

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือก
แนวทางหลวงเบื้องต้น กรณีศึกษา อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศิริพร ตรีธาร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์

กุมภาพันธ์ 2547

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือก
แนวทางหลวงเบี่ยงต้น กรณีศึกษา อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

บทคัดย่อ
ของ
ศิริพร ตรีธาร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
กุมภาพันธ์ 2547

ศิริพร ตรีธาร. (2547). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น กรณีศึกษา อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ. นครราชสีมา. ปรินญาณิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.คณะกรรมการควบคุม : ศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ, อาจารย์เกษม ศรีวรานันท์, อาจารย์เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์.

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล(RS) มาใช้ในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น จาก อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ 5 ปัจจัย คือปัจจัยด้าน ความชัน, ปัจจัยด้านอุทกวิทยา, ปัจจัยด้านธรณีวิทยา, ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา และปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน การจัดลำดับความเหมาะสมในแต่ละปัจจัย ใช้มาตรฐาน(Standard), ข้อพิจารณา (Criteria) และข้อจำกัด (Restriction) ของการออกแบบแนวเส้นทางมาเป็นเกณฑ์กำหนด ส่วนการจัดลำดับความสำคัญและการถ่วงน้ำหนัก ได้จากการออกแบบประเมินกับวิศวกรงานทาง เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก(Weighted Model), จัดลำดับความเหมาะสมรวมของพื้นที่และคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านความชันและปัจจัยด้านการใช้ที่ดินมีความสำคัญอันดับ 1 หรือร้อยละ 30 ปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับ 2 หรือร้อยละ 20 คือปัจจัยด้านอุทกวิทยา ปัจจัยด้านธรณีวิทยาและปัจจัยด้านปฐพีวิทยา มีความสำคัญอันดับ 3 หรือร้อยละ 10 โดยสร้างเป็นแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการ ได้ดังนี้

$$S = 0.3X_1 + 0.2X_2 + 0.1X_3 + 0.1X_4 + 0.3X_5$$

เมื่อ

S = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวม

X_1 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านความชัน

X_2 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านอุทกวิทยา

X_3 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านธรณีวิทยา

X_4 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านปฐพีวิทยา

X_5 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน

ผลการจัดลำดับความเหมาะสมรวมของพื้นที่พบว่า พื้นที่ที่มีเหมาะสมมากที่สุดเป็นพื้นที่ราบและไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากเป็นพื้นที่ราบหรือเป็นที่เนินเล็กน้อยและส่วนใหญ่ใช้เพาะปลูกพืชไร่ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางเป็นพื้นที่ลูกเนินและใช้เพาะปลูกพืชไร่ ยกเว้นในพื้นที่ราบเชิงเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ในเขตบ้านกุดไทรง

บ้านวังสืด บ้านศาลเจ้า ซึ่งเป็นพื้นที่ราบแต่มีความเหมาะสมทางด้านธรณีวิทยาและปฐพีวิทยาน้อยกว่าบริเวณอื่น คือมีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินทรายแปงและสภาพทางปฐพีวิทยาเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแปง มีผลทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักน้อยมีศักยภาพการยึดและหดตัวสูง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยเป็นพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ชุมชนอยู่อาศัย และพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและเป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1

ผลการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น พบว่ามีแนวทางที่เหมาะสม 2 แนวทาง คือ

แนวเส้นทางที่ 1 เริ่มต้นจาก อ.ปากช่อง ผ่านบ้านหนองล้อมไผ่ บ้านซับพลู บ้านโป่งค่าง สิ้นสุดที่ อ.วังน้ำเขียว แนวเส้นทางอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดระยะทาง 6.80 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อ.ปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากระยะทาง 41.56 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 67.25 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่ายและตำบลคลองม่วง อ.ปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ระยะทาง 10.29 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 16.65 ในพื้นที่ตำบลระเริง ตำบลวังหมีและตำบลวังน้ำเขียว อ.วังน้ำเขียว พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยระยะทาง 2.95 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 4.78 ในพื้นที่ตำบลระเริง อ.วังน้ำเขียว และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดระยะทาง 0.2 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 0.32 ในพื้นที่ตำบลระเริง อ.วังน้ำเขียว รวมระยะทางทั้งหมด 61.80 กิโลเมตร ค่าคะแนนรวมเท่ากับ 237.20 คะแนน

แนวเส้นทางที่ 2 เริ่มต้นจาก อ.ปากช่อง ผ่านบ้านหัวสนาม บ้านหนองตาภู บ้านซับสำราญ บ้านเทพนิมิตร สิ้นสุดที่อ.วังน้ำเขียว แนวเส้นทางอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดระยะทาง 21.19 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 31.24 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อ.ปากช่อง และตำบลวังหมี อ.วังน้ำเขียว พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากระยะทาง 32.34 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47.68 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อ.ปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางระยะทาง 9.68 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 14.27 ในตำบลวังน้ำเขียว อ.วังน้ำเขียว พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยระยะทาง 4.4 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 6.49 ในตำบลชนงพระ และตำบลวังกะทะ อ.ปากช่อง และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดระยะทาง 0.22 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 0.32 ในพื้นที่ตำบลโป่งตาลอง อ.ปากช่อง รวมระยะทางทั้งหมด 66.83 กิโลเมตร ค่าคะแนนรวมเท่ากับ 273.39 คะแนน

THE APPLICATION OF GIS TO SELECT APPROPRIATE INITIAL HIGHWAY ROUTE.
: A CASE STUDY OF THE AREA OF AMPHOE PAKCHONG TO
AMPHOE WANG NAM KHAEW, CHANGWAT NAKHONRATCHASIMA.

AN ABTRACT
BY
SIRIPORN TREETHARN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Science degree in Geography
at Srinakharinwirot University
February 2004

Siriporn Treetharn. (2004). **The Application of GIS To Select Appropriate Initial Highway Route. : A Case Study of the area of Amphoe Pakchong to Amphoe Wang Nam Khaew, Changwat Nakhonratchasima.** Master thesis, M.Sc. (Geography). Bangkok: Graduate school, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Prof. Dr. Prasert Withayarat, Mr. Kