวียนของมวลอากาศ (aerodynamic term)

ซึ่งการพิจารณาองค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้เป็นที่มาของการเรียกวิธีของ Penman วาเป็นวิธีผสม (combination method) องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้คูณอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนัก (weighted factor) ไดแก $\Delta/(\Delta+\gamma)$ และ $\gamma/(\Delta+\gamma)$ ตามลำดับ โดยที่ Δ นั้นเป็นค่า slope ของกราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับแรงดันไอน้ำอิ่มตัว และ γ เป็นค่าคงที่ของเครื่องวัด ความชื้น (psychrometerconstant)

วิธี FAO modified Penman (Doorenbos & Pruitt, 1977) หรือ Modified Penman ไม่ได้พิจารณาค่าความร้อนในดิน (soil heat flux, G) ในสมการและมีวิธีการคำนวณเทอมของ ลม (wind function, f(u)) และความดันไอน้ำที่ขาด (vapor pressure deficit, (es -ea)) ต่างไป จากวิธีดั้งเดิม นอกจากนั้น จะมีการปรับเพื่อหาค่าการใช้น้ำของพืช อ้างอิงด้วยค่าสัมประสิทธิ์ c ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่วัดยิ่งขึ้น

สวนวิธี FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998) เป็นการปรับปรุงวิธีหาการใช้น้ำ ของพืชอ้างอิงจาก Modified Penman เพื่อให้การคำนวณมีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ยิ่งขึ้น โดยได้ใช้สมการของ Penman- Monteith ที่มีการพิจารณา ค่าความต้านพื้นผิว (surface roughness, rs) และ ปัจจุบัน FAO ได้แนะนำให้ใช้วิธีนี้ สำหรับการหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

2.5) การส่งน้ำและการระบายน้ำชลประทาน

2.5.1) การส่งน้ำชลประทาน

หมายถึง การนำน้ำจากแหล่งน้ำเข้าระบบส่งน้ำเพื่อเข้าพื้นที่เพาะปลูกเพียงพอกับความต้องการน้ำของพืชขนาดพื้นที่เพาะปลูกเวลาการให้น้ำ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2546)

1) ชนิดของระบบส่งน้ำระบบส่งน้ำแบบทางน้ำเปิด หรือ คลองส่งน้ำ

คลองส่งน้ำสายใหญ่ (Main Canal)

- คลองสายแรกที่สร้างขึ้น รับน้ำจากแหล่งน้ำไปให้พื้นที่เพาะปลูก
- ปกติ ประกอบด้วย คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย และ คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งขวา

คลองส่งน้ำสายซอย (Lateral)

- สร้างแยกจากคลองสายใหญ่
- แนวคลองอยู่บนที่สูงกว่าเพื่อให้น้ำไหลโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก
- การจ่ายน้ำ โดยผ่านท่อส่งน้ำเข้านา (FTO)

คลองส่งน้ำสายแยกซอย (Sub-Lateral)

- แยกจากคลองซอย เพื่อไม่ให้คลองซอยยาวเกินไป
- แจกจ่ายน้ำทั่วถึงยิ่งขึ้น

คูส่งน้ำ (Farm Ditch)

- ทางน้ำเปิดขนาดเล็ก รับน้ำจาก FTO ส่งพื้นที่เพาะปลูก
- ควบคุมการจ่ายน้ำมีประสิทธิภาพ

2) คุณสมบัติของคลองส่งน้ำ

- คลองมีขนาดโตพอที่จะส่งน้ำได้ตามความต้องการ
- ระดับน้ำในคลองต้องสูงพอ
- ไม่มีการตื้นเขินหรือกัดเซาะในคลอง
- คลองส่งน้ำจะต้องไม่รั่วมาก
- ระบบส่งน้ำแบบทางน้ำปิด หรือ ระบบท่อ
- อาศัยแรงดันที่จุดส่งน้ำเช่นเดียวกับระบบประปา
- ท่อส่งฝังในพื้นดิน มีท่อโผล่ขึ้นบริเวณหัวแปลงเพาะปลูก
- ไม่มีการสูญเสียน้ำ

2) ระบบปิด เป็นระบบส่งน้ำภายใต้แรงดัน ซึ่งเหมาะกับโครงการที่มีระบบส่งน้ำสายหลักเป็น ระบบท่อส่งน้ำมี 2 ลักษณะ คือ

- ท่อ HDPE ใช้สาร Polyethylene ที่มีความหนาแน่นสูง มีคุณสมบัติของท่อโค้งงอได้และปรับเข้ากับสภาพภูมิประเทศได้ดี มีอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบตั้งแต่ขนาด 30, 60, 90 และ 120 ลิตร/วินาที

- ท่อ PVC ใช้สาร Polyvinyl Chloride ในการผลิตท่อ อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบมีขนาด 30, 60,90 และ 120 ลิตร/วินาที

2.5.2) การระบายน้ำชลประทาน

หมายถึง การจัดการน้ำส่วนเกินที่ไม่ต้องการออกจากพื้นที่เพื่อให้พื้นที่นั้นมีสภาพที่เหมาะต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2546)

การระบายน้ำจากพื้นที่ชลประทานพิจารณา

- น้ำฝน : ถ้าพื้นที่เรียบ ลาดชัน ไม่มีปัญหา
- น้ำชลประทาน : เหลือจากน้ำที่ให้พืช หรือ รั่วซึมจากคลอง
- น้ำใต้ดิน : มาจากน้ำชลประทานผลของการมีน้ำมากเกินไป
- การมีน้ำแทรกระหว่างเมล็ดดิน ทำให้พืชขาดอากาศ
- การมีน้ำใต้ดินสูงเกินไปจะท้าให้รากพืชถูกจำกัดพื้นที่หาอาหารได้น้อยและอาจทำให้พืชขาดน้ำ เมื่อระดับน้ำใต้ดินลดลง
- หากมีเกลือสะสมในน้ำจะทำให้เกลือสะสมบริเวณรากพืชและผิวดินเป็นปริมาณมากด้วย
- โครงสร้างดินเสียไป
- ดินที่เปียกมากจะทำให้การเก็บเกี่ยวยากและเครื่องจักรกลเกษตรทำงานยาก
- ดินมีอุณหภูมิต่ำกระทบกับระยะเวลาเพาะปลูก

1) ชนิดทางระบายน้ำชลประทาน

แบบคูระบายน้ำ (Open Ditch Drain)

- คูเปิดเหมือนคลองระบายน้ำ
- ปกติใช้ระบายน้ำผิวดินและรวมน้ำจากท่อระบายน้ำไปที่ทิ้งน้ำ
- ระบายน้ำได้เร็ว แต่เสียพื้นที่มาก

- ต้องมีการกำจัดวัชพืช ขุดลอก และซ่อมตลิ่ง

แบบรูตุ่น (Mole Drain)

- ทำขึ้นโดยลากโลหะคล้ายลูกปืนไปในดิน สำหรับระบายน้ำใต้ดิน
- อายุการใช้งานสั้น แบบชั่วคราว ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของดิน ความชื้น ความถี่ของน้ำฝนฯลฯ

แบบท่อระบายน้ำ (Tile Drain)

- ฝังท่อดินเผา หรือ ท่อคอนกรีตเป็นแนวใต้ดิน โดยน้ำระบายเข้าท่อบริเวณรอยต่อหรือรูเจาะ
- ไม่เสียพื้นที่เพาะปลูก ไม่กีดขวางเครื่องจักร
- ลงทุนสูง อาจมีการอุดตันจากรากพืช หรือการตกตะกอน

แบบบ่อระบายน้ำ (Well Drain)

- บ่อแบบตื้น : ระดับน้ำในบ่อเท่ากับน้ำใต้ดิน
- บ่อบาดาล : น้ำที่ไหลเข้าบ่อมาจากชั้นกรวดหรือทรายระหว่างชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก

2.6) ดินสำหรับการชลประทาน

1) ความหมายของดิน

หมายถึง วัตถุที่เป็นส่วนประกอบของสารซึ่งเกิดจากการสลายตัวและผุกร่อนของหิน อินทรียวัตถุ น้ำ และก๊าซ ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องยึดเหนี่ยวของลำต้น และเป็นคลังเก็บอาหาร และน้ำไว้ให้เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตคุณสมบัติของดินที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช

1) สามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ปริมาณน้ำที่เก็บไว้ได้จะต้องไม่น้อยเกินไป จนต้องให้น้ำบ่อย ๆ
2) มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี
3) มีแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่มากพอ
4) ความเข้มข้นของสารเคมีหรือเกลือในดินจะต้องไม่มากจนเป็นอันตรายต่อพืช

2) ชนิดของดิน

1) ดินทราย (Sands) ประกอบด้วยทรายมากกว่า 85 %ดังนั้นจะมีลักษณะร่วน เมล็ดดินไม่เกาะกันแต่ละเมล็ดสามารถมองเห็นและสัมผัสได้ เมื่อกำให้แน่นในมือขณะที่ดินแห้งแล้วคลายมือออกจะแตกร่วน ถ้ากำในขณะที่เปียกชื้นจะเป็นก้อนแต่แตกออกได้ง่ายเมื่อใช้นิ้วแตะเบาๆ

2) ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) เป็นดินที่ประกอบด้วยทรายมากกว่า 50 % แต่ก็มีตะกอนทรายและอนุภาคดินเหนียว มากพอที่จะประสานให้เกาะกันเป็นก้อนได้ ทรายแต่ละเมล็ดสามารถมองเห็นและสัมผัสได้ เมื่อกำให้แน่นในมือ ขณะที่ดินแห้งจะเป็นก้อนแต่แตกออกจากกันได้ง่าย ถ้ากำในขณะที่เปียกชื้นจะเป็นก้อนและไม่แตกเมื่อใช้นิ้วแตะเบาๆ

3) ดินร่วน (Loam) เป็นดินซึ่งมีส่วนประกอบของทราย ตะกอนทรายและอนุภาคดินเหนียวมากเกือบพอ ๆ กัน เปอร์เซนอนุภาคดินเหนียวต่ำกว่าทราย และตะกอนทรายเล็กน้อย มีลักษณะอ่อนนุ่มเมื่อจับ เมื่อเปียกจะเหนียวเล็กน้อย ถ้ากำให้แน่นในมือ ขณะที่ดินแห้งจะเป็นก้อนและไม่แตกออกจากกันเมื่อใช้นิ้วกดเบา ๆ ถ้ากำในขณะที่เปียกชื้นจะเป็นก้อนแข็ง

4) ดินร่วนปนตะกอนทราย (Silt Loam)เป็นดินที่ประกอบด้วยตะกอนทรายมากกว่า 50 % ที่เหลือส่วนใหญ่เป็นทรายละเอียด ดินชนิดนี้เมื่อแห้งจะจับกันเป็นก้อน แต่ทำให้แตกออกจากกันได้ง่าย ถ้าบี้ให้ละเอียดด้วยนิ้วจะรู้สึกรื่นเหมือนแป้ง เมื่อเปียกจะมีลักษณะเป็นโคลนและไหลไปรวมกันได้ง่าย

5) ดินเหนียว (Clay) เป็นดินเนื้อละเอียดซึ่งจะจับตัวเป็นก้อนแข็งเมื่อแห้ง เหนียว สามารถปั้นเป็นรูปต่าง ๆ ได้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1) อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) Software โปรแกรม ArcGIS

2) Software โปรแกรม Google Earth

3) เครื่องจับพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS)

4) คอมพิวเตอร์ (Computer)

3.2) ข้อมูลพื้นฐาน

1) แผนที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน มาตราส่วน 1:50000 แสดงสภาพทั่วไปของโครงการ ได้แก่

1.1) ขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

1.2) ขอบเขตจังหวัด อำเภอ ตำบล

1.3) คลองส่งน้ำชลประทาน คลองระบายน้ำชลประทาน และคลองส่งและระบายน้ำชลประทาน

1.4) ถนน ทางรถไฟ

1.5) อื่น ๆ ที่ต้องการนำเสนอในรูปของแผนที่

2) ข้อมูลเกี่ยวกับแผนที่ที่จัดเตรียมไว้ และข้อมูลโครงการฯ ได้แก่

2.1) สถานีวัดน้ำฝน พร้อมปริมาณน้ำฝนรายเดือน และรายปีย้อนหลัง (ม.ม.)

2.2) ลักษณะของคลองส่งน้ำชลประทาน คลองระบายน้ำชลประทาน และคลองส่งและระบายน้ำชลประทาน

2.3) ชื่อ ความยาว จำนวนถนนบนคันคลอง ปริมาณน้ำสูงสุดที่ผ่านคลองส่งและคลองระบาย รวมทั้ง จำนวน อาคารอัดน้ำ ท่อส่งน้ำเข้านา และบัญชีอาคารคลอง

2.4) ข้อมูลของพืชที่ปลูกในโครงการ แบ่งตามชนิดพืช

2.5) ข้อมูลของตำบล อำเภอ และจังหวัดในโครงการ

2.6) ข้อมูลปริมาณน้ำและระดับน้ำในโครงการ

2.7) ขอบเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของโครงการ

3.3) วิธีการและขั้นตอนการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.3.1) รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ เช่น

- แผนที่โครงการ 1:50000 ที่มา โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน
- ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน จำนวนทั้งสิ้น 21 ปี (2538-2559) รวม 11 สถานี ได้แก่ พนมทวน , ท่ามะกา, บางเลน, กำแพงแสน, ดอนตูม, เมืองนครปฐม, ไทรน้อย, อู่ทอง, บางปลาม้า, สองพี่น้อง และลาดบัวหลวง
- ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land use) ใช้ข้อมูลปี 2552 ที่มา กรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department)
- แผนที่ระดับดินเดิม (DEM) 300x300 เมตร ที่ความสูง 1 เมตรและเป็นไฟล์ Raster

ข้อมูลเกี่ยวกับอาคารชลประทานต่างๆในโครงการ

คลองสายหลัก ได้แก่

- คลองส่งน้ำ 2L เลขที่แบบ MK.3009 เริ่มที่ กม. 30+175 - 73+700, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำ 7R- 2L เลขที่แบบ MK.3384 ก2 เริ่มที่ กม. 0+000 - 9+494.974, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำ 8L- 2L เลขที่แบบ MK.3508 เริ่มที่ กม. 0+020 - 25+369.985, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำ 9L- 2L เลขที่แบบ MK.3390 เริ่มที่ กม. 0+000 – บ่อพักน้ำ, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำ 10L- 2L เลขที่แบบ MK.3679ก1 เริ่มที่ กม. 0+000 – 5+654, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำ11L- 2L เลขที่แบบ MK.3619ก1 เริ่มที่ กม. 0+000 – 17+303.733, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 12ซ้าย-ท่าสาร-บางปลา เลขที่แบบ MK.3822 เริ่มที่ กม. 0+000 – 22+700 , slope 1:20000

- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 13ซ้าย-ท่าสาร-บางปลา เลขที่แบบ MK.3882 ก2 เริ่มที่ กม. 0+000 – 4+880, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 14ซ้าย-ท่าสาร-บางปลา เลขที่แบบ MK.3884 ก1เริ่มที่ กม. 0+000 – 6+380, slope 1:10000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 1ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK.3808 เริ่มที่ กม. 0+000 6+310 , slope 1:20000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 2ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK.3817 ก3 เริ่มที่ กม. 0+000 – 7+750, slope 1:20000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 3ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK.3808 เริ่มที่ กม. 0+000- 10+050 , slope 1:20000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 4ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK.3860 ก1 เริ่มที่ กม. 0+000 – 8+412 , slope 1:10000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 5ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK.3865 ก2 เริ่มที่ กม. 0+000 – 7+432 , slope 1:20000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 6ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK3852ก.2 เริ่มที่ กม. 0+000 – 8+170 , slope 1:10000
- คลองส่งน้ำและระบายน้ำ 7ขวา-นครชัยศรี เลขที่แบบ MK.3852 ก.2 เริ่มที่ กม. 0+000 – 3+600 , slope 1:20000
- คลองระบายน้ำ 6เอขวา-สองพี่น้อง เลขที่แบบ MK.71953 ก1 เริ่มที่ กม. 0+000 – 12+282 , slope 1:10000
- คลองระบายน้ำ 7ขวา-สองพี่น้อง เลขที่แบบ MK.71976 เริ่มที่ กม. 0+000 – 17+165 , slope 1:10000
- คลองระบายน้ำ 6ขวา-สองพี่น้อง เลขที่แบบ MK.71922 เริ่มที่ กม. 0+000 – 24+446 , slope 1:10000

โดยมีหน้าตัดคลองส่งน้ำชลประทาน 2L ดังนี้

บัญชีคลองส่งน้ำ											
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน											
คลองส่งน้ำ 2L											
KM - KM	Q	B	D	A	V	R	n	S	Ss	HL	HB
30+175-31+500	74.189	8.00	4.30	62.135	1.194	2.641	0.016	1:10,000	1:1.5	4.95	5.65
31+500-32+410	74.189	8.00	4.30	62.135	1.194	2.641	0.016	1:10,000	1:1.5	4.95	5.65
32+410-33+194.3	67.782	7.00	4.30	57.835	1.172	2.568	0.016	1;10,000	1:1.5	4.90	5.60
33+194.3-35+000	67.782	7.00	4.30	57.835	1.172	2.568	0.016	1;10,000	1:1.5	4.90	5.60
35+000-37+400	64.685	7.00	4.20	55.860	1.158	2.521	0.016	1;10,000	1:1.5	4.80	5.50
37+400-38+100	64.685	7.00	4.20	55.860	1.158	2.521	0.016	1;10,000	1:1.5	4.80	5.50
38+100-38+500	64.685	7.00	4.20	55.860	1.158	2.521	0.016	1;10,000	1:1.5	4.80	5.50
38+500-39+100	64.685	7.00	4.20	55.860	1.16	2.521	0.016	1;10,000	1:1.5	4.80	5.50
39+100-40+403.932	61.624	7.00	4.10	53.915	1.14	2.473	0.016	1;10,000	1:1.5	4.70	5.40
40+403.932-40+900	61.624	7.00	4.10	53.915	1.14	2.473	0.016	1:10,000	1:1.5	4.70	5.40
40+900-41+100	61.624	7.00	4.10	53.915	1.14	2.473	0.016	1:10,000	1:1.5	4.70	5.40
41+100-42+000	61.624	7.00	4.10	53.915	1.14	2.473	0.016	1:10,000	1:1.5	4.70	5.40

หมายเหตุ ส่วนหน้าตัดคลองอื่นๆจะแสดงในภาคผนวก

จำนวนอาคารบังคับน้ำในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนโดย คลองส่งน้ำมีท่อส่งน้ำเข้านามากที่สุดเป็นจำนวน 343 ท่อ คลองระบายน้ำชลประทานมีท่อลอดถนนมากที่สุดเป็นจำนวน 79 ท่อ และคลองส่งและระบายน้ำชลประทานมีท่อรับน้ำมากที่สุดเป็นจำนวน 204 ท่อ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลอาคารชลประทานในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

ชนิดคลอง	**ชนิดอาคาร**	**จำนวน (อาคาร)**
คลองส่งน้ำชลประทาน	ทรบ.ปากคลอง	20
	ทรบ.ปลายคลอง	15
	ทรบ.กลางคลอง	3
	ปตร.กลางคลอง	5
	ท่อรับน้ำ	21
	ท่อลอดถนน	87
	สะพานคอนกรีต	84
	อาคารทดน้ำ	24
	อาคารทิ้งน้ำ	17
	ท่อส่งน้ำเข้านา	343
	ท่อลอดคลองส่งน้ำ	49
	ปากคลองส่งน้ำ	8
คลองระบายน้ำชลประทาน	ท่อลอดถนน	79
	ท่อรับน้ำ	24
	สะพานคอนกรีต	43
คลองส่งและระบายน้ำชลประทาน	ทรบ.ปากคลอง	11
	ทรบ.กลางคลอง	43
	ท่อรับน้ำ	204
	สะพานคอนกรีต	57
	ท่อลอดถนน	19
	สถานีสูบน้ำ	1
	หินเรียงป้องกันตลิ่ง	15
	ปตร.บางน้อย	1

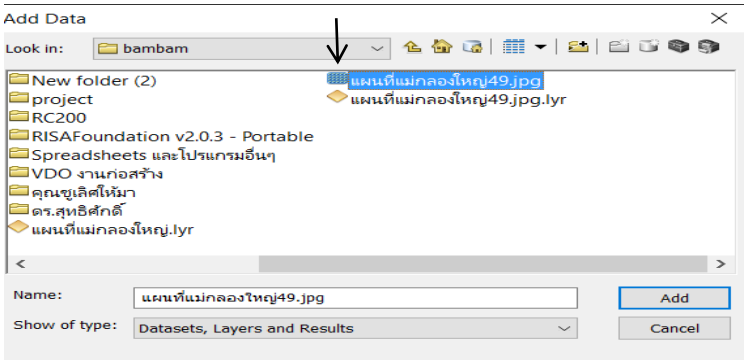
3.3.2) การนำเข้าข้อมูล

ขั้นตอนการสร้างและแก้ไขข้อมูล (Digitize)

1) การนำเข้าชั้นข้อมูล (Add data)

การนำเข้าข้อมูลสามารถนำเข้าได้ทั้งข้อมูลประเภทจุด เส้น รูปปิด ภาพถ่ายทางดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลตาราง เป็นต้น สามารถนำเข้าข้อมูลได้ดังนี้

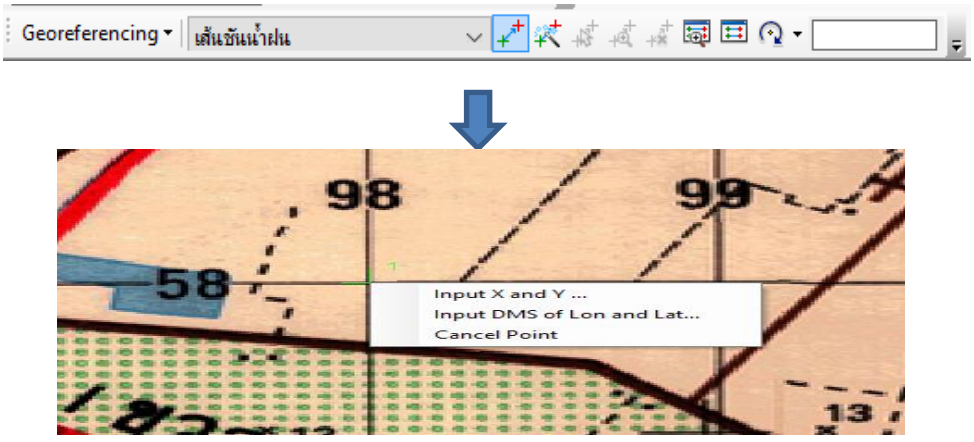
- คลิกปุ่ม Add Data บนแถบเครื่องมือจะปรากฏหน้าต่าง Add Data เลือกข้อมูลที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการนำเข้าชั้นข้อมูล

2) การใส่พิกัด เปิดโปรแกรม Google Earth เพื่อนำพิกัดมาใส่ในโปรแกรม

- คลิก Add Control Points > คลิกซ้ายตามด้วยคลิกขวา ดังรูปที่ 3.2



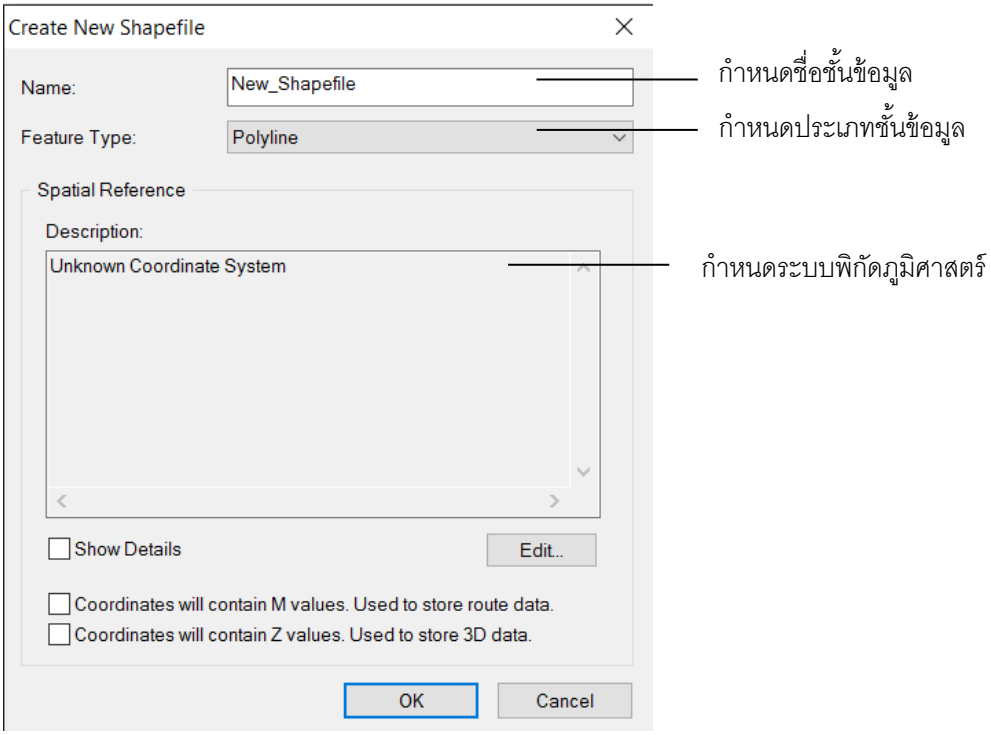
รูปที่ 3.2 แสดงการใส่พิกัด x,y data

- คลิก Input X and Y > ใส่พิกัด X และ Y > OK โดยปักหมุดพิกัดอย่างน้อย 4 จุด

3) การสร้างข้อมูลประเภท Shapefile

การสร้างข้อมูลประเภทจุด เส้น และรูปปิดเป็นระบบพิกัดภูมิศาสตร์ WGS 1984 UTM Zone 47N

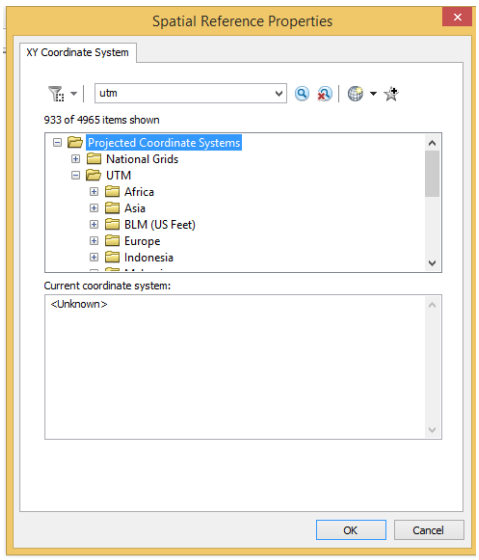
- เปิดโปรแกรม ArcCatalog หรือหน้าต่าง Catalog Window คลิกขวาบนโฟลเดอร์ที่ต้องการสร้าง Shapefile เลือก New > Shapefile
- ปรากฏหน้าต่าง Creat New Shapefile สร้างชั้นข้อมูลคลองเป็น Polyline ให้กำหนดค่าต่างๆ ดังภาพ และคลิกปุ่ม Edit เพื่อกำหนดระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการสร้างข้อมูลประเภท Shapefile

จากการกำหนดประเภทชั้นข้อมูล (feature type) กำหนดเป็น polyline เนื่องจาก ต้องการสร้างข้อมูลชั้นคลองซึ่งมีลักษณะเป็นเส้น

- หน้าต่าง Spatial Reference Properties เลือกรูปแบบการกำหนดระบบพิกัดให้กับชั้นข้อมูล ดังรูปที่ 3.4



เลือกระบบพิกัดที่ต้องการ

รูปที่ 3.4 แสดงการใส่ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์

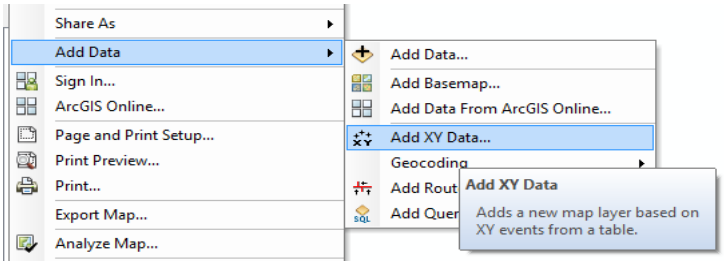
- เมื่อกำหนดค่าต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว คลิกปุ่ม OK สำหรับทุกๆหน้าต่าง

4) การสร้างข้อมูลเชิงเส้น

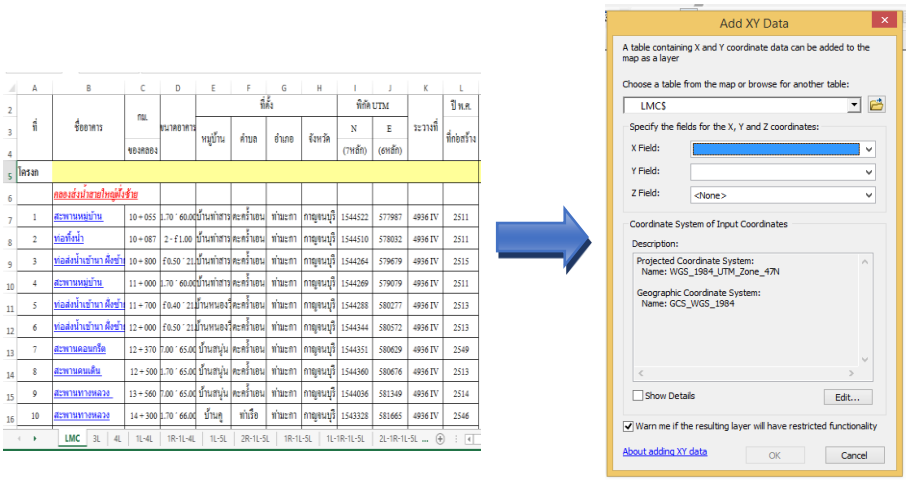
- คลิก Editor > Start Editing
- เลือก Shapefile ที่จะทำการ Digitize > OK > continued
- จะปรากฏหน้าต่าง Create Feature เลือก Line แล้วเริ่มทำการ Digitize

5) การสร้างข้อมูลเชิงจุด

- คลิก File > Add data > Add XY Data ดังรูป 3.5
- เลือกไฟล์Excel ที่มีพิกัด UTM แล้วนำมาเชื่อมโยงกันดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 แสดงการเข้า Add XY Data

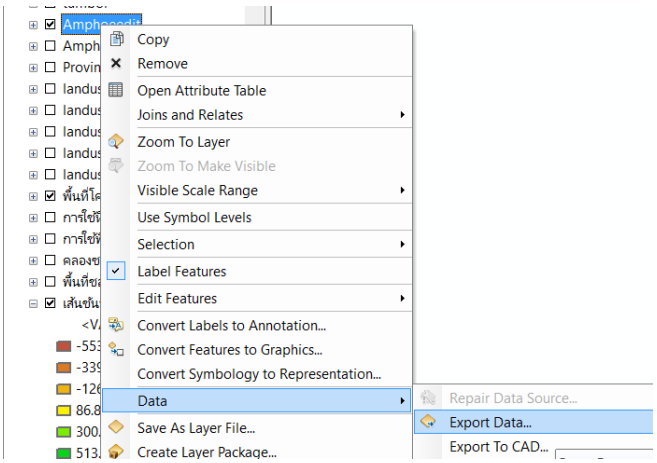


รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการเลือกไฟล์ที่มีพิกัด UTM

6) การส่งออกข้อมูลเป็นชั้นข้อมูลใหม่ (Export Data)

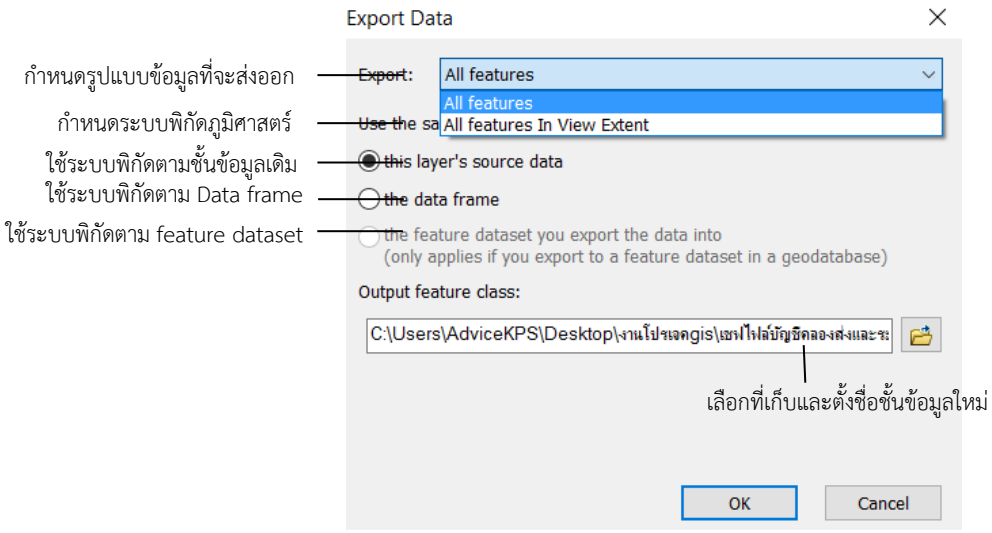
เป็นการสร้างชั้นข้อมูลใหม่จากข้อมูลที่ได้เลือกไว้หรือข้อมูลทั้งหมดไปเก็บในฐานข้อมูลรูปแบบ Shape file หรือ Geodatabase

- โดยคลิกขวาบนชั้นข้อมูลที่ต้องการสร้างเป็นชั้นข้อมูลใหม่เลือกคำสั่ง Data > Export Data
- เลือกอำเภอดังภาพ แล้วคลิกขวาบนชั้นข้อมูล AMPHOE_เลือกคำสั่ง Data > Export Data_ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการส่งออกข้อมูล

- ที่ Export: สามารถเลือกเป็นส่งออกข้อมูลทั้งหมด (All features) หรือส่งออกเฉพาะฟีเจอร์ที่เลือก (Selected features) หรือส่งออกข้อมูลทั้งหมดในขอบเขตที่แสดง (All features in view Extent) ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการ Export Data และกำหนดรูปแบบข้อมูลที่ต้องการส่งออก

3.3.3) การเชื่อมโยงข้อมูล

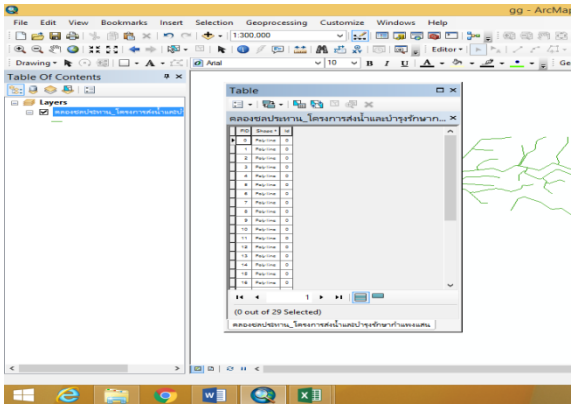
1) การ Join

การ Join เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลไฟล์ Excel เข้ากับ ตาราง Attribute Table โดยใช้หัวข้อเป็นการเชื่อมต่อ โดยมีวิธีการทำดังต่อไปนี้

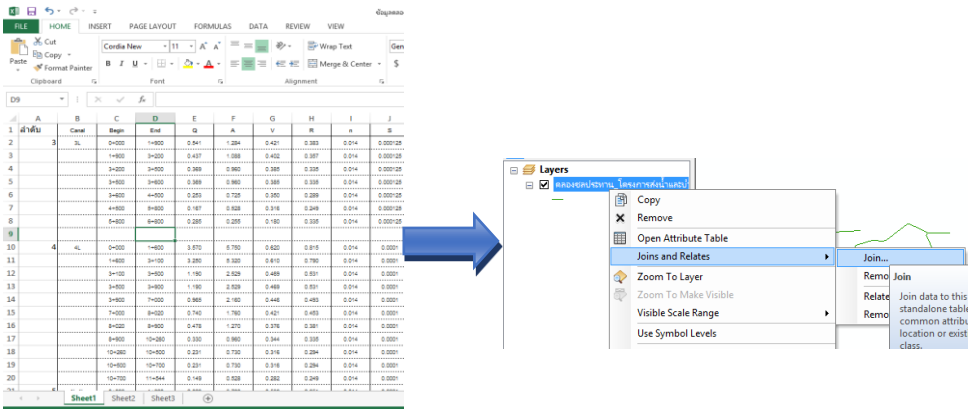
- นำเข้าข้อมูลที่ไม่มีข้อมูลในตาราง ซึ่งในรูปยกตัวอย่าง คลองชลประทาน ดังรูปที่ 3.9

- เปิดข้อมูล Excel โดยสร้างช่องลำดับเพื่อใช้เชื่อมโยงกับ ตาราง Attribute Table

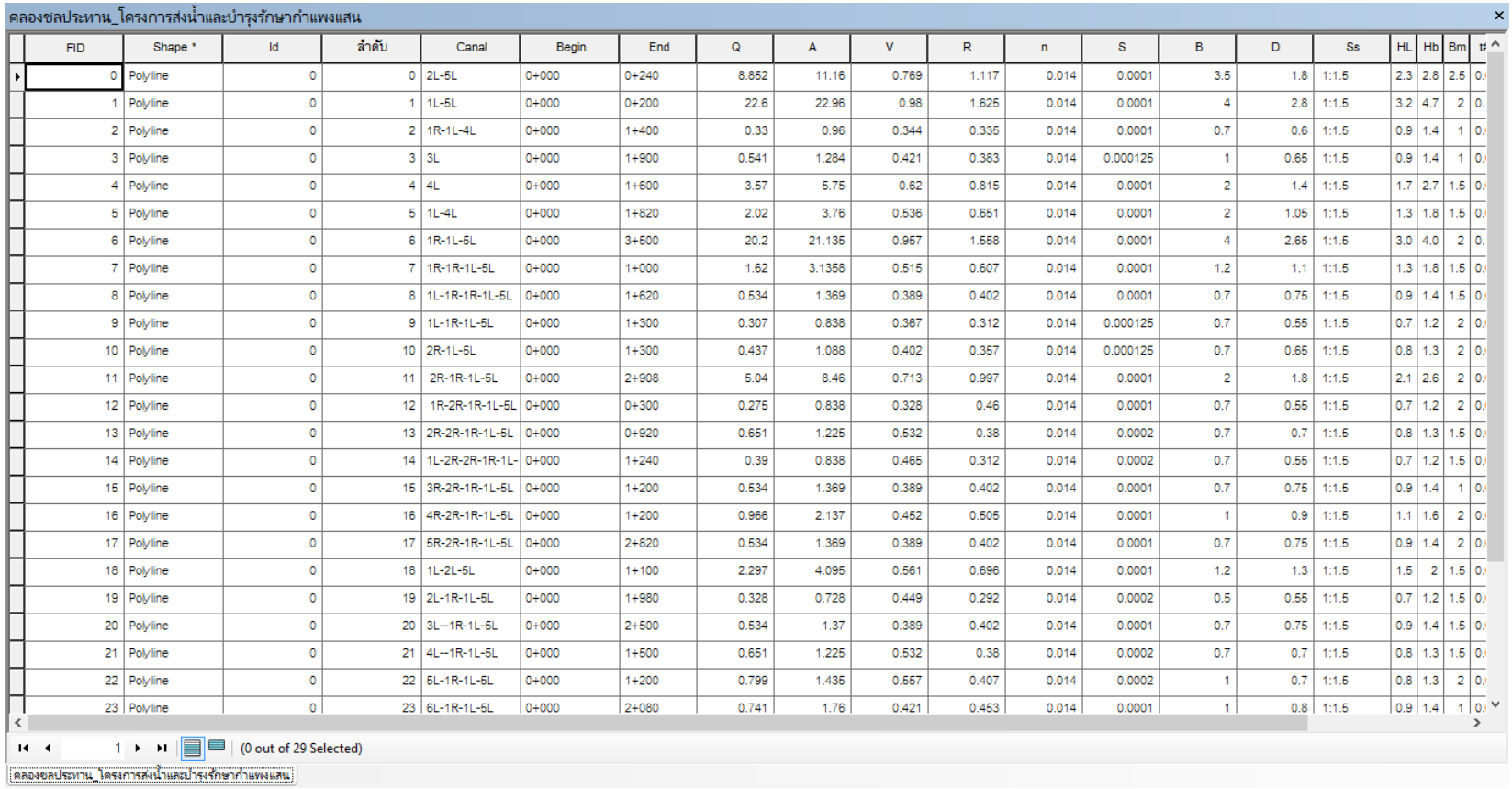
- คลิกขวาที่ไฟล์ > Join and Relates > Join... แล้วทำการเลือกไฟล์ Excel ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 แสดงการ Export Data และกำหนดรูปแบบข้อมูลที่ต้องการส่งออก



รูปที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการเชื่อมโยงข้อมูลโดยวิธีการ Join



FID	Shape *	Id	ลำดับ	Canal	Begin	End	Q	A	V	R	n	S	B	D	Ss	HL	Hb	Bm	t
0	Polyline	0	0	2L-5L	0+000	0+240	8.852	11.16	0.769	1.117	0.014	0.0001	3.5	1.8	1:1.5	2.3	2.8	2.5	0.
1	Polyline	0	1	1L-5L	0+000	0+200	22.6	22.96	0.98	1.625	0.014	0.0001	4	2.8	1:1.5	3.2	4.7	2	0.
2	Polyline	0	2	1R-1L-4L	0+000	1+400	0.33	0.96	0.344	0.335	0.014	0.0001	0.7	0.6	1:1.5	0.9	1.4	1	0.
3	Polyline	0	3	3L	0+000	1+900	0.541	1.284	0.421	0.383	0.014	0.000125	1	0.65	1:1.5	0.9	1.4	1	0.
4	Polyline	0	4	4L	0+000	1+600	3.57	5.75	0.62	0.815	0.014	0.0001	2	1.4	1:1.5	1.7	2.7	1.5	0.
5	Polyline	0	5	1L-4L	0+000	1+820	2.02	3.76	0.536	0.651	0.014	0.0001	2	1.05	1:1.5	1.3	1.8	1.5	0.
6	Polyline	0	6	1R-1L-5L	0+000	3+500	20.2	21.135	0.957	1.558	0.014	0.0001	4	2.65	1:1.5	3.0	4.0	2	0.
7	Polyline	0	7	1R-1R-1L-5L	0+000	1+000	1.62	3.1358	0.515	0.607	0.014	0.0001	1.2	1.1	1:1.5	1.3	1.8	1.5	0.
8	Polyline	0	8	1L-1R-1R-1L-5L	0+000	1+620	0.534	1.369	0.389	0.402	0.014	0.0001	0.7	0.75	1:1.5	0.9	1.4	1.5	0.
9	Polyline	0	9	1L-1R-1L-5L	0+000	1+300	0.307	0.838	0.367	0.312	0.014	0.000125	0.7	0.55	1:1.5	0.7	1.2	2	0.
10	Polyline	0	10	2R-1L-5L	0+000	1+300	0.437	1.088	0.402	0.357	0.014	0.000125	0.7	0.65	1:1.5	0.8	1.3	2	0.
11	Polyline	0	11	2R-1R-1L-5L	0+000	2+908	5.04	8.46	0.713	0.997	0.014	0.0001	2	1.8	1:1.5	2.1	2.6	2	0.
12	Polyline	0	12	1R-2R-1R-1L-5L	0+000	0+300	0.275	0.838	0.328	0.46	0.014	0.0001	0.7	0.55	1:1.5	0.7	1.2	2	0.
13	Polyline	0	13	2R-2R-1R-1L-5L	0+000	0+920	0.651	1.225	0.532	0.38	0.014	0.0002	0.7	0.7	1:1.5	0.8	1.3	1.5	0.
14	Polyline	0	14	1L-2R-2R-1R-1L-	0+000	1+240	0.39	0.838	0.465	0.312	0.014	0.0002	0.7	0.55	1:1.5	0.7	1.2	1.5	0.
15	Polyline	0	15	3R-2R-1R-1L-5L	0+000	1+200	0.534	1.369	0.389	0.402	0.014	0.0001	0.7	0.75	1:1.5	0.9	1.4	1	0.
16	Polyline	0	16	4R-2R-1R-1L-5L	0+000	1+200	0.966	2.137	0.452	0.505	0.014	0.0001	1	0.9	1:1.5	1.1	1.6	2	0.
17	Polyline	0	17	5R-2R-1R-1L-5L	0+000	2+820	0.534	1.369	0.389	0.402	0.014	0.0001	0.7	0.75	1:1.5	0.9	1.4	2	0.
18	Polyline	0	18	1L-2L-5L	0+000	1+100	2.297	4.095	0.561	0.696	0.014	0.0001	1.2	1.3	1:1.5	1.5	2	1.5	0.
19	Polyline	0	19	2L-1R-1L-5L	0+000	1+980	0.328	0.728	0.449	0.292	0.014	0.0002	0.5	0.55	1:1.5	0.7	1.2	1.5	0.
20	Polyline	0	20	3L--1R-1L-5L	0+000	2+500	0.534	1.37	0.389	0.402	0.014	0.0001	0.7	0.75	1:1.5	0.9	1.4	1.5	0.
21	Polyline	0	21	4L--1R-1L-5L	0+000	1+500	0.651	1.225	0.532	0.38	0.014	0.0002	0.7	0.7	1:1.5	0.8	1.3	1.5	0.
22	Polyline	0	22	5L-1R-1L-5L	0+000	1+200	0.799	1.435	0.557	0.407	0.014	0.0002	1	0.7	1:1.5	0.8	1.3	2	0.
23	Polyline	0	23	6L-1R-1L-5L	0+000	2+080	0.741	1.76	0.421	0.453	0.014	0.0001	1	0.8	1:1.5	0.9	1.4	1	0.

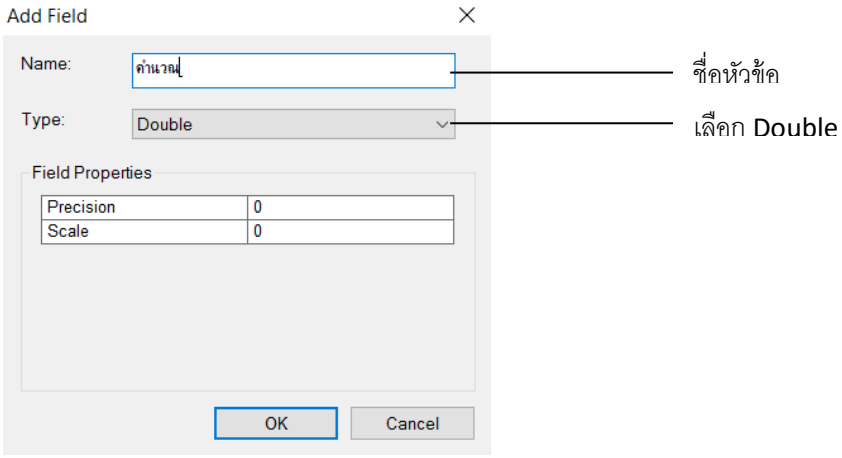
รูปที่ 3.11 แสดงผลลัพธ์การเชื่อมโยงข้อมูล

3.3.4) การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การหาคุณสมบัติของ Shapefile

การคำนวณหาพื้นที่

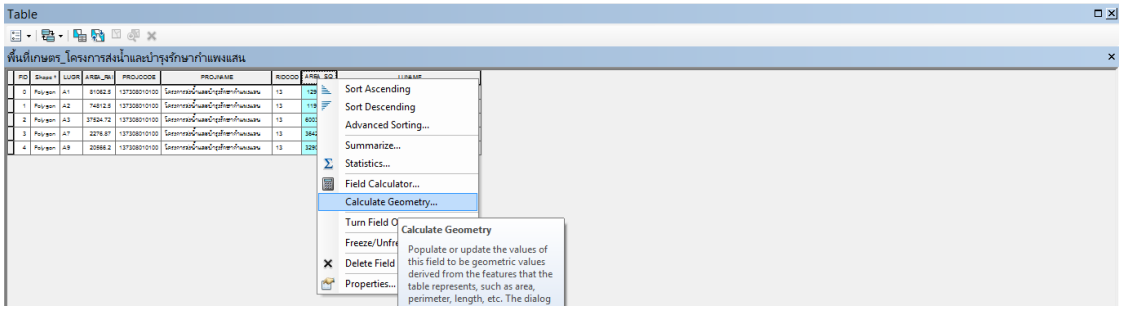
- คลิกOpen Attribute > Add Field..
- คลิก Add Field... > OK ดังรูปที่ 3.12



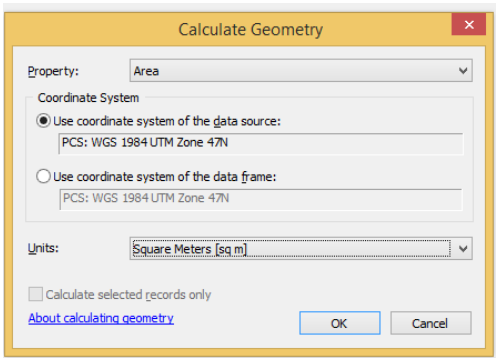
รูปที่ 3.12 แสดงการเพิ่มช่องข้อมูล (Add Field)

จาก Type เลือก Double เนื่องจากต้องการเก็บข้อมูลเป็นตัวเลขทศนิยม

- จะได้ Colum ที่สร้างขึ้น จากนั้น คลิกขวา เลือก Calculate Geometry...ดังรูป 3.13
- จะได้หน้าต่างที่แสดงดังรูปที่ 3.14 และเลือกหัวข้อ Area



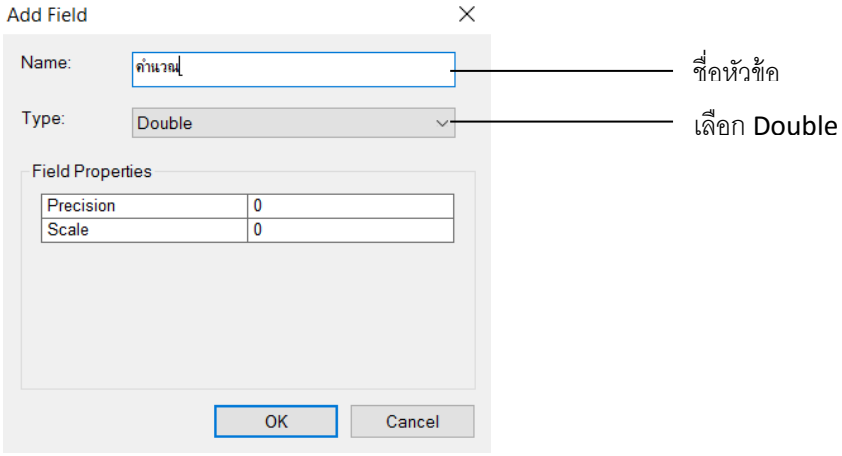
รูปที่ 3.13 แสดงการเลือก Calculate Geometry



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่าง Calculate Geometry

การคำนวณหาความยาว

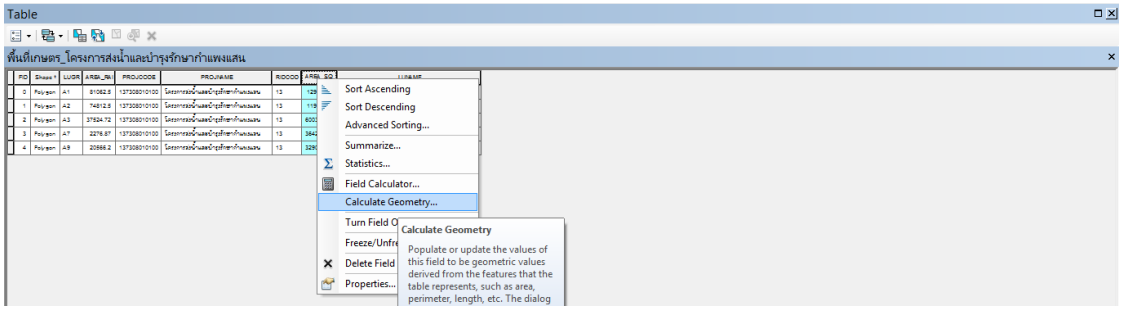
- คลิกOpen Attribute > Add Field..
- คลิก Add Field... > OK ดังรูปที่ 3.15



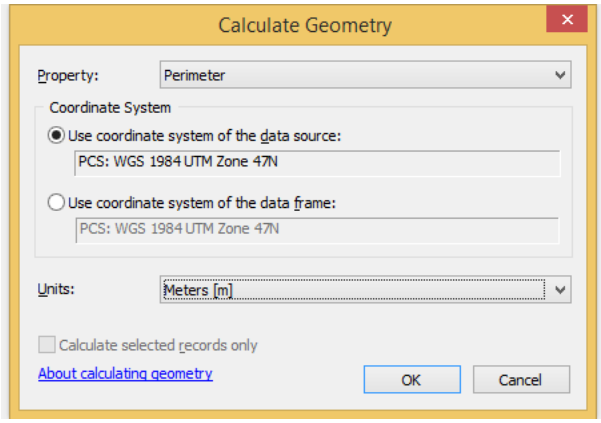
รูปที่ 3.15 แสดงการเพิ่มช่องข้อมูล (Add Field)

จาก Type เลือก Double เนื่องจากต้องการเก็บข้อมูลเป็นตัวเลขทศนิยม

- จะได้ Colum ที่สร้างขึ้น จากนั้น คลิกขวา เลือก Calculate Geometry ดังรูป 3.16
- จะได้หน้าต่างที่แสดงดังรูปที่ 3.17 และเลือกหัวข้อ Perimeter



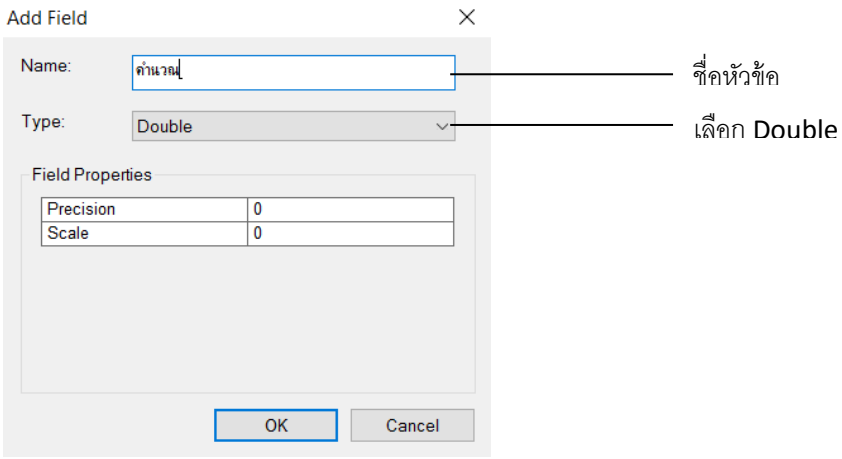
รูปที่ 3.16 แสดงการเลือก Calculate Geometry



รูปที่ 3.17 แสดงหน้าต่าง Calculate Geometry

การคำนวณหาพิกัด

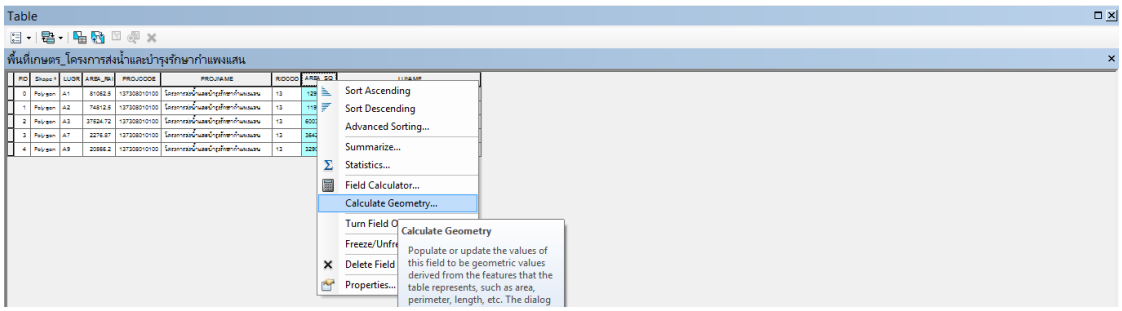
- คลิกOpen Attribute > Add Field..
- คลิก Add Field... > OK ดังรูปที่ 3.18



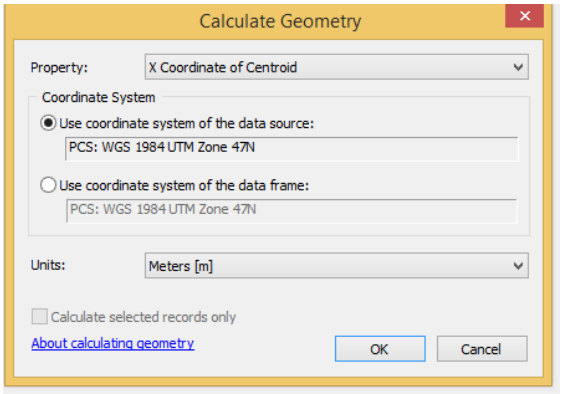
รูปที่ 3.18 แสดงการเพิ่มช่องข้อมูล (Add Field)

จาก Type เลือก Double เนื่องจากต้องการเก็บข้อมูลเป็นตัวเลขทศนิยม

- จะได้ Colum ที่สร้างขึ้น จากนั้น คลิกขวา เลือก Calculate Geometry...ดังรูป 3.19
- จะได้หน้าต่างที่แสดงดังรูปที่ 3.20 และเลือกหัวข้อ X Coordidate of Centroid หรือ Y Coordidate of Centroid



รูปที่ 3.19 แสดงการเลือก Calculate Geometry



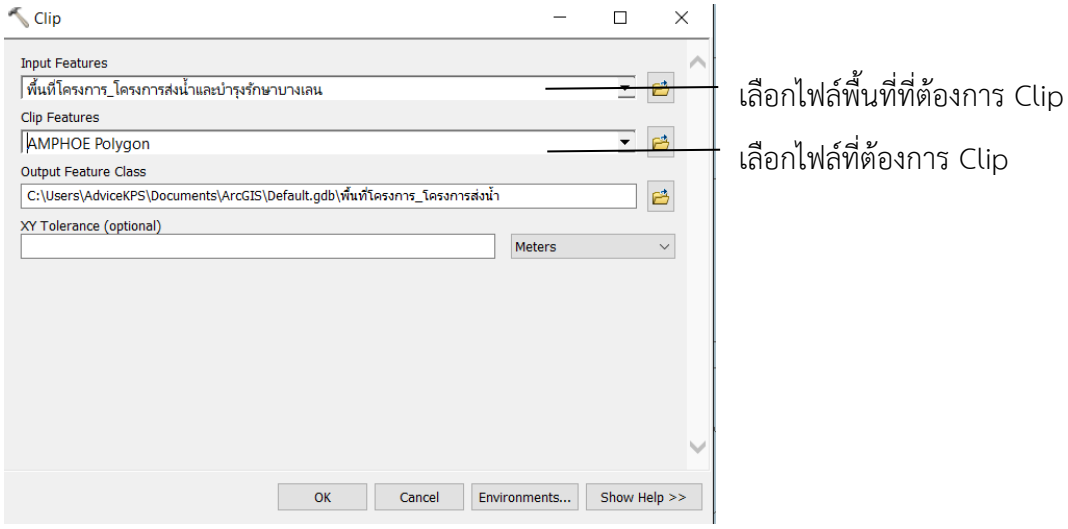
รูปที่ 3.20 แสดงหน้าต่าง Calculate Geometry

2) การตัดข้อมูล

ข้อมูล Vector

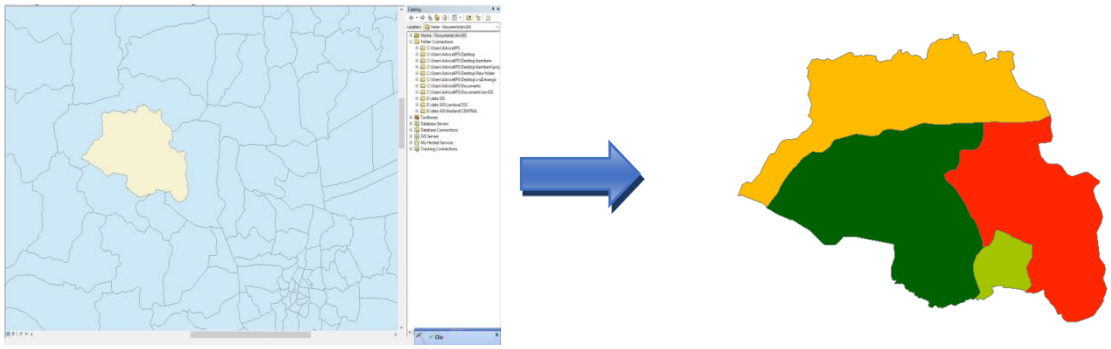
ขั้นตอนการ Clip

- คลิก Geoprocessing > Clip จะปรากฏหน้าต่างขึ้นดังรูป 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการ Clip

- จะได้พื้นที่ที่เราต้องการ Clip ดังรูปที่ 3.22

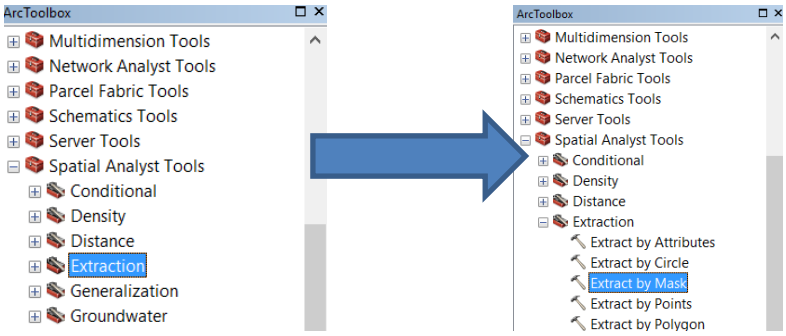


รูปที่ 3.22 แสดงภาพตัวอย่างที่ได้จากการ Clip

ข้อมูล Raster

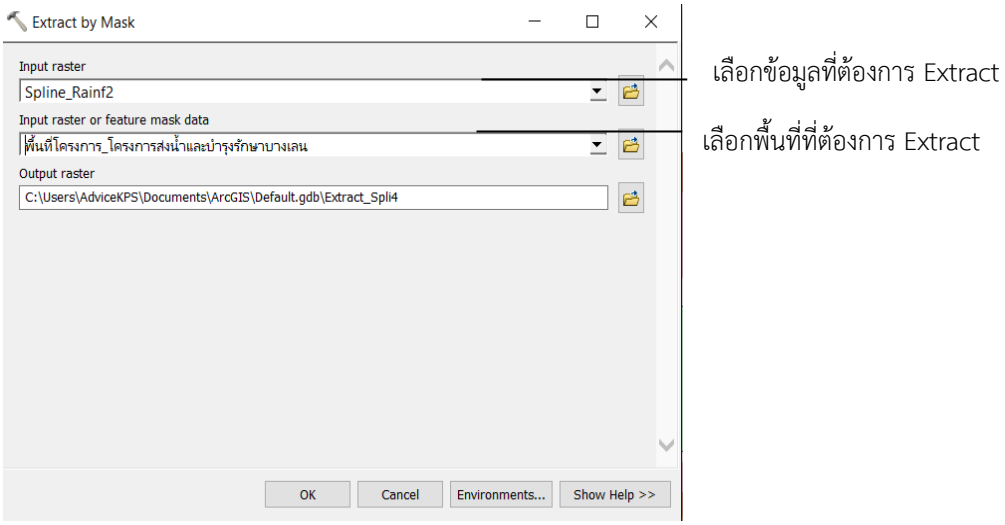
ขั้นตอนการ Extraction

- คลิก (Arctoolbox)
- คลิก Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by Mask ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนการเข้าคำสั่ง Extraction

- กด Extract by Mask จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แสดงขั้นตอนการ Extract by Mask

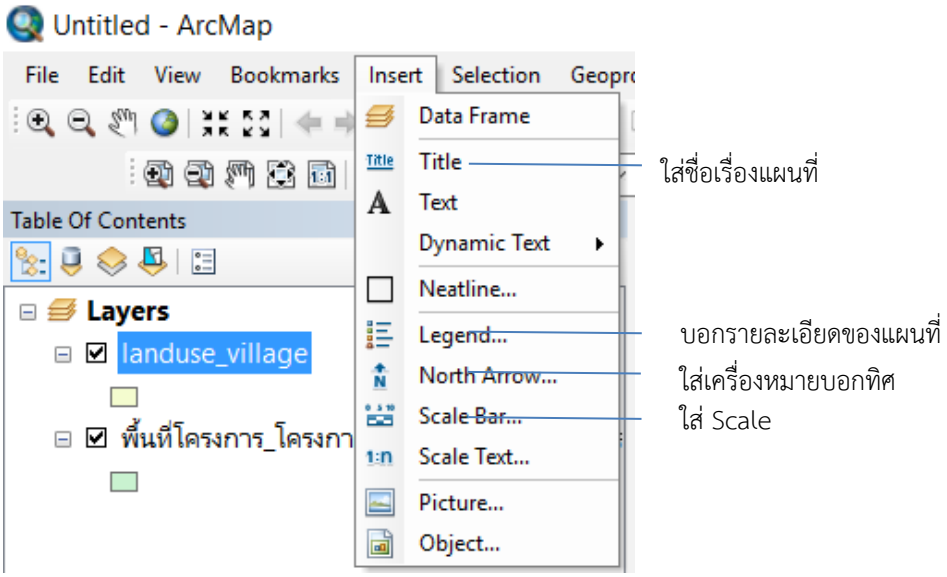
3.3.5) การทำแผนที่

การทำแผนที่ให้มีความเหมาะสม จะต้องมีองค์ประกอบ ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 และมีขั้นตอนวิธีการทำดังต่อไปนี้

- คลิก View > layout view ดังรูปที่ 3.25

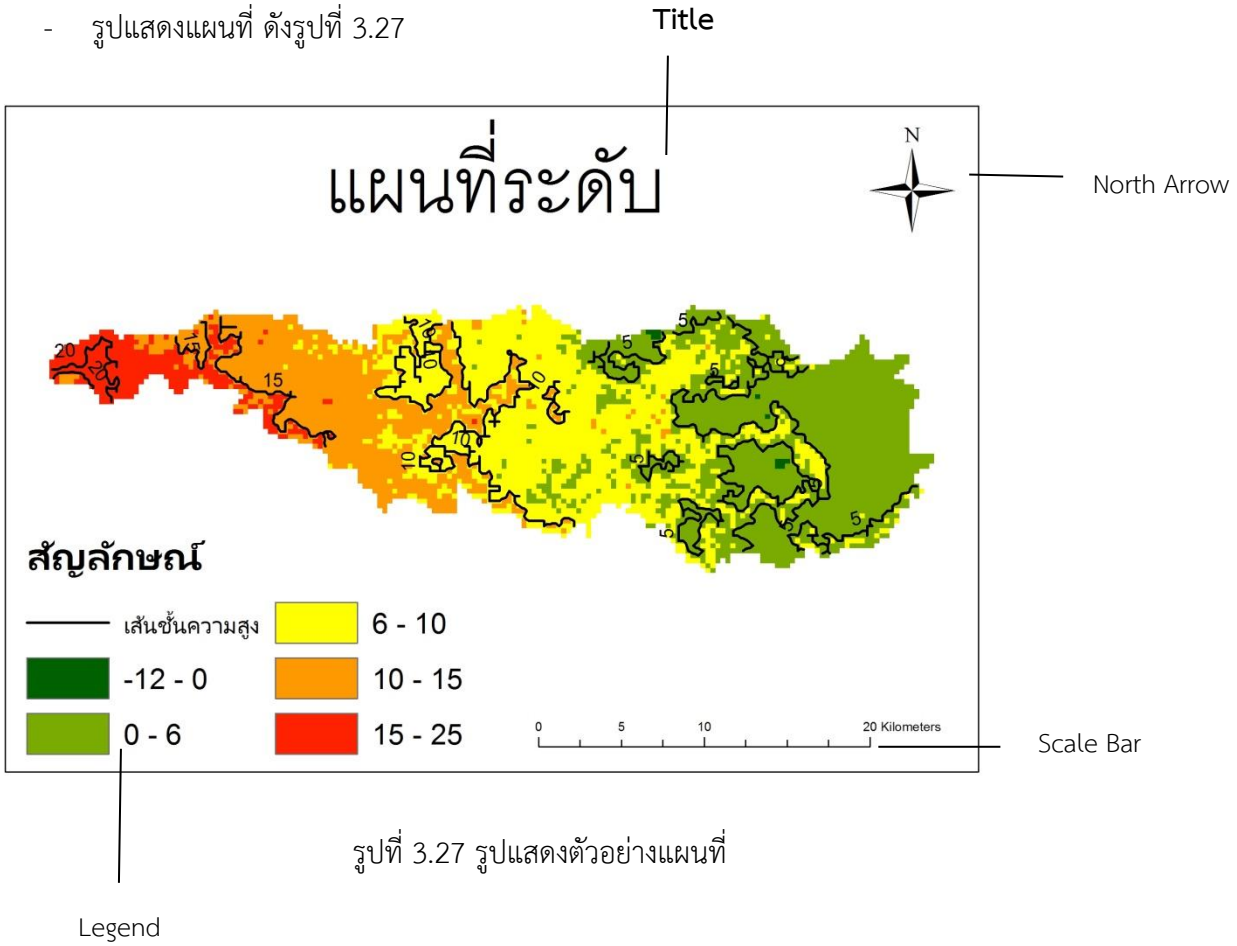
รูปที่ 3.25 แสดงขั้นตอนการ layout view

- คลิก Insert ตามด้วยคำสั่งที่เราต้องการใส่ในแผนที่ดังรูปโดย จะต้องมีองค์ประกอบ ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงคำสั่งต่างๆ

- รูปแสดงแผนที่ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 รูปแสดงตัวอย่างแผนที่

การนำเข้าและสร้างข้อมูลชนิดต่างๆ

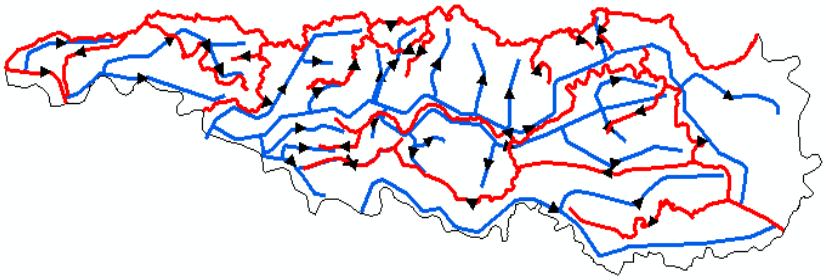
1) ข้อมูลคลอง

ข้อมูลคลองจะมีการ แสดงทิศทางการไหลของน้ำ แสดงข้อมูล Hydrualic properties เพื่อนำไปวิเคราะห์การส่งน้ำ ปริมาณน้ำที่ต้องส่ง และ อัตราการส่งน้ำ

- นำเข้าข้อมูลคลองส่งน้ำและระบายน้ำ ดังรูป 3.1

- ถ้าไม่มีข้อมูลให้ทำการสร้างข้อมูลเชิงเส้น (ตามหัวข้อ 4)

- จะได้ผลดังรูปที่ 3.28

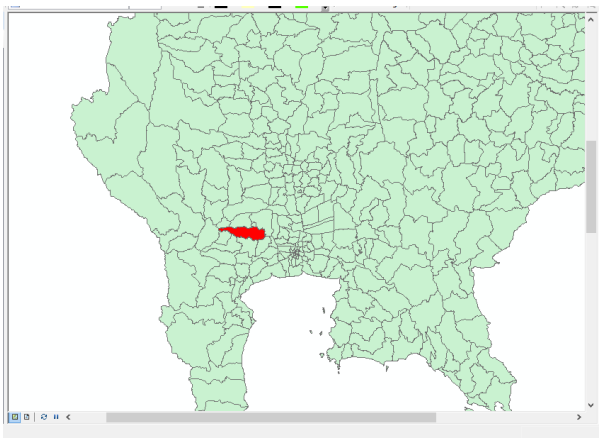


รูปที่ 3.28 แสดงภาพผลลัพธ์ข้อมูลคลองชลประทาน
(คลองส่งน้ำ-สีน้ำเงิน และ คลองระบาย-สีแดง)

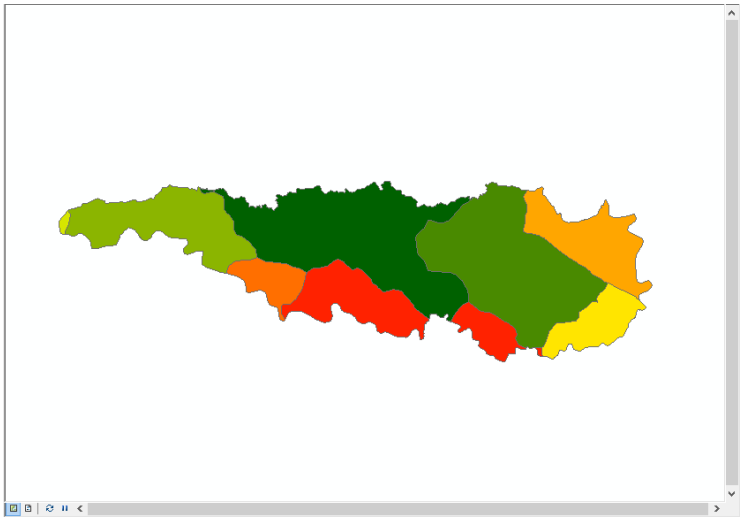
2) ข้อมูล อำเภอ ตำบล จังหวัด

ข้อมูล อำเภอ ตำบลและจังหวัด แบ่งเขตและคำนวณ เช่น เขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน มีเขตจังหวัดทั้งหมด 3 จังหวัด มีจังหวัดนครปฐมเป็นส่วนใหญ่

- นำเข้าข้อมูลแผนที่ประเทศไทยและข้อมูลแผนที่โครงการโดยจะได้แผนที่ดังรูปที่ 3.29
- ทำการ Cilp ตามหัวข้อการวิเคราะห์ข้อมูลและการจัดทำแผนที
- จะได้ข้อมูลดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.29 แสดงแผนที่ประเทศไทยและข้อมูลแผนที่โครงการ

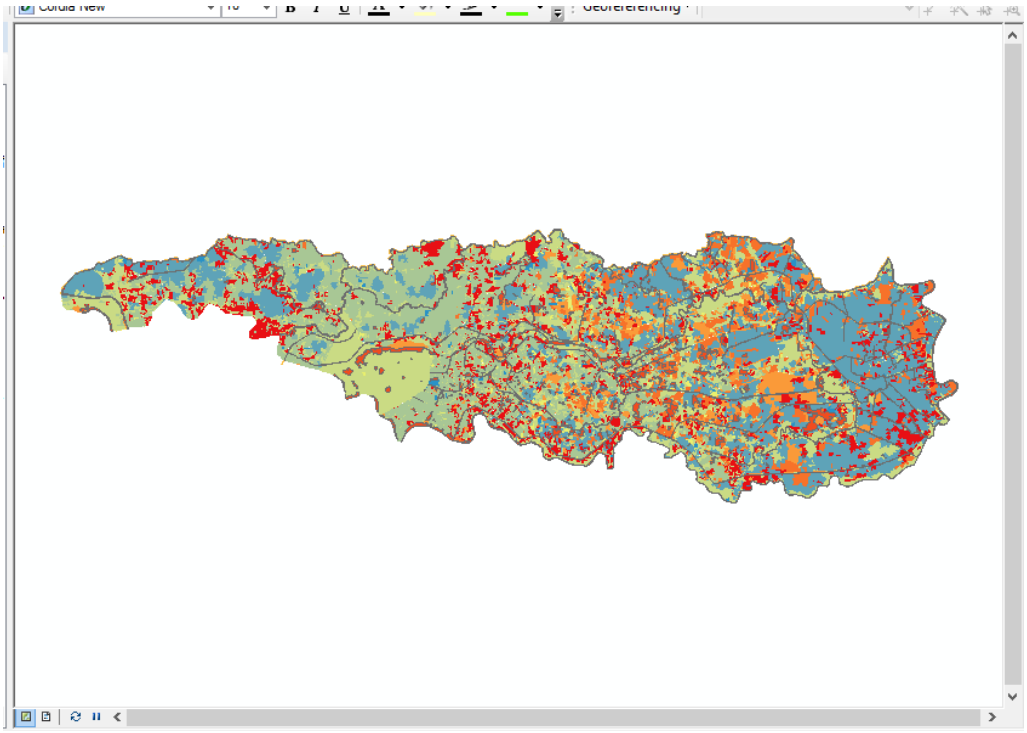


รูปที่ 3.30 แสดงผลลัพธ์ของอำเภอ

3) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ทำขึ้นมาเพื่อนำไปวิเคราะห์ควบคู่กับข้อมูลคลองส่งน้ำและข้อมูลจังหวัด อำเภอ ตำบล

- นำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ข้อมูลจาก : กรมพัฒนาที่ดิน) จะได้แผนที่ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 แสดงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

4) ข้อมูลบัญชีอาคาร

ทำเพื่อบอกตำแหน่งและชื่อของอาคารชลประทานในเขตพื้นที่โครงส่งน้ำและบำรุงรักษา

- ทำการนำเข้าข้อมูลโดยวิธีการ คลิก File > Add data > Add XY Data (หัวข้อการสร้างข้อมูลเชิงจุด)

- ใส่ค่าพิกัด UTM

- จะได้ดังรูปที่ 3.32

รูปที่ 3.32 แสดงข้อมูลบัญชีอาคาร

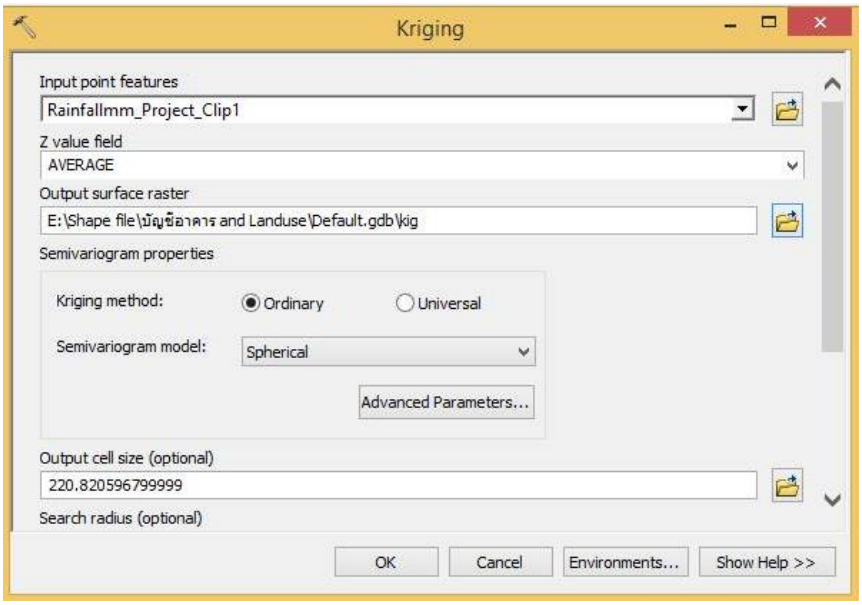
5) ข้อมูลฝน

ทำขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ควบคู่กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการทำการเกษตร

1) การประมาณค่าช่วงน้ำฝนโดยวิธี Kriging

จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 จึงเลือกวิธีดำเนินการแบบ Kriging โดย

- นำเข้าข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนดังรูปที่ 3.1
- เปิด Arctoolbox เลือก Interpolation > Kriging จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3.33

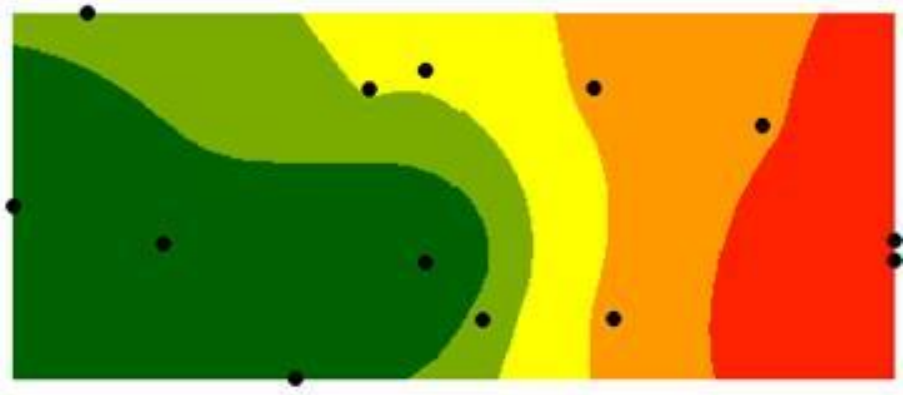


รูปที่ 3.33 แสดงหน้าต่าง Kriging

- จากรูปที่ 3.33 ช่อง Input point features เลือกข้อมูลน้ำฝนที่ได้ทำการเฉลี่ยไว้แล้ว ช่อง Z value

  field เลือก Average เพราะต้องการผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าเฉลี่ย ช่อง Output surface raster ส่วนช่องที่เหลือใช้ตามโปรแกรมกำหนด

- เมื่อกด Ok จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.34 โดยจุดที่เห็นในรูปคือสถานีวัดน้ำฝนรอบโครงการ

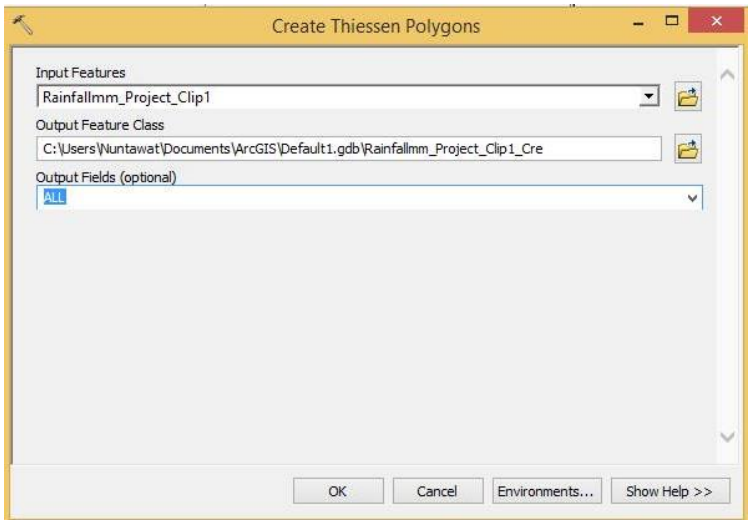


รูปที่ 3.34 แสดงรูปที่ได้จากการ Kriging

2) การหาค่าเฉลี่ยน้ำฝนในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โดยวิธี Thiessen Polygons

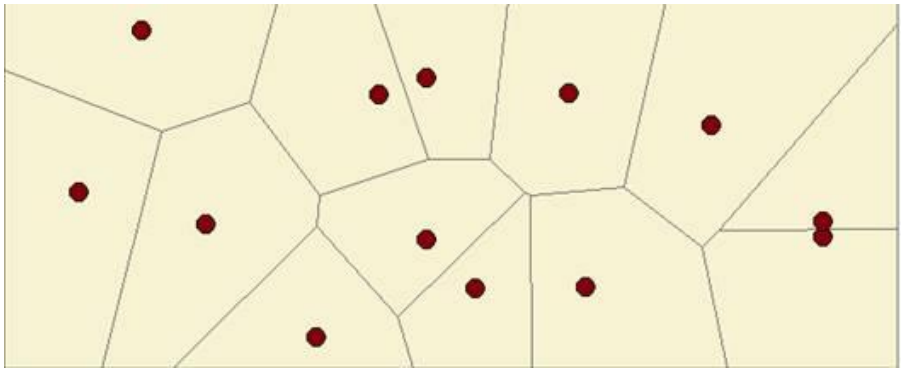
ทำขึ้นเพื่อบอกค่าน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการ โดยสามารถนำไปวิเคราะห์ในเรื่องการเกษตรต่อไปได้

- เปิด Arctoolbox เลือก Proximity > Create Thiessen Polygons
- จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3. 35



รูปที่ 3.35 แสดงหน้าต่างการทำ Thiessen Polygons

- จากรูปที่ 3. ช่อง Input Features เลือกข้อมูลน้ำฝนที่ได้ทำการเฉลี่ยไว้แล้ว ช่อง Output Fields เลือก All เพราะต้องการนำตารางข้อมูลน้ำฝนของทุกสถานี
- เมื่อกด Ok จะได้ข้อมูลจากการทำ Thiessen Polygons ดังรูปที่ 3.36

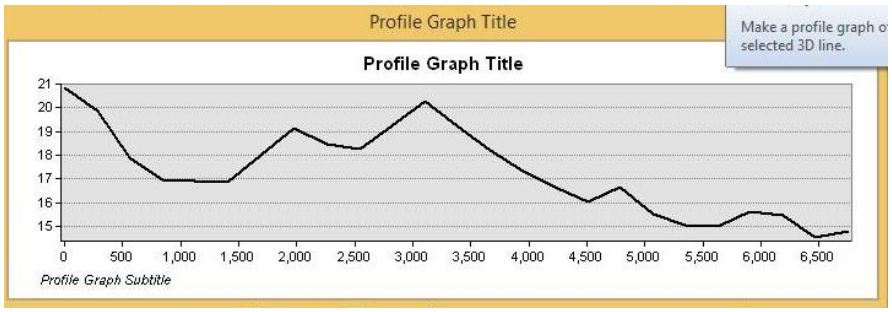


รูปที่ 3.36 แสดงผลลัพธ์จากการทำ Thiessen Polygons

6) ข้อมูลระดับดินเดิม

ทำขึ้นมาเพื่อสามารถนำไปคำนวณปริมาณดินขุด – ดินถม หรือนำไปออกแบบคลองต่อไปได้

- นำเข้าข้อมูล DEM คลองชลประทาน และพื้นที่โครงการ โดยการนำเข้าข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.1
- จากนั้นคลิกคำสั่ง Interpolate Line จะได้ระดับดินเดิม (Profile Graph) ดังรูปที่ 3.37

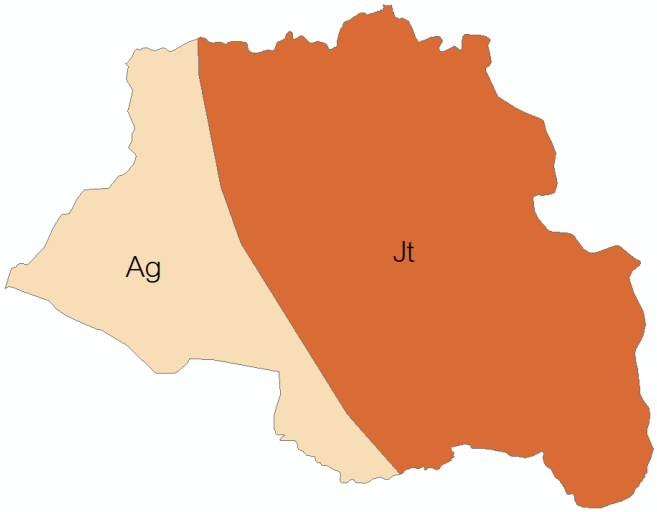


รูปที่ 3.37 แสดงระดับดินเดิม (Profile Graph)

7) ข้อมูลกลุ่มดิน

ทำขึ้นมาเพื่อบ่งบอกว่าในเขตพื้นที่เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตรชนิดใด

- นำเข้าข้อมูลกลุ่มดิน (ข้อมูลจาก : FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS)
- ทำการ Cilp ข้อมูลจากตามหัวข้อการวิเคราะห์ข้อมูลและการจัดทำแผนที่(หน้า37)
- จะได้ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 แสดงแผนที่กลุ่มดิน

8) ข้อมูลContour

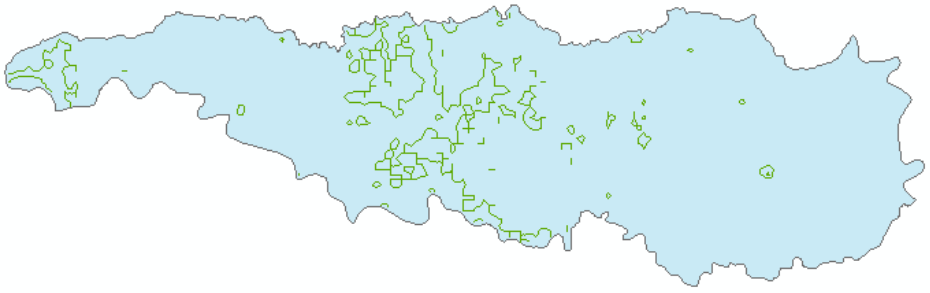
ทำขึ้นมาเพื่อบ่งบอกความสูงต่ำของพื้นที่ ซึ่งนำไปวิเคราะห์ควบคู่กับการเกษตรในเขตพื้นที่ได้

- นำเข้าข้อมูล DEM (ข้อมูลจาก: กรมพัฒนาที่ดิน)

- ทำการ Extraction กับพื้นที่โครงการตามหัวข้อขั้นตอนการ Extraction (หน้าที่38 **)**

- ทำการสร้าง Contour โดย Arc Toolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Contour

- จะได้ดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 แสดงข้อมูลระดับดินเดิม (Contour)

บทที่ 4
การวิเคราะห์ และวิจารณ์

4.1) พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

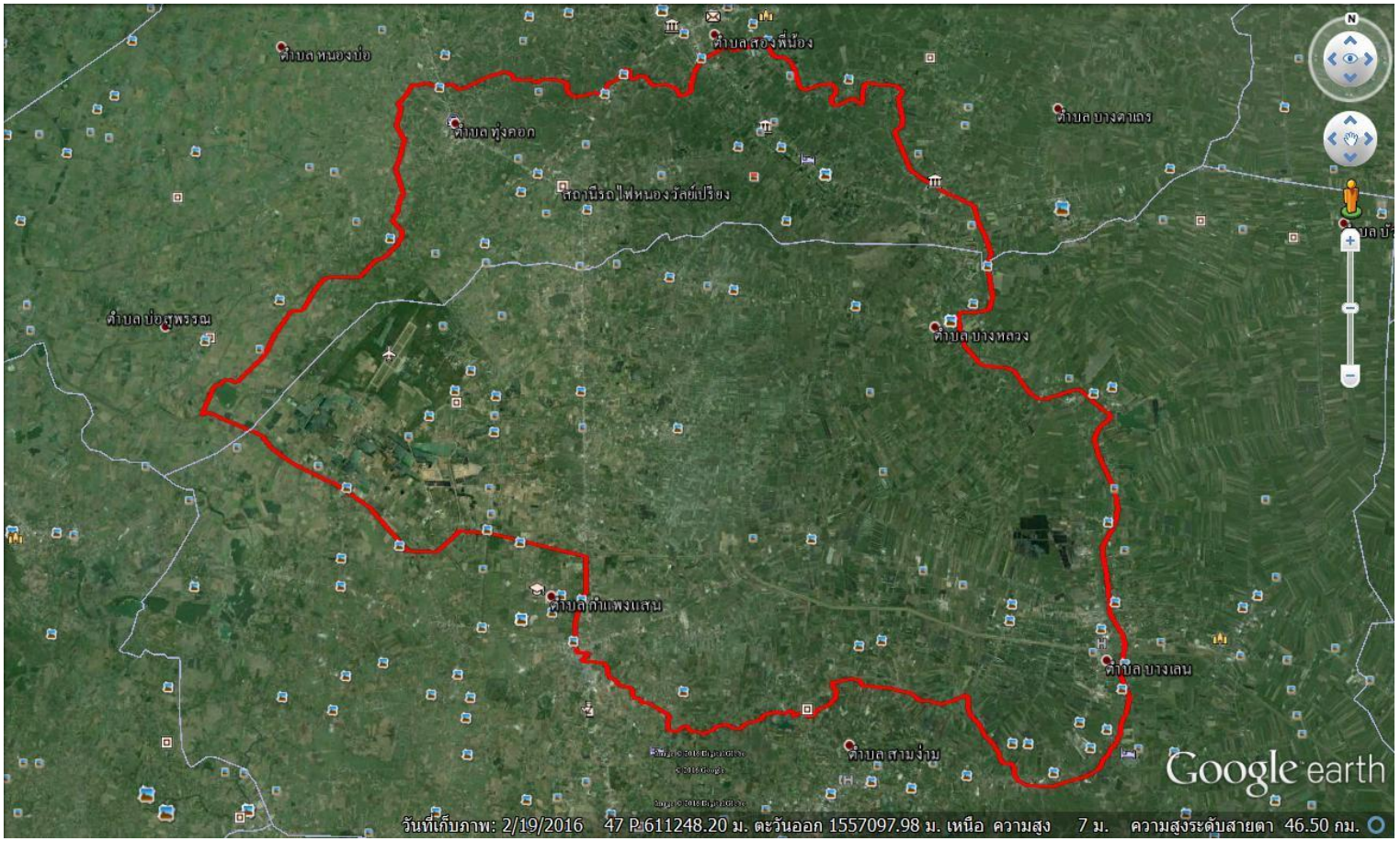
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน มีตั้งหัวงานโครงการตั้งอยู่หมู่ที่ 14 ตำบลสระพัฒนา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีพื้นที่ทั้งหมด 375,136.9 ไร่ โดยมีคลองส่งน้ำสายใหญ่ 2ซ้าย ที่รับน้ำต่อจากโครงการ ฯ พนมทวน และโครงการ ฯ สองพี่น้อง ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 โดยมีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโพธิ์พระยา

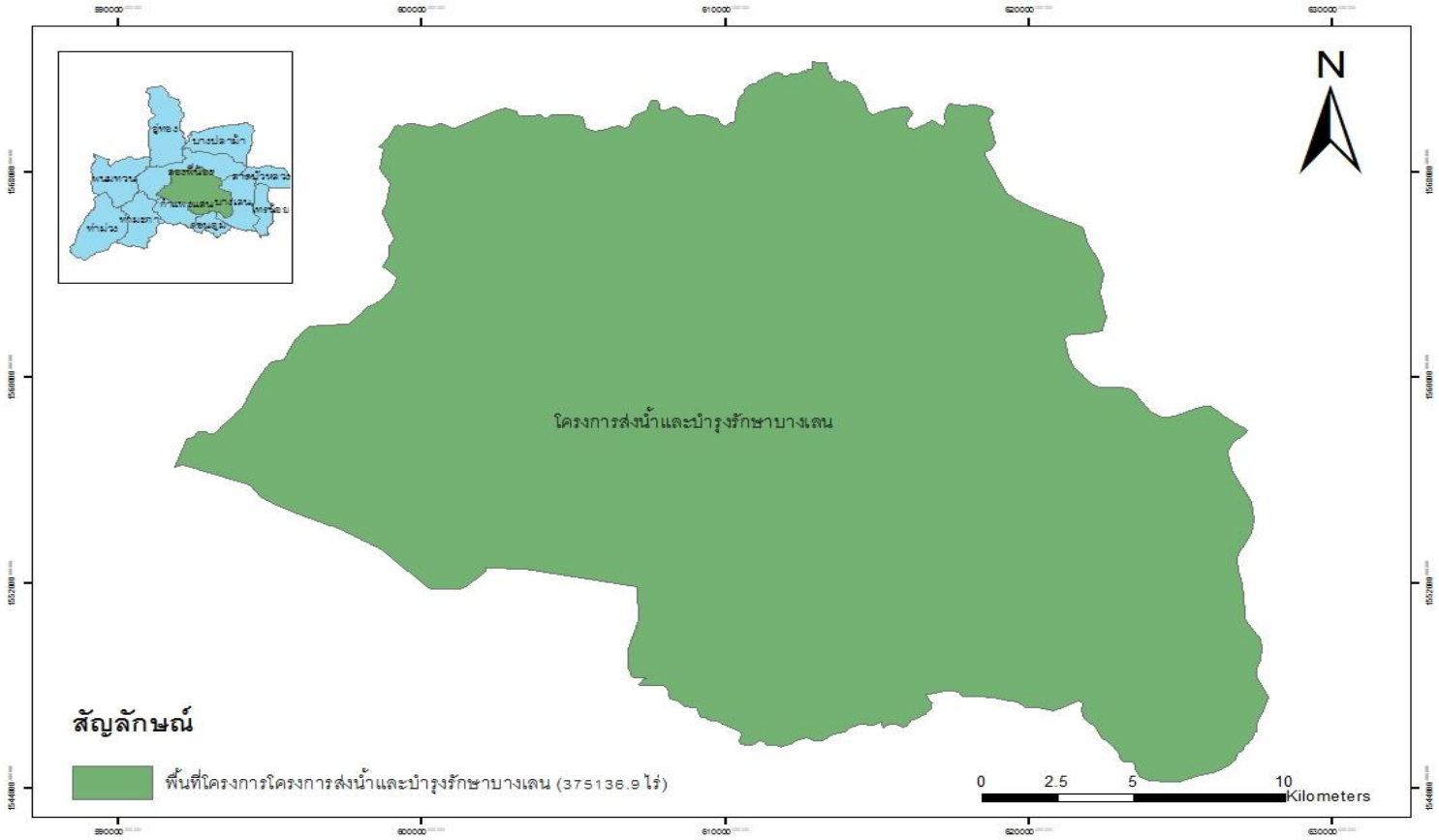
ทิศใต้ ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระยาบรรลือ , โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพระพิมล และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเจ้าเจ็ดบางยี่หน

ทิศตะวันออก ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน

ทิศตะวันตก ติดต่อโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องและโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน



รูปที่ 4.1 แสดงขอบเขตแผนที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน จาก Google Earth



รูปที่ 4.2 แผนที่แสดงขอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

4.2) พื้นที่จำแนกตามจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

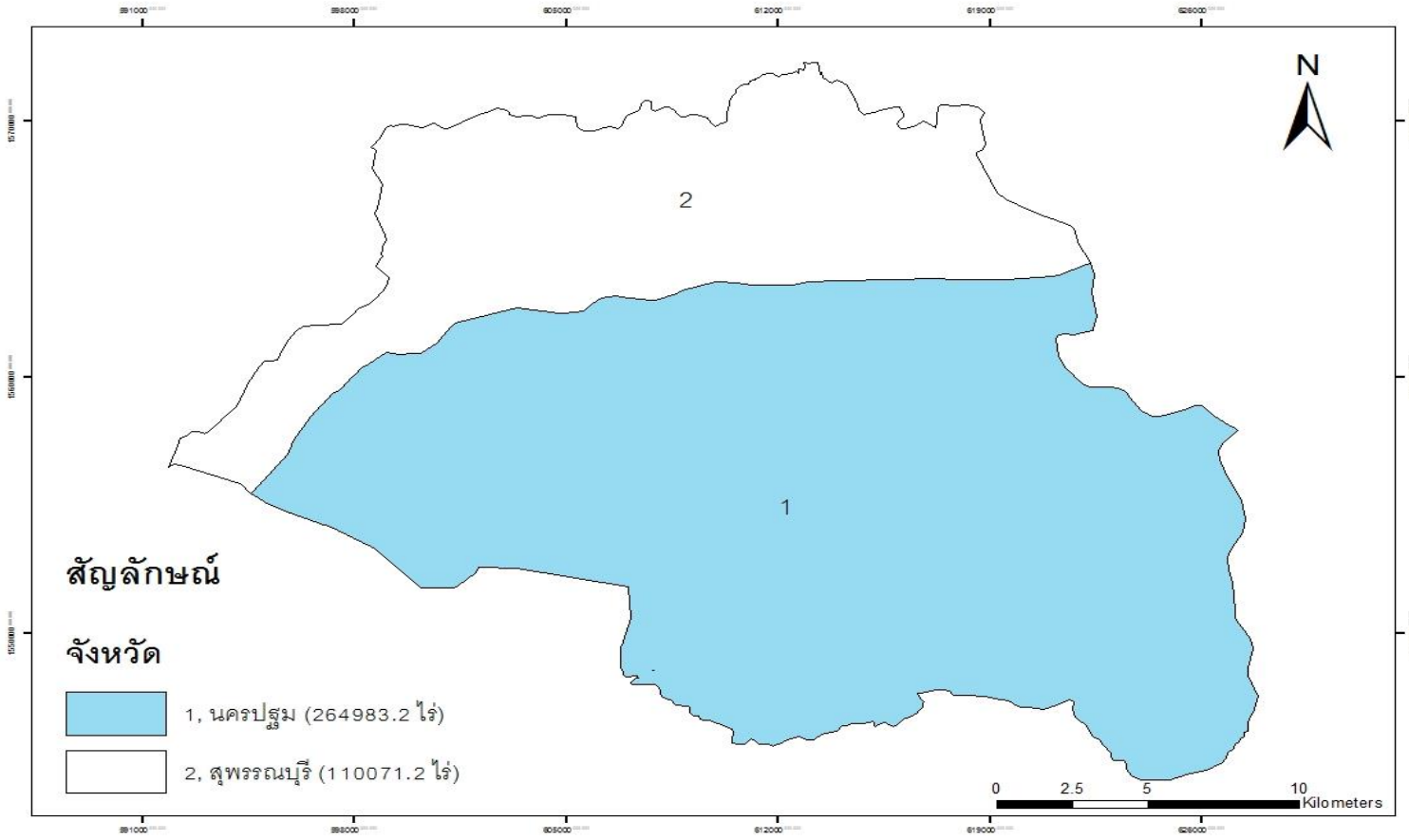
จากข้อมูลการจำแนกพื้นที่ตามจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โดยครอบคลุม 2 จังหวัด

- จังหวัดนครปฐม มีพื้นที่ 264,983.2 ไร่ คิดเป็น 70.65 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- จังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่ 110,071.2 ไร่ คิดเป็น 29.35 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด

ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนมีพื้นที่จังหวัดนครปฐมมากกว่าพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีคิดเป็น 154,911.951 ไร่ คิดเป็น 41.30 % จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.1 และดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 แสดงพื้นที่จำแนกตามจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

จังหวัด	**พื้นที่(ไร่)**	**% ของพื้นที่ทั้งหมด**
สุพรรณบุรี	110,071.2	29.35
นครปฐม	264,983.2	70.65
รวมทั้งหมด	375,054.4	100.00



รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงขอบเขตจังหวัดในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

4.3) พื้นที่ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนจำแนกตามอำเภอ

จากข้อมูลการจำแนกพื้นที่ตามอำเภอในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โดยครอบคลุม 4 อำเภอ

- อำเภอกำแพงแสน มีพื้นที่ 140,256.6 ไร่ คิดเป็น 37.39 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- อำเภอสองพี่น้อง มีพื้นที่ 112,177.2 ไร่ คิดเป็น 29.90 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- อำเภอบางเลน มีพื้นที่ 106,233.4 ไร่ คิดเป็น 28.32 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- อำเภอดอนตูม มีพื้นที่ 16,469.5 ไร่ คิดเป็น 4.39 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด

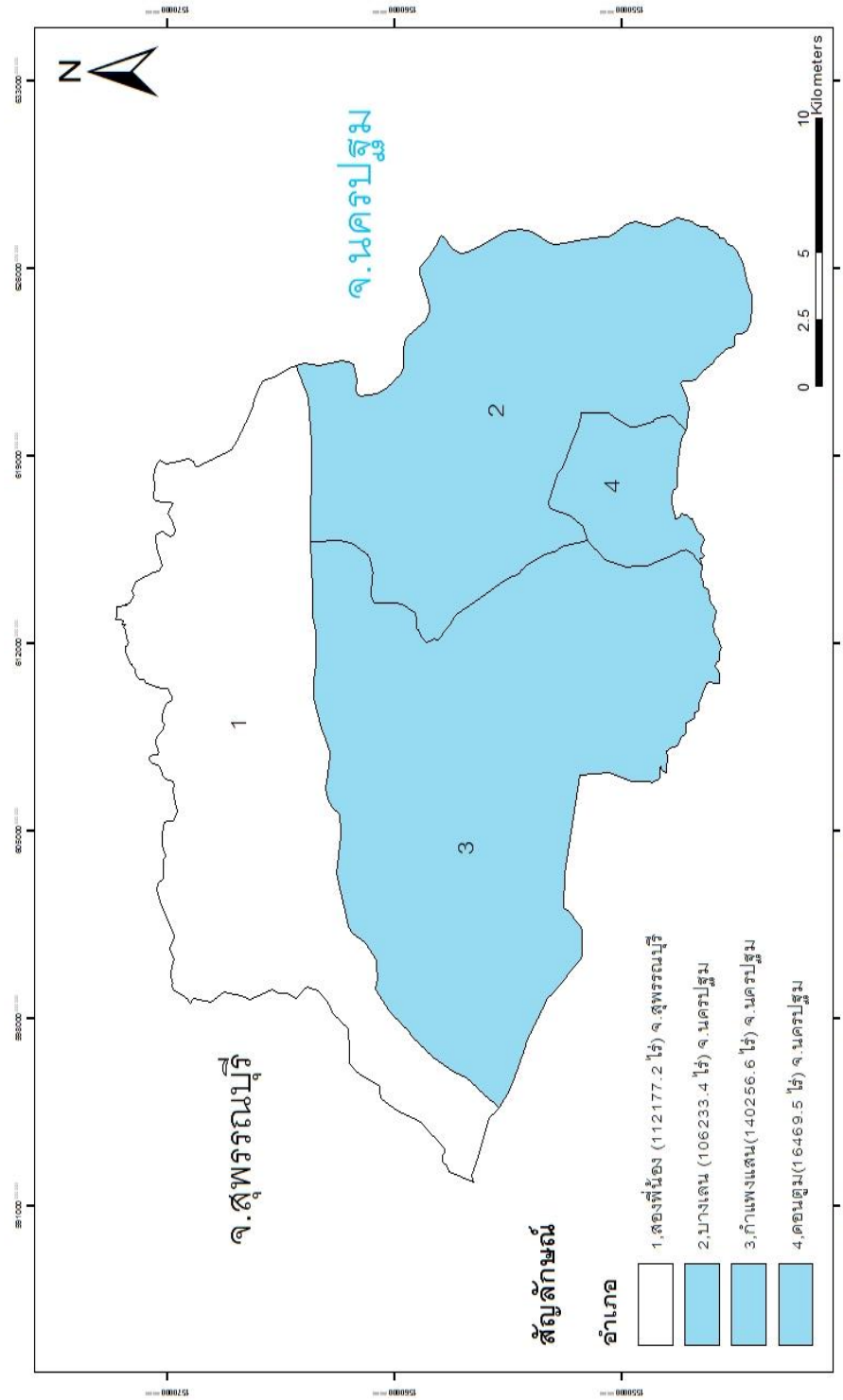
ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนมีพื้นที่อำเภอกำแพงแสนมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่อำเภอสองพี่น้อง อำเภอบางเลน และอำเภอดอนตูม ตามลำดับ จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.2 และดังรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.2 แสดงพื้นที่จำแนกตามอำเภอในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

อำเภอ	พื้นที่(ไร่)	% ของพื้นที่ทั้งหมด
ดอนตูม**	16,469.5	4.39
บางเลน**	106,233.4	28.32
สองพี่น้อง*	112,177.2	29.90
กำแพงแสน**	140,256.6	37.39
รวมทั้งหมด	375,136.9	100.00

หมายเหตุ * จังหวัดสุพรรณบุรี

** จังหวัดนครปฐม



รูปที่ 4.4 แผนที่แสดงขอบเขตอำเภอในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

4.4) พื้นที่ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนจำแนกตามตำบล

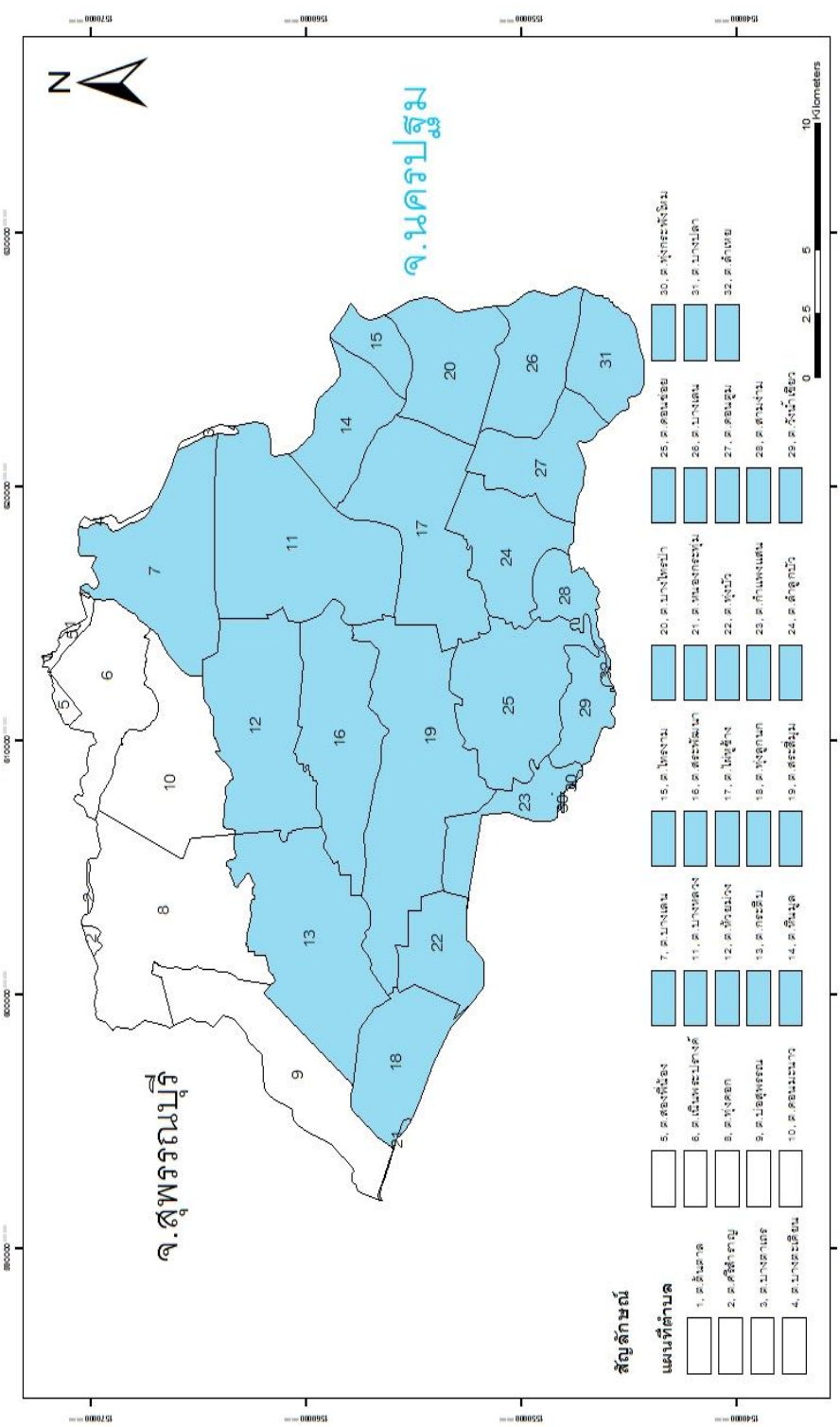
จากข้อมูลการจำแนกพื้นที่ตามตำบลในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน ในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนครอบคลุม 32 ตำบล โดยมีพื้นที่ตำบลสระสี่มุมมากที่สุดคิดเป็น 8.15 % ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่ตำบลบางหลวง ตำบลทุ่งคอก ตำบลกระตีบตามลำดับ รองลงมาคือพื้นที่ตำบลห้วยม่วง ตำบลไผ่หูช้าง ตำบลบางเลน ซึ่งจะมีพื้นที่ขนาดใกล้เคียงกัน ตำบลที่เหลือมีพื้นที่น้อยลงมาตมลำดับ จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.3 และดังรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 แสดงพื้นที่จำแนกตามตำบลในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

ตำบล	พื้นที่(ไร่)	% ของพื้นที่ทั้งหมด
ต.ทุ่งกระพังโหม***	86.5	0.02
ต.หนองกระทุ่ม***	170.4	0.05
ต.ต้นตาล*	210.2	0.06
ต.ลำเหย****	237.3	0.06
ต.บางตาเถร*	471.3	0.13
ต.บางตะเคียน*	594.8	0.16
ต.ศรีสำราญ*	605.7	0.16
ต.สองพี่น้อง*	1,646.5	0.44
ต.ไทรงาม**	4,262.0	1.14
ต.สามง่าม****	4,514.8	1.20
ต.วังน้ำเขียว***	5,746.4	1.53
ต.กำแพงแสน***	6,716.0	1.79
ต.บางปลา**	7,989.8	2.13
ต.ทุ่งบัว***	8,053.7	2.15
ต.หินมูล**	9,808.4	2.61
ต.ดอนตูม****	10,249.8	2.73
ต.บางเลน**	11,467.3	3.06
ต.ลำลูกบัว****	11,906.1	3.17
ต.ทุ่งลูกนก***	11,998.8	3.20

ตำบล	พื้นที่(ไร่)	% ของพื้นที่ทั้งหมด
ต.บางไทรป่า**	13,196.6	3.52
ต.เนินพระปรางค์*	13,421.6	3.58
ต.บ่อสุพรรณ*	17,662.9	4.71
ต.ดอนข่อย***	18,454.9	4.92
ต.ดอนมะนาว*	18,639.0	4.97
ต.สระพัฒนา***	18,931.3	5.05
ต.บางเลน**	21,087.7	5.62
ต.ไผ่หูช้าง**	21,340.4	5.69
ต.ห้วยม่วง***	21,573.5	5.75
ต.กระตีบ***	25,669.3	6.84
ต.ทุ่งคอก*	28,213.7	7.52
ต.บางหลวง**	29,645.2	7.90
ต.สระสี่มุม***	30,564.5	8.15
รวมทั้งหมด	375,136.9	100.00

หมายเหตุ * อำเภอสองพี่น้อง, ** อำเภอบางเลน, ***อำเภอกำแพงแสน, ****อำเภอดอนตูม



รูปที่ 4.5 แผนที่แสดงขอบเขตด้านลุ่มน้ำในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

4.5) การแสดงการใช้ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลนจำแนกตามการเพาะปลูก

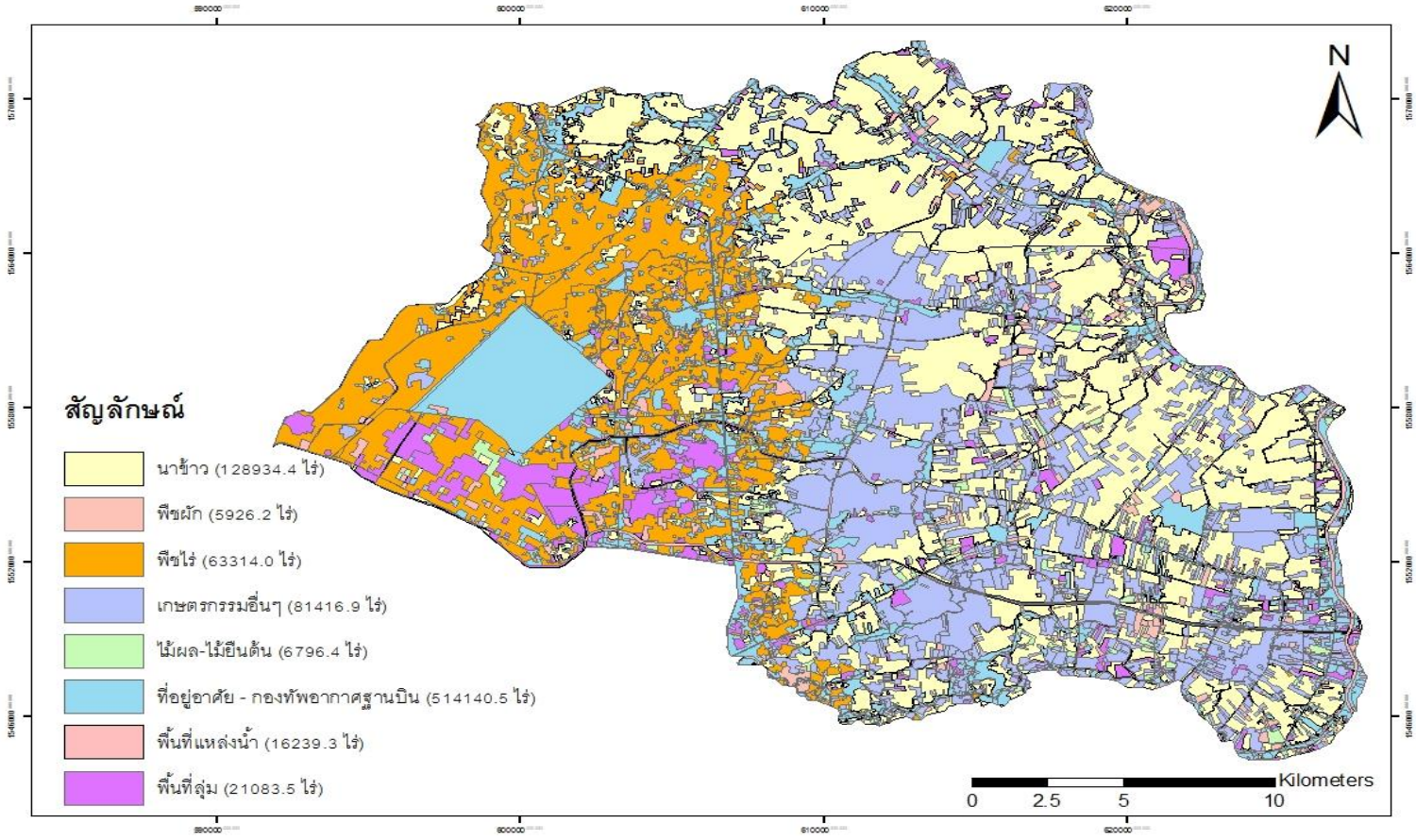
จากข้อมูลการจำแนกการใช้ที่ดินส่วนใหญ่ จะปลูกข้าว, เกษตรกรรมอื่นๆ และพืชไร่ โดยประกอบด้วย

- พื้นที่ปลูกข้าวรวม 128,934.4 ไร่ คิดเป็น 15.39% ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- พื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆรวม 81,416.9 ไร่ คิดเป็น 9.72 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- พื้นที่ปลูกพืชไร่รวม 63,314.0 ไร่ คิดเป็น 7.56 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด

โดยพื้นที่ที่ไม่ได้ทำการเพาะปลูกรวม 551,463.3 ไร่ คิดเป็น 65.82 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.4 และดังรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.4 แสดงการใช้ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

การใช้ที่ดิน	พื้นที่(ไร่)	% ของพื้นที่ทั้งหมด
พืชผัก	5,926.2	0.71
ไม้ผลไม้ยืนต้น	6,796.4	0.81
แหล่งน้ำ	16,239.3	1.94
บ่อทราย,บ่อดิน	21,083.5	2.52
พืชไร่	63,314.0	7.56
หมู่บ้าน	81,416.9	9.72
นาข้าว	128,934.4	15.39
เกษตรกรรมอื่นๆ	514,140.5	61.36
รวมทั้งหมด	837,851.2	100.00



รูปที่ 4.6 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

4.6) กลุ่มดินของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มดินประเภท Ag และ Jt โดยประกอบด้วย

- กลุ่มดินประเภท Ag จากการวิเคราะห์พบว่าเป็นดินเหนียวปนดินทราย (Sandy Clay) (sand topsoil 40.9 % sand subsoil 36.8 % silt topsoil 27.2 % silt subsoil 29.7 % clay topsoil 32.1 % clay subsoil 33.4 %) รวม 166,935,465.3 ไร่ คิดเป็น 27.81 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด
- กลุ่มดินประเภท Jt จากการวิเคราะห์พบว่าเป็นดินเหนียว (Clay) (sand topsoil 11.7 % sand subsoil 7.8 % silt topsoil 36.8 % silt subsoil 40.3 % clay topsoil 51.5 % clay subsoil 52 %) รวม 433,283,497.2 ไร่ คิดเป็น 72.19 % ของพื้นที่โครงการทั้งหมด

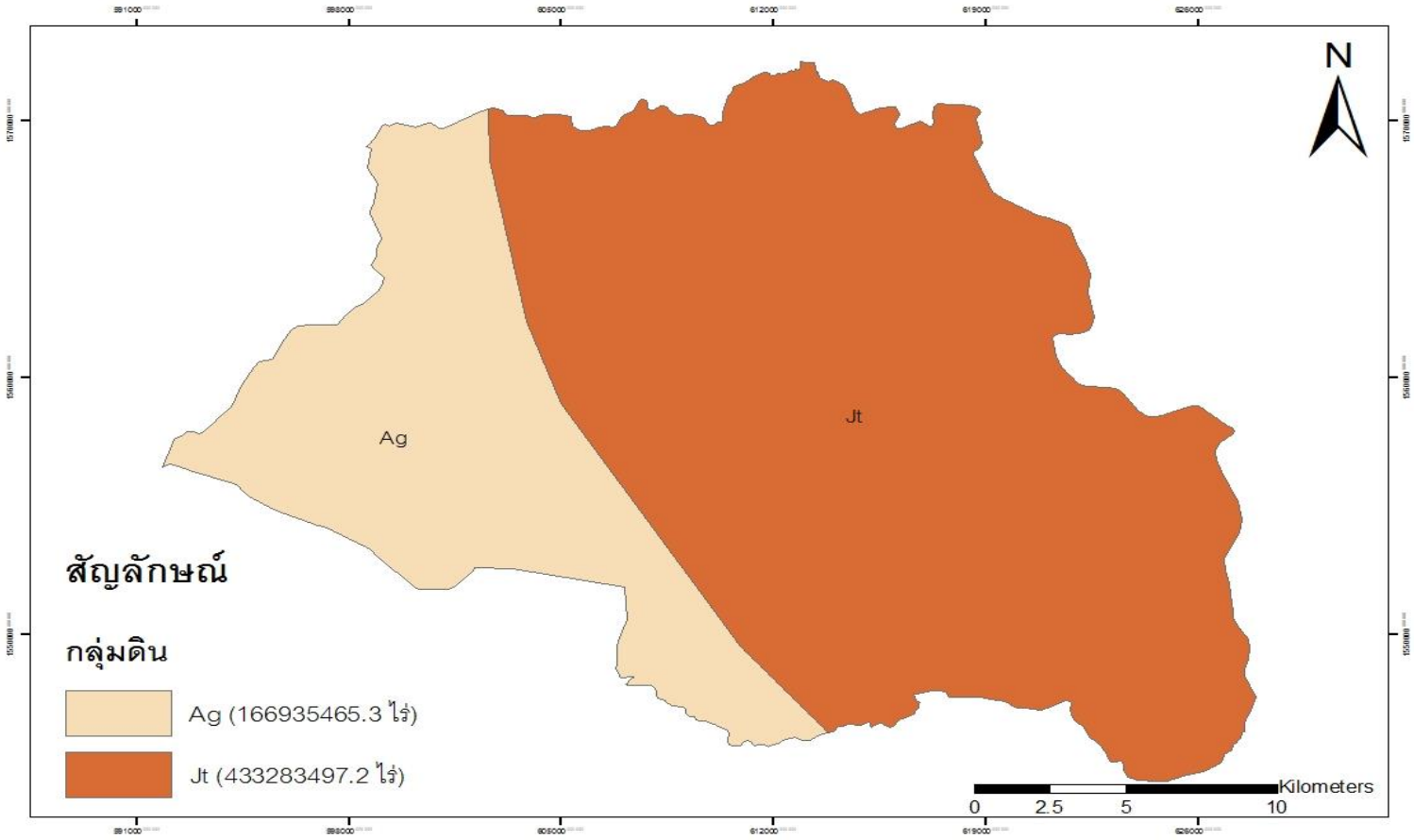
จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.5 และดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 แสดงกลุ่มดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

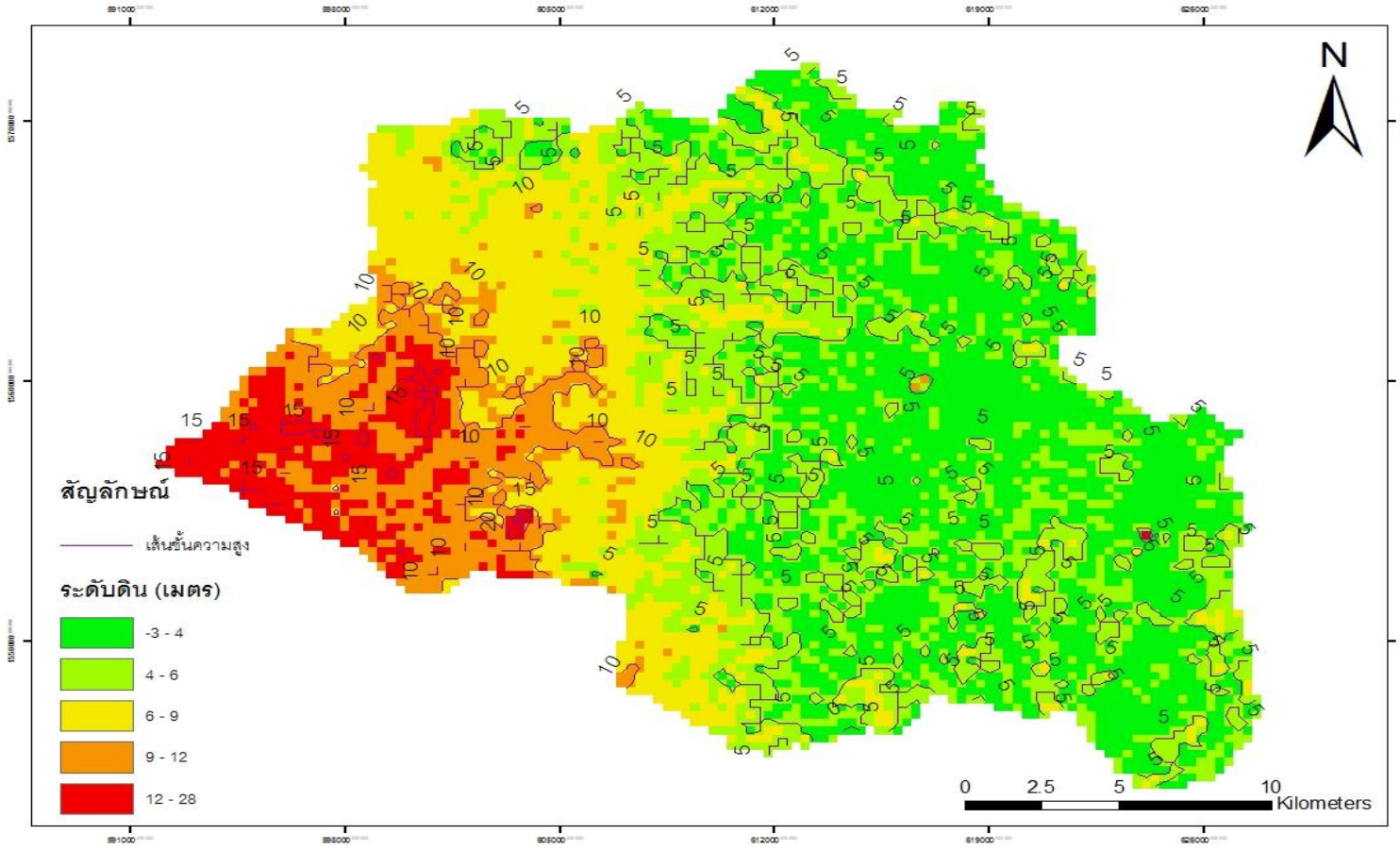
กลุ่มดิน	พื้นที่(ไร่)	% ของพื้นที่ทั้งหมด
Ag	166,935,465.3	27.81
Jt	433,283,497.2	72.19
รวมทั้งหมด	600,218,962.5	100.00

หมายเหตุ Ag = Sandy Clay , Jt = Clay

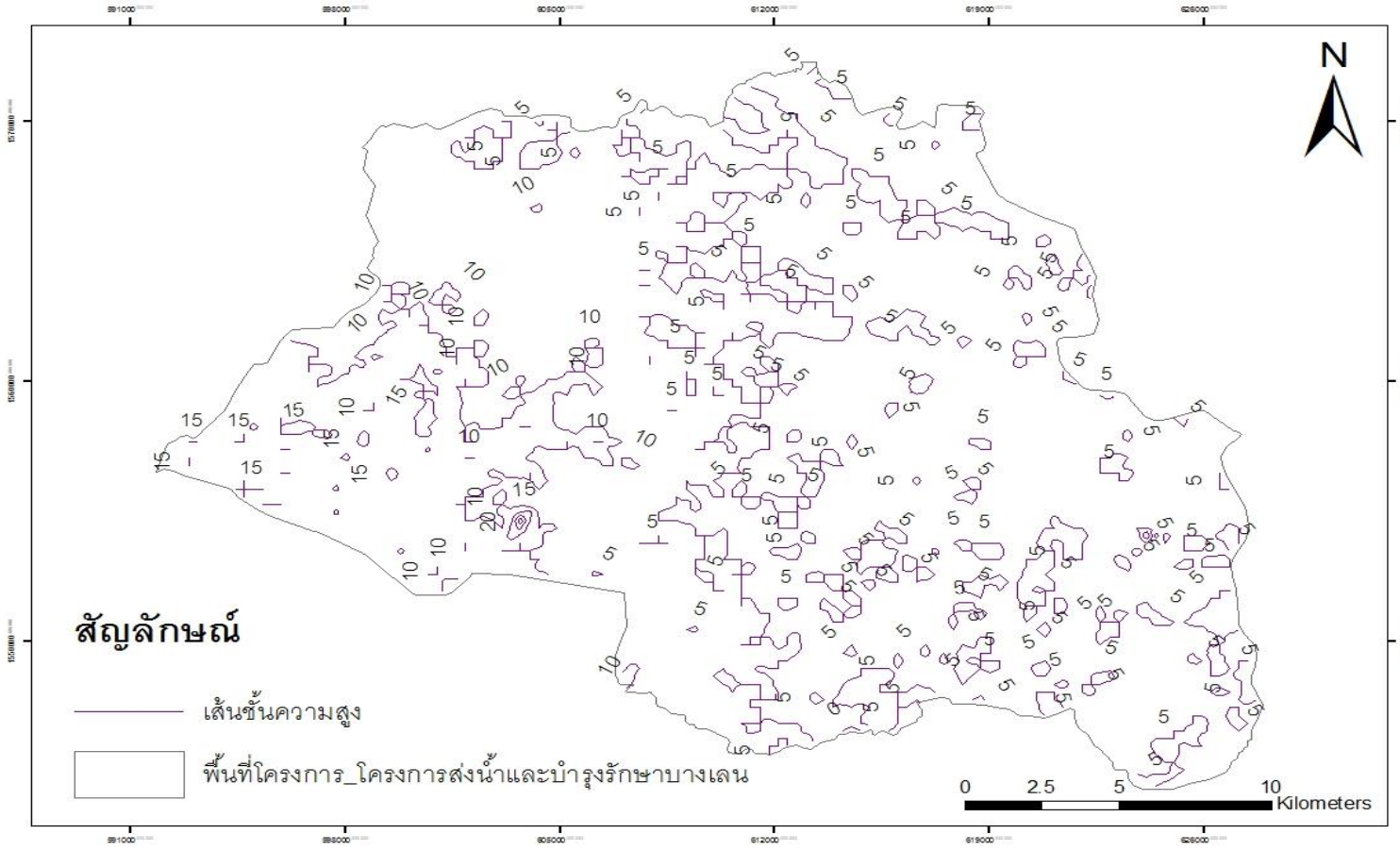
จากข้อมูลการใช้ที่ดินและข้อมูลระดับดินเดิม แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่ จะอยู่ในกลุ่มดินประเภท Jt ซึ่งดิน Jt เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ รวมถึงระดับดินเดิม (ดังรูปที่ 4.8) ซึ่งเป็นที่ลุ่มจึงเหมาะแก่การปลูกข้าว ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆและพืชไร่ จะอยู่ในกลุ่มดินประเภท Ag ซึ่งมีส่วนประกอบของดินทรายเป็นส่วนใหญ่และมีระดับดินเดิมที่ค่อนข้างสูงจังเหมาะแก่การปลูกพืชไร่



รูปที่ 4.7 แผนที่แสดงกลุ่มดินในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

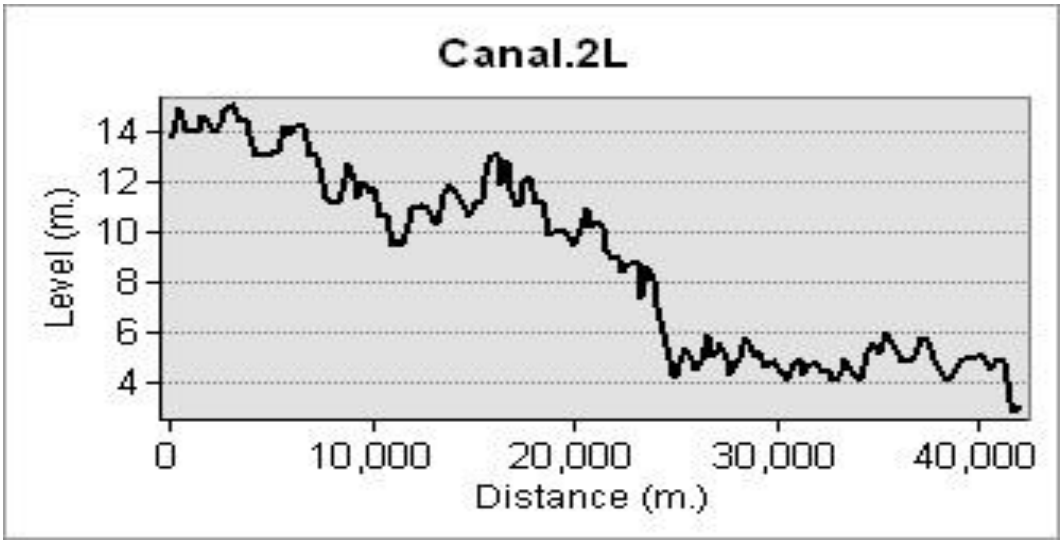


รูปที่ 4.8 แผนที่แสดงระดับดินในเขตที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

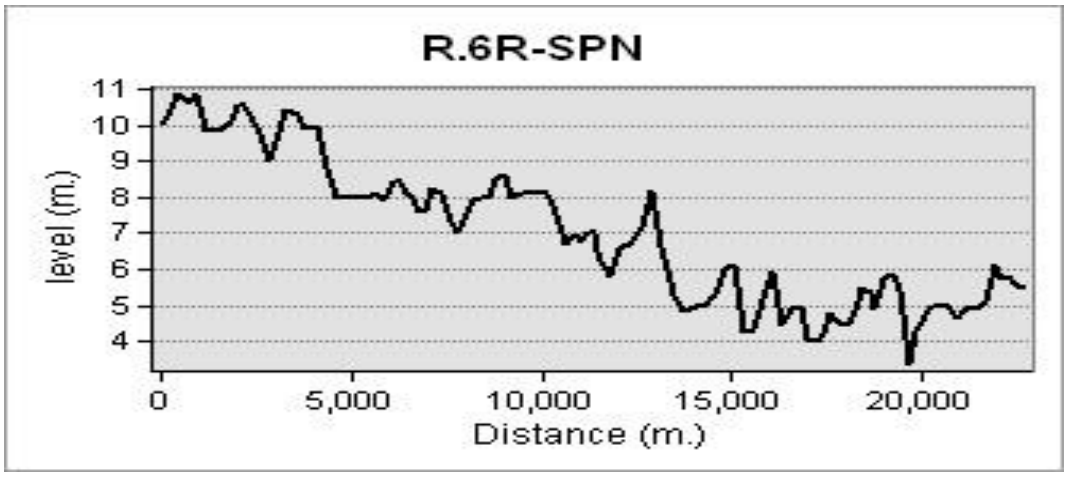


รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงในเขตที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

จากการวิเคราะห์ระดับดินเดิมของคลองส่งน้ำชลประทาน 2ซ้าย และคลองระบายน้ำ 6ขวา-สองพี่น้อง โดยสรุปได้ว่าที่รูป 4.10 และ 4.11 มีลักษณะดินสูงทางด้านขวาและลดลงมาเรื่อยๆ จึงเหมาะสมแล้วเมื่อเทียบกับแผนที่แสดงระดับดิน (รูปที่ 4.8) ที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ดอนทางฝั่งซ้าย และเป็นที่ลุ่มทางฝั่งขวา โดยมีประโยชน์เพื่อนำไปคำนวณปริมาณดินขุด – ดินถม และคำนวณหาระดับน้ำต่อไป



รูปที่ 4.10 แสดงระดับดินเดิมคลองส่งน้ำชลประทาน 2ซ้าย

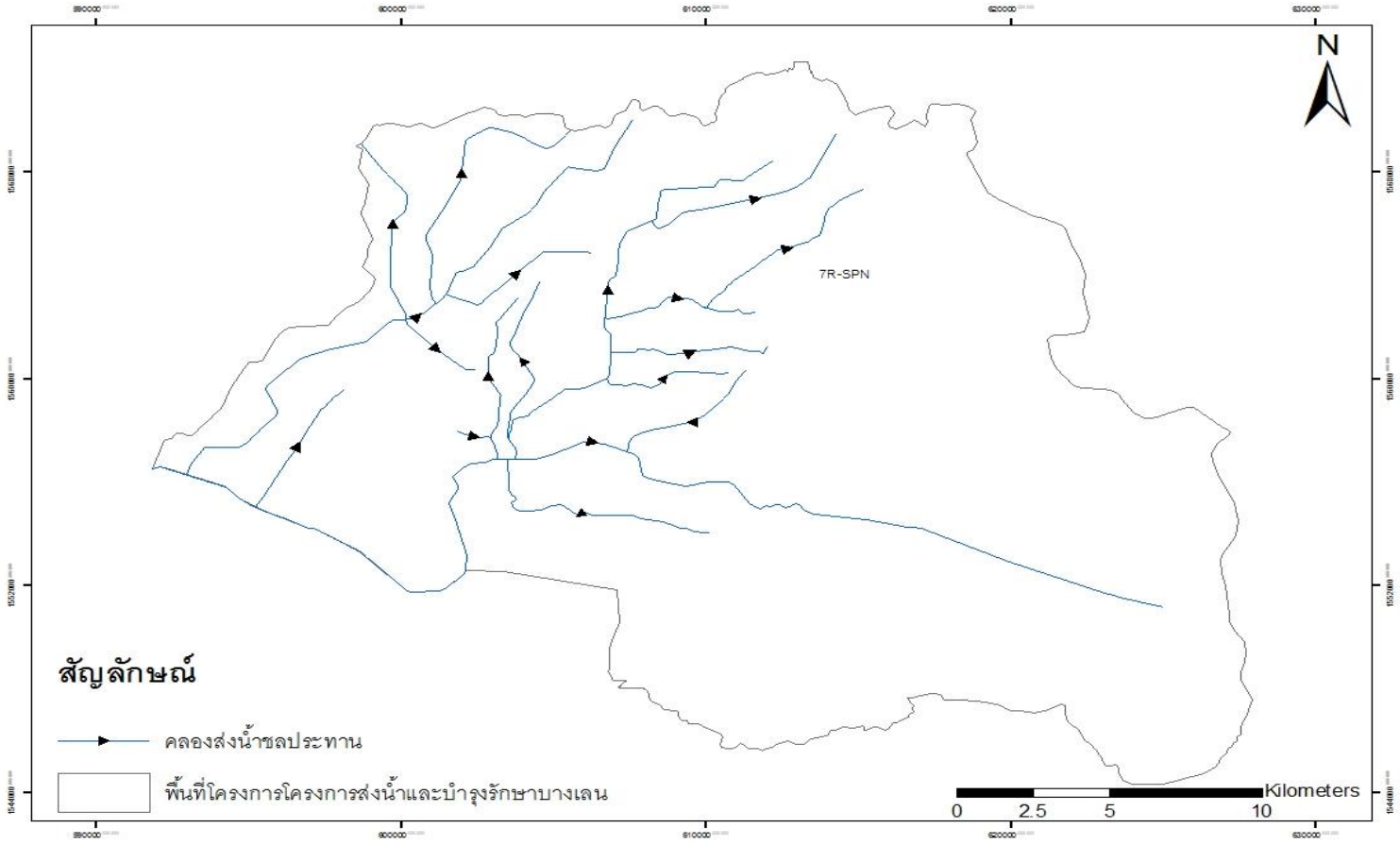


รูปที่ 4.11 แสดงระดับดินเดิมคลองระบายน้ำ 6ขวา-สองพี่น้อง

หมายเหตุ ระดับดินใหม่ทางโครงการไม่ได้ให้ข้อมูล

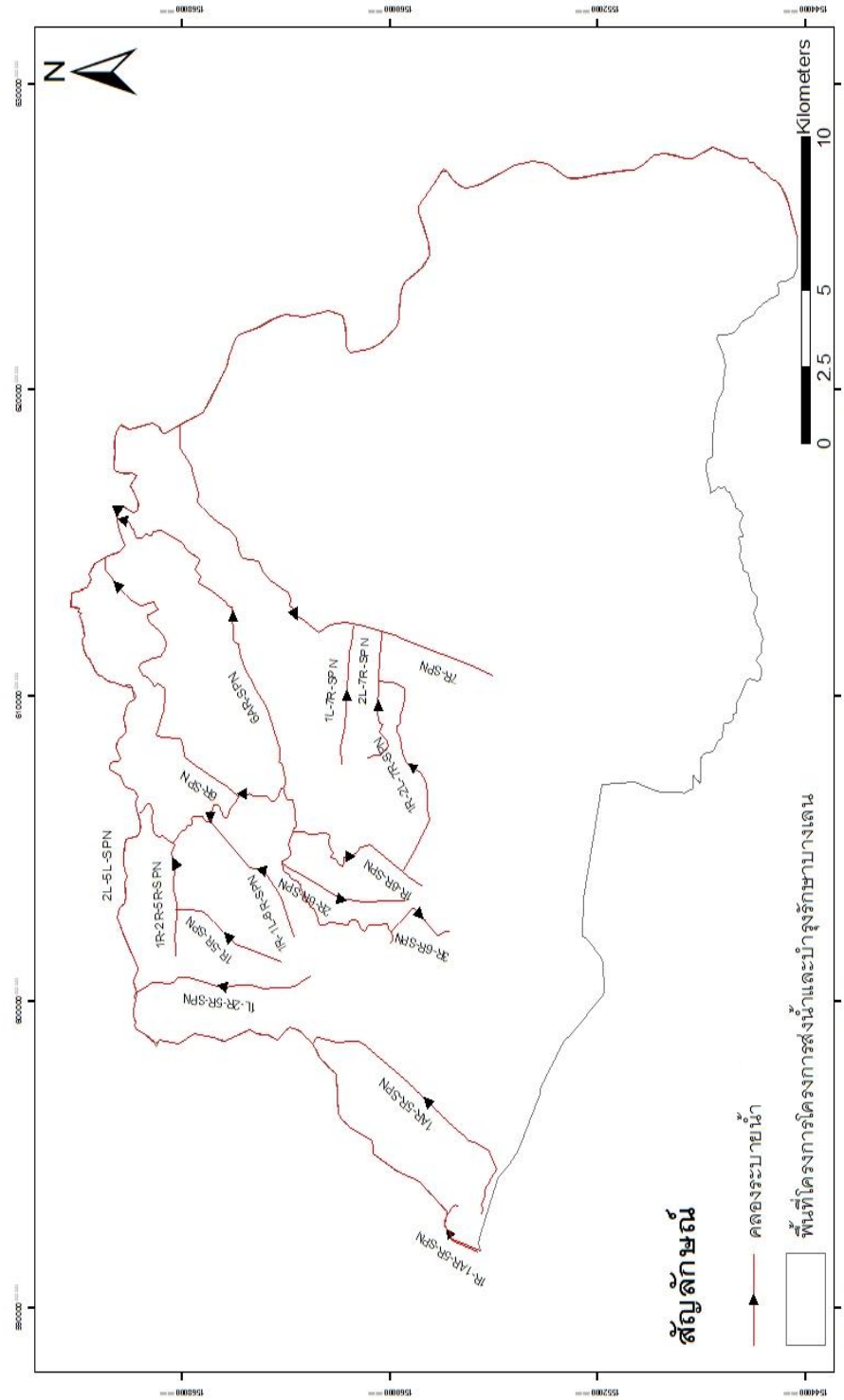
4.7) คลองชลประทานในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

จากข้อมูลสามารถวิเคราะห์ได้ว่า มีคลองส่งน้ำชลประทานทั้งหมด 18 สาย โดยมีคลองส่งน้ำสายใหญ่ 2ซ้ายทำหน้าที่รับน้ำจากเขื่อนแม่กลอง มีคลองระบาย 16 สาย และคลองส่งและระบายน้ำ 14 สาย (คลองธรรมชาติ) ดังรูปที่ 4.14, 4.15, 4.16 และ 4.17 และได้แสดงตัวอย่างของบัญชีอาคารของคลองระบายน้ำ 7ขวา-สองพี่น้อง ดังตารางที่ 4.6

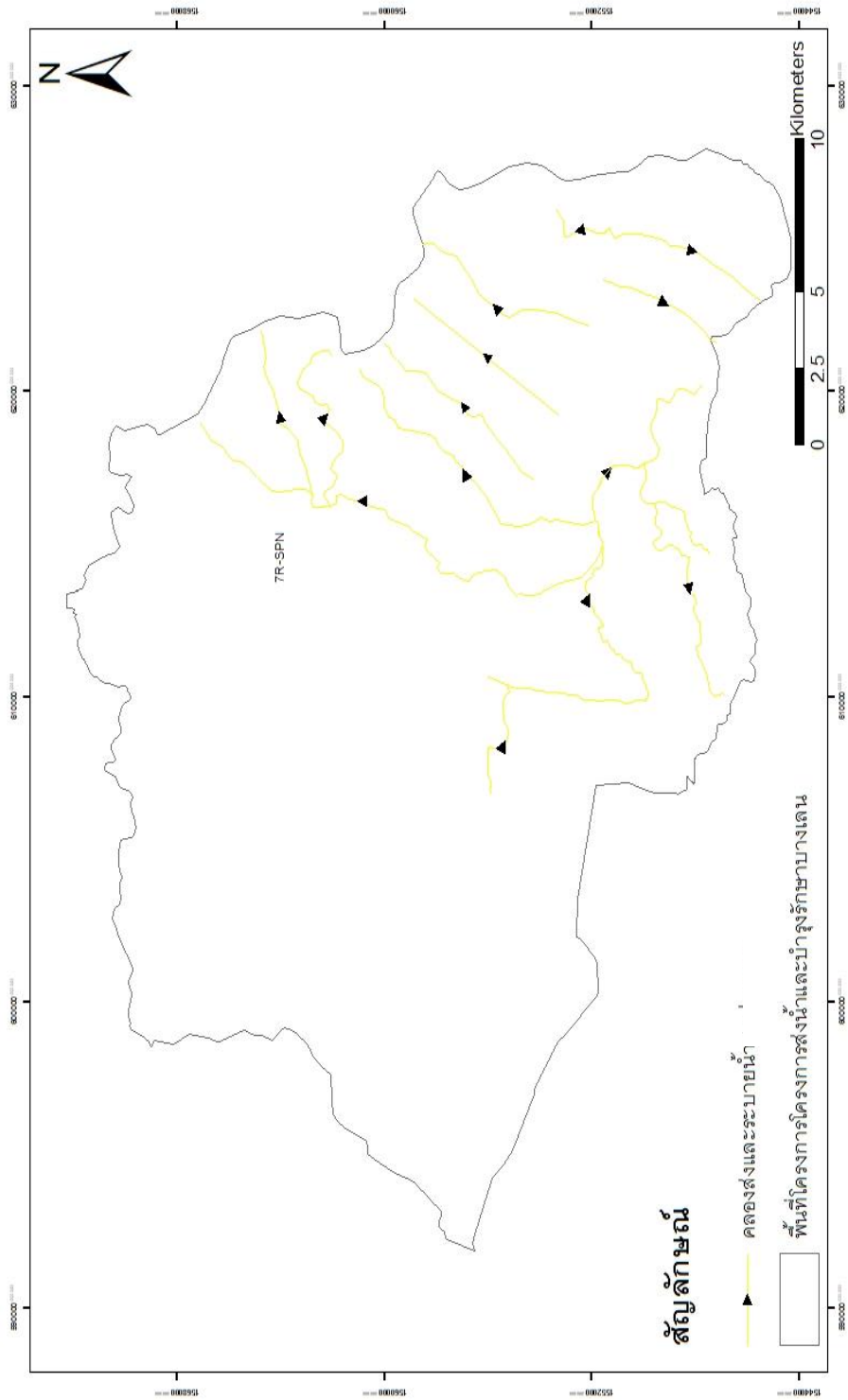


รูปที่ 4.12 แผนที่แสดงคลองส่งน้ำชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

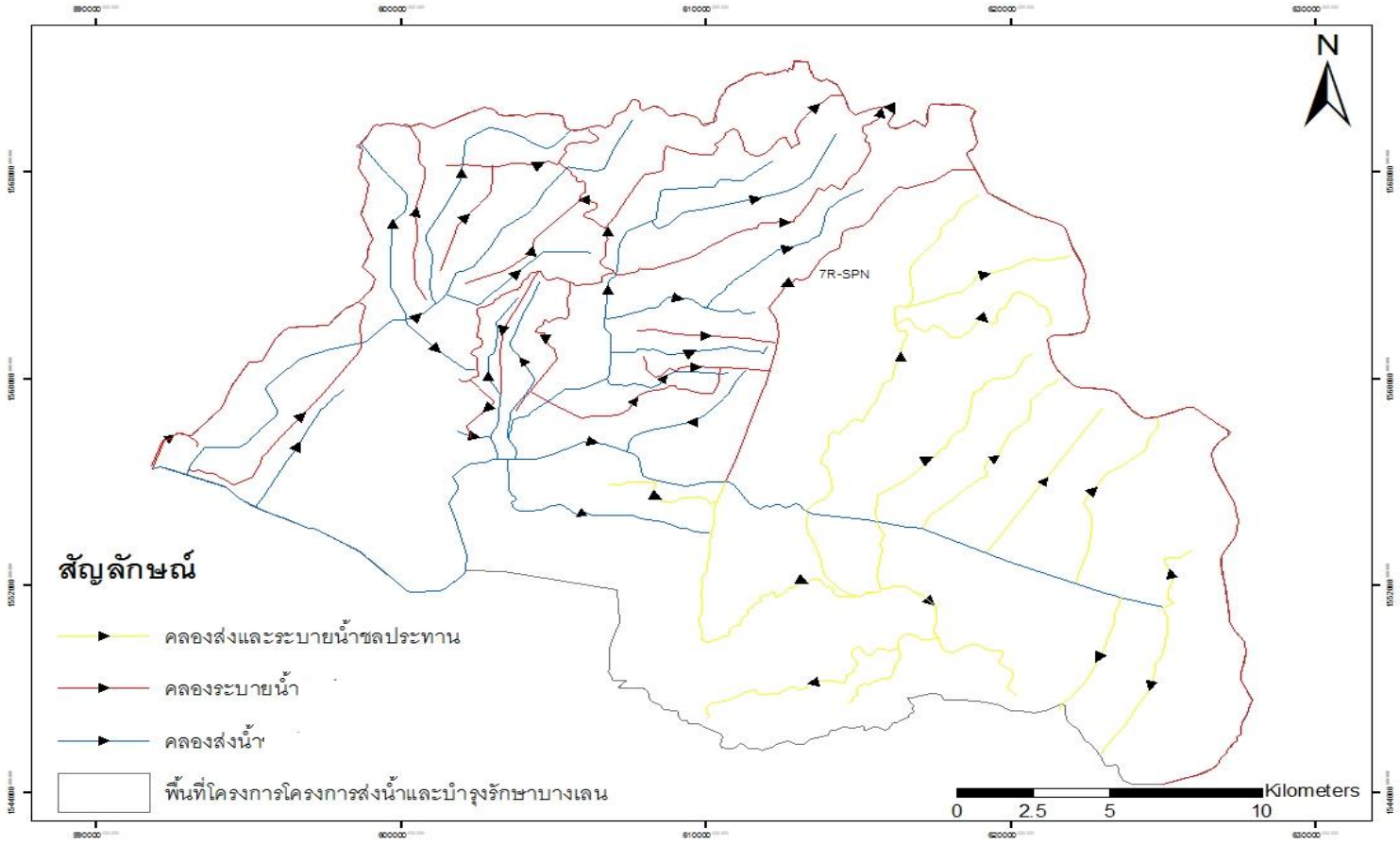
(มีคลองส่งน้ำชลประทานทั้งหมด 18 สาย)



รูปที่ 4.13 แผนที่แสดงคลองระบายน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางแสน
(มีคลองระบายน้ำทั้งหมด 16 สาย)

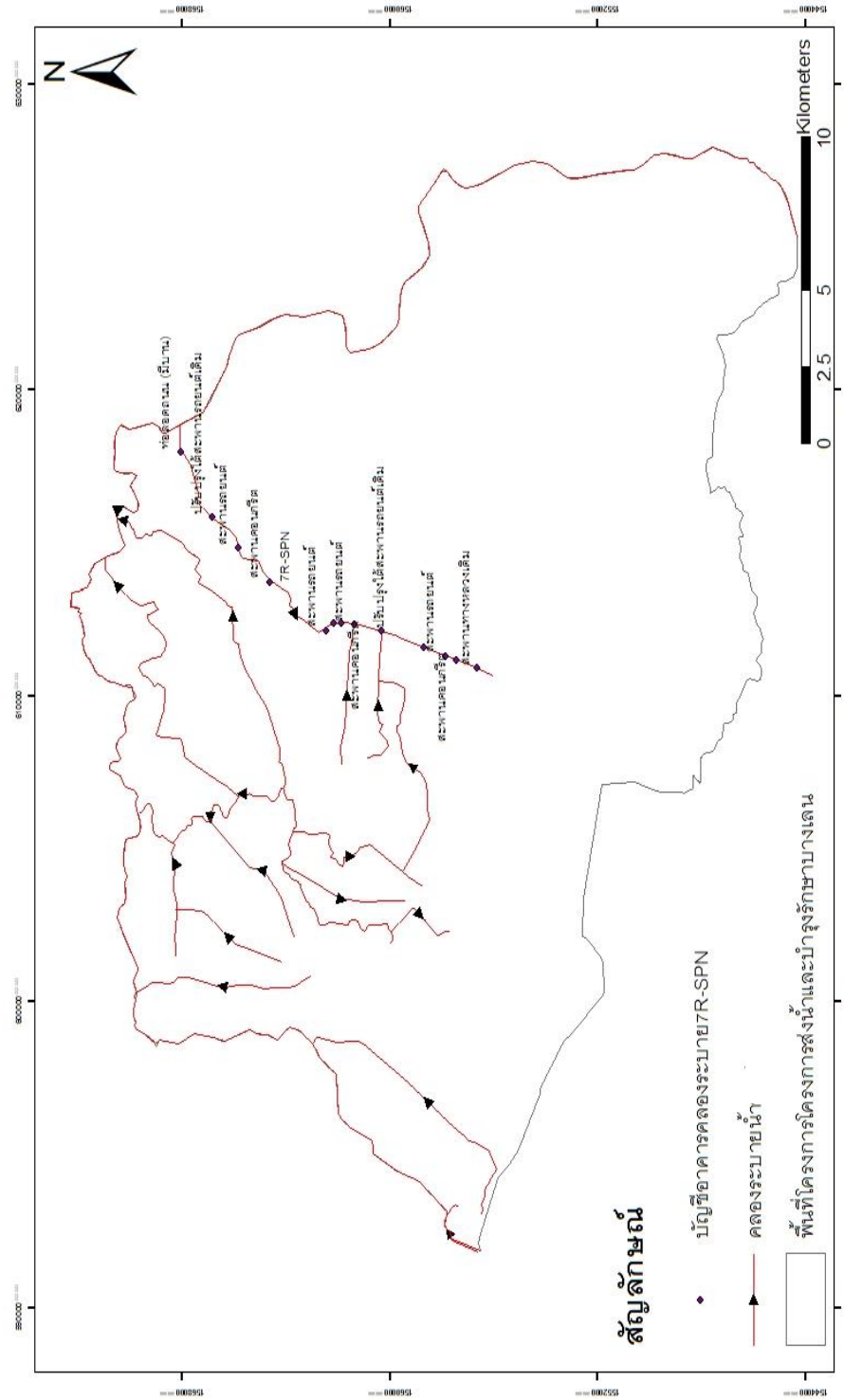


รูปที่ 4.14 แผนที่แสดงคลองส่งและระบายน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน
(มีคลองส่งและระบายน้ำทั้งหมด 14 สาย)



รูปที่ 4.15 แผนที่แสดงคลองชลประทานในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเ

(มีคลองชลประทานทั้งหมด 48 สาย เป็นคลองที่ต่อมาจากคลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย)



รูปที่ 4.16 แสดงตัวอย่างบัญชีอาคารคลองระบายน้ำ

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงตัวอย่างบัญชีอาคารคลองระบายน้ำ 7ขวา-สองพี่น้อง

บัญชีอาคารในคลองระบายน้ำ										
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน										
คลองระบายน้ำ 7ขวา-สองพี่น้อง										
ที่	กม.	ชนิดอาคาร	ขนาดอาคาร	พิกัด		พิกัด - UTM		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
	ของคลอง			เส้นรุ้ง(X)	เส้นแวง(Y)	E	N			
1	0+870	ท่อลอดถนน (มีบาน)	3 - □ 2.00 x 2.00 x 20.00 ม.	14.181245°	100.093110°	0617959	1568047	บางเลน	สองพี่น้อง	สุพรรณบุรี
2	3+685	ปรับปรุงใต้สะพานรถยนต์เดิม		14.170134°	100.073238°	0615820	1566808	บางเลน	สองพี่น้อง	สุพรรณบุรี
3	5+135	สะพานรถยนต์	4.00 x 24.00 ม.	14.161452°	100.063922°	0614819	1565843	บางเลน	สองพี่น้อง	สุพรรณบุรี
4	7+150	สะพานคอนกรีต	2.40 x 15.00 ม.	14.150449°	100.053634°	0613714	1564621	บางเลน	สองพี่น้อง	สุพรรณบุรี
5	10+110	สะพานรถยนต์	4.00 x 16.00 ม.	14.131021°	100.037092°	0611938	1562464	ห้วยม่วง	กำแพงแสน	นครปฐม
6	10+720	ท่อลอดทางหลวง (ไม่มีบาน	-	14.128721°	100.042065°	0612476	1562212	ห้วยม่วง	กำแพงแสน	นครปฐม
7	10+910	สะพานคอนกรีต	4.00 x 24.00 ม.	14.126552°	100.041833°	0612452	1561972	ห้วยม่วง	กำแพงแสน	นครปฐม
8	11+520	สะพานรถยนต์	4.00 x 16.00 ม.	14.121052°	100.040715°	0612334	1561363	ห้วยม่วง	กำแพงแสน	นครปฐม
9	12+610	ปรับปรุงใต้สะพานรถยนต์เดิม	-	14.111522°	100.038745°	0612126	1560308	ห้วยม่วง	กำแพงแสน	นครปฐม
10	14+330	สะพานรถยนต์	4.00 x 24.00 ม.	14.096754°	100.033556°	0611573	1558672	ห้วยม่วง	กำแพงแสน	นครปฐม
11	15+185	สะพานรถยนต์	4.00 x 15.00 ม.	14.089397°	100.031013°	0611302	1557857	สระพัฒนา	กำแพงแสน	นครปฐม
12	15+650	สะพานคอนกรีต	2.40 x 15.00 ม.	14.085488°	100.029680°	0611160	1557424	สระพัฒนา	กำแพงแสน	นครปฐม
13	16+530	สะพานทางหลวงเดิม	-	14.078393°	100.027147°	0610890	1556638	สระสี่มุม	กำแพงแสน	นครปฐม

4.8) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละสถานีในเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

จากวิธี kriging และ Theissen Polygons ได้ค่าเฉลี่ยน้ำฝนในเขตพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน 828.5 ม.ม. และจากการเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรานเดือนรอบ ๆ เขตโครงการใช้ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน จำนวนทั้งสิ้น 21 ปี (2538-2559) รวม 11 สถานี ได้แก่ พนมทวน, ท่ามะกา, บางเลน, กำแพงแสน 2 สถานี, ท่าม่วง, อู่ทอง 2 สถานี, ดอนตูม, สองพี่น้อง และลาดบัวหลวง วิเคราะห์ได้ (ดังตารางที่ 4.6, 4.7 และรูปที่ 4.12 และ 4.13) ว่า

- ในเดือนมกราคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีอู่ทอง 76.7 ม.ม./เดือน
- ในเดือนกุมภาพันธ์สถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีบางเลน 87.1 ม.ม./เดือน
- ในเดือนมีนาคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีสองพี่น้อง 317.3 ม.ม./เดือน
- ในเดือนเมษายนสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีอู่ทอง 654.1 ม.ม./เดือน
- ในเดือนพฤษภาคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีลาดบัวหลวง 1435.7 ม.ม./เดือน
- ในเดือนมิถุนายนสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีลาดบัวหลวง 1129.0 ม.ม./เดือน
- ในเดือนกรกฎาคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีท่ามะกา 1143.4 ม.ม./เดือน
- ในเดือนสิงหาคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีบางเลน 1216.3 ม.ม./เดือน
- ในเดือนกันยายนสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีสองพี่น้อง 2265.0 ม.ม./เดือน
- ในเดือนตุลาคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีบางเลน 2351.7 ม.ม./เดือน
- ในเดือนพฤศจิกายนสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีกำแพงแสน 565.6 ม.ม./เดือน
- ในเดือนธันวาคมสถานีที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดได้แก่ สถานีพนมทวน 87.7 ม.ม./เดือน

จากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์แสดงผลได้ดังตารางที่ 4.7 และดังรูปที่ 4.18 และ 4.19

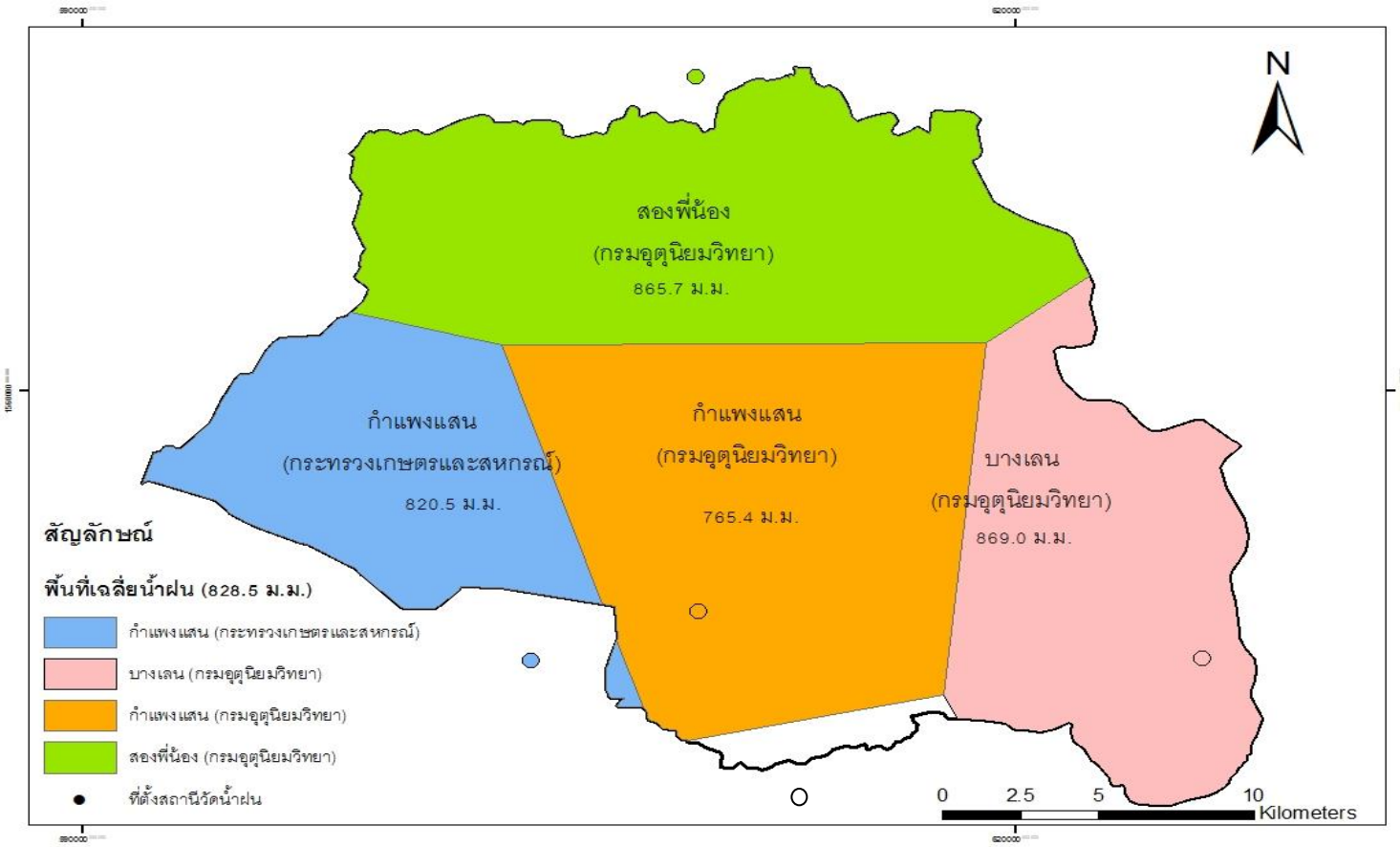
ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 21 ปีของแต่ละสถานีรอบเขตโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน (ม.ม./เดือน)

สถานี	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย	ธ.ค.
สองพี่น้อง	32.7	85.8	317.3	539.2	1267.2	829.4	1142.7	1159.8	2265.0	2270.2	425.2	54.5
กำแพงแสน	28.1	51.6	286.4	375.3	1028.3	747.1	1038.4	1099.0	2141.3	1786.3	565.6	37.3
บางเลน	16.4	87.1	296.2	552.1	1056.3	813.6	1093.5	1216.3	2386.7	2351.7	515.0	42.5
กำแพงแสน	10.7	46.5	261.0	468.7	1046.6	878.2	1101.4	1068.5	2203.4	2165.5	551.6	44.0

ST_NAME	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	Avg	Area	Avg x Area
Song Phi Nong	32.7	85.8	317.3	539.2	1267.2	829.4	1142.7	1159.8	2265.0	2270.2	425.2	54.5	865.7	0.015245	13.19821
Kamphaeng Saen	28.1	51.6	286.4	375.3	1028.3	747.1	1038.4	1099.0	2141.3	1786.3	565.6	37.3	765.4	0.014881	11.39001
Bang Len	16.4	87.1	296.2	552.1	1056.3	813.6	1093.5	1216.3	2386.7	2351.7	515.0	42.5	869.0	0.010902	9.473405
Kamphaeng Saen Agromet	10.7	46.5	261.0	468.7	1046.6	878.2	1101.4	1068.5	2203.4	2165.5	551.6	44.0	820.5	0.008367	6.865216
													sum	0.049395	40.92685
													น้ำฝนเฉลี่ย 828.5 ม.ม.		

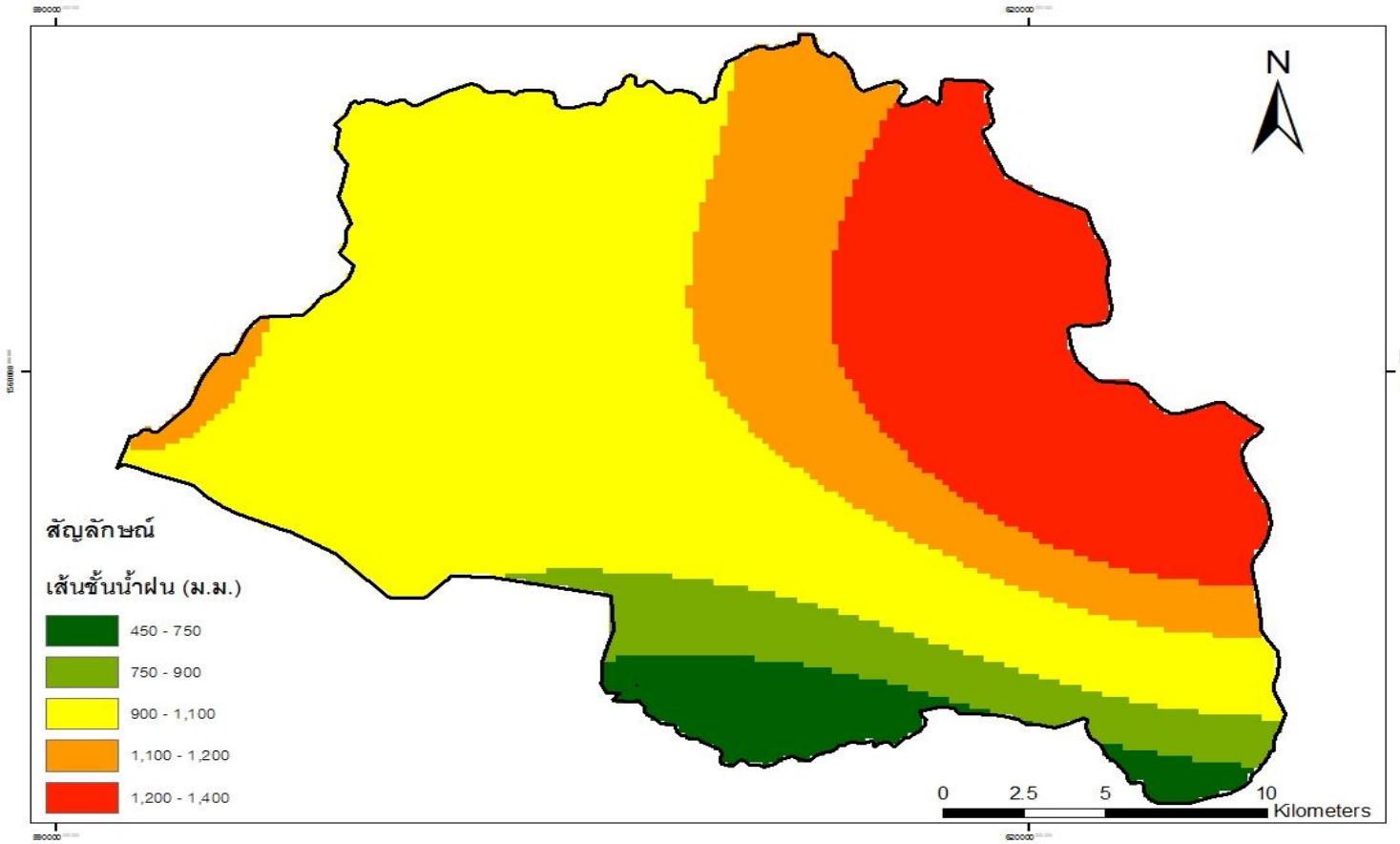
ตารางที่ 4.8 แสดงการคำนวณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการด้วยวิธี Theissen Polygons

หมายเหตุ จากข้อมูล สถานี



รูปที่ 4.17 แผนที่แสดงน้ำฝนเฉลี่ยในเขตที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน

หมายเหตุ พื้นที่ ◘ ไม่ได้นำมาคำนวณ เนื่องจากไม่มีข้อมูล



รูปที่ 4.18 แผนที่แสดงน้ำฝน

(แสดงเส้นชันน้ำฝนของช่วงเวลา 21 ปี โดยอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดนครปฐม และ สุพรรณบุรี)

บทที่ 5
สรุปผล

การดำเนินงานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน ในเขตอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสำนักชลประทานที่ 13 นั้น สามารถนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่โครงการ และเป็นระบบฐานข้อมูลด้านต่างๆของโครงการ

จากการนำโปรแกรม ArcGIS มาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลของโครงการ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลคลองชลประทาน ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land use) ข้อมูลสถานีวัดน้ำฝน รวมถึงข้อมูลระดับดินเดิม แล้วแสดงผลออกมาในลักษณะของแผนที่และข้อมูลตัวหนังสือ ทำให้สามารถเห็นภาพรวมของโครงการได้ชัดเจนขึ้น ช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้นโดยเฉพาะในด้านของการบริหารจัดการน้ำเพื่อระบบชลประทานในโครงการเนื่องจากมีการเก็บข้อมูลในแง่ของการวางแนวคลองส่ง-คลองระบาย เส้นทางการไหลของน้ำ ระดับดินเดิม รวมไปถึงลักษณะการใช้ประโยชน์ของที่ดิน

จากการวิเคราะห์ผลสรุปได้ว่าโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน มีตั้งหัวงานโครงการตั้งอยู่หมู่ที่ 14 ตำบลสระพัฒนา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีพื้นที่ทั้งหมด 375,136.9 ไร่ ครอบคลุม 2 จังหวัด 4 อำเภอ และ 32 ตำบล โดยมีการใช้ที่ดินประเภท เกษตรกรรมอื่น ๆ (บ่อกุ้ง – บ่อปลา) มากที่สุด และมีคลองส่งน้ำชลประทาน 18 สาย คลองระบายน้ำ 16 สาย และคลองส่งและระบาย 14 สาย และจากการวิเคราะห์น้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่โครงการ โดยวิธี Theissen Polygons (อุทกวิศวกรรม) ได้ฝนเฉลี่ย 828.5 ม.ม.

บทที่ 3 อธิบายถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานรวมถึงข้อมูลพื้นฐานในการทำโครงงาน เช่น ข้อมูลพื้นที่ ข้อมูลแผนที่ ร่วมถึงอธิบายขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS มีวิธีการอย่างไร โดยมีขั้นตอน การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การใส่พิกัด การสร้างข้อมูลประเภท Shapefile การสร้างข้อมูลเชิงเส้น การเชื่อมโยงและส่งออกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การหาค่าเฉลี่ยน้ำฝน การหาค่าระดับดินเดิม การจัดทำแผนที่ การแก้ไขลายระเอียดต่าง ๆ และการใส่สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำโครงงาน

บทที่ 4 อธิบายถึงการวิเคราะห์และวิจารณ์ผลที่ได้จากการทำโปรแกรม Google Earth และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (ArcGIS) รวมถึงการแสดงผลด้วยรูปภาพและแผนที่ โดยแสดงแผนที่โครงการ แผนที่จังหวัด อำเภอ และตำบล แผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่ระดับดินเดิม และแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน

บทที่ 6
ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่ใช้มาประยุกต์ในงานด้านวิศวกรรมชลประทานโดยเฉพาะโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โดยโปรแกรม ArcGIS และ โปรแกรม Google Earth นั้นเป็นโปรแกรมหนึ่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูล เพื่อนำผลมาวิเคราะห์และแสดงผล เพื่อนำเสนอให้แก่ผู้ใช้ ซึ่งโปรแกรมในลักษณะนี้ ยังมีอยู่อีกหลายโปรแกรม ดังนั้นในการเลือกใช้โปรแกรมใดนั้น จะขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ต้องการความสะดวกในการวิเคราะห์ผล และความสามารถของผู้ใช้

จากการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และแสดงผลโดยใช้โปรแกรม ArcGIS พบว่ายังมีข้อผิดพลาดอีกเล็กน้อย โดยเฉพาะในขั้นตอนแสดงผลในเรื่องพื้นที่โครงการและพื้นที่การใช้ที่ดิน เช่น ข้อมูลที่ได้มาจากโครงการมีพื้นที่ทั้งหมด 369,000 ไร่ แต่ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ArcGIS ได้พื้นที่ทั้งหมด 375,136.9 ไร่ ซึ่งข้อผิดพลาดอาจเนื่องมาจากการป้อนข้อมูลผิดพลาดหรือจะมาจากข้อมูลจากโครงการผิดก็ได้

การศึกษาเพิ่มเติมในโปรแกรม ArcGIS ยังมีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ผลที่จำเป็นและน่าเรียนรู้อีกมากมาย ดังนั้น ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อประโยชน์ และเพื่อความละเอียดถูกต้องของการพัฒนางานในระบบการชลประทานต่อไป โดยการทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากหลายแหล่งข้อมูลควรคำนึงถึงความถูกต้องและต้องตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุกครั้ง และในการพัฒนางานวิจัยครั้งต่อไป อาจสามารถนำเสนอในรูปแบบของสามมิติหรืออนิเมชั่น เพื่อทำให้เกิดความสวยงามและความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

จากการทำค่าเฉลี่ยน้ำฝน ยังมีอีกหลายวิธีที่สามารถนำมาคำนวณค่าได้นอกจาก วิธี Kriging และ Theissen Polygons ดังนั้นในการเลือกใช้โปรแกรมใดนั้น จะขึ้นอยู่กับข้อมูลและผลลัพธ์ที่ต้องการตามความเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

ผศ.ดร.สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ. (2546). วิศวกรรมอุทกวิทยา. กรุงทพมหานคร (หน้า 31): ไลบรารี่ไนน์ พับลิชชิ่ง

ผศ.ดร.สายสุนีย์ พุทธาคุณเจริญ. (2546). วิศวกรรมอุทกวิทยา. กรุงทพมหานคร (หน้า 40): ไลบรารี่ไนน์ พับลิชชิ่ง

อ.ดร.วิษุวัฒก แตสมบัติ. (2555a). อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. นครปฐม (หน้า 2-1): ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

อ.ดร.วิษุวัฒก แตสมบัติ. (2555b). อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. นครปฐม (หน้า 3-1): ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

อ.ดร.วิษุวัฒก แตสมบัติ. (2555c). อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. นครปฐม (หน้า 3-2): ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

อ.ดร.วิษุวัฒก แตสมบัติ. (2555d). อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. นครปฐม (หน้า 3-15): ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

กีรติ ลีวัจนกุล. (2546). การไหลในทางน้ำเปิด. นครปฐม: ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

รองศาสตราจารย์สุเพชร จิรขจรกุล. (2555a). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc GIS 10.1 for Desktop. นนทบุรี (หน้า 31-32): บริษัท เอ. พี. กราฟฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

รองศาสตราจารย์สุเพชร จิรขจรกุล. (2555b). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc GIS 10.1 for Desktop. นนทบุรี (หน้า 32-39): บริษัท เอ. พี. กราฟฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

รองศาสตราจารย์สุเพชร จิรขจรกุล. (2555c). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc GIS 10.1 for Desktop. นนทบุรี (หน้า 39-42): บริษัท เอ. พี. กราฟฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

รองศาสตราจารย์สุเพชร จิรขจรกุล. (2555d). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc GIS 10.1 for Desktop. นนทบุรี (หน้า 42-49): บริษัท เอ. พี. กราฟฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

รองศาสตราจารย์สุเพชร จิรขจรกุล. (2555e). เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม Arc GIS 10.1 for Desktop. นนทบุรี (หน้า 49-52): บริษัท เอ. พี. กราฟฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

นายเกริก จันทร์อรุณ. 2559. หน้าที่ของ Gis. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://student.nu.ac.th/geograp hica/Geo-3unit4.htm

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2559. ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.gisthai.og/about-gis/data-gis.html

ธีรศักดิ์ มนตรี. 2559. เทคนิคแหละวิธีการนำเข้าข้อมูล. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://mateteerasak.blogspot.com/2015/03/blog-post_19.html

Asst. Prof. Sombat Yumuang, Ph.D. 2559. ประโยชน์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.gisthai.org/about-gis/

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. 2559. การวัดปริมาณน้ำฝน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=2&chap=4&page=t2-4-infodetail04.html

Eakanpan Boonsrem. 2559. การประมาณค่าช่วงน้ำฝน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://eakgis2.blogspot.com/2014/02/6-surface-analysis.html

กษม จันทร์เนียม. 2559. การส่งน้ำชลประทาน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://eakgis2.blogspot.com/2014/02/6-surface-analysis.html

กรมชลประทาน. 2559. การระบายน้ำ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://kromchol.rid.go.th/lproject/2010/index.php/2011-07-16-11-26-03/51-2011-05-04-06-28-07

สำนักงานชลประทานที่13. 2559. ประวัติสำนักงานชลประทานที่13. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://irrigation.rid.go.th/om13/rid13/groups/dam/dam.html

กรมชลประทาน. 2559. โครงการส่งน้ำแหละบำรุงรักษากำแพงแสน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://irrigation.rid.go.th/kampaengsaen/2013/s-o1.html

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน, (2559), รายงานการศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา, กาญจนบุรี, กรมชลประมาน

สำนักชลประทานที่ 13, (2559), รายงานการศึกษาโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา, กาญจนบุรี, กรมชลประทาน

food and agriculture organization of the united nation. 2559. ข้อมูลดิน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.fao.org/home/en/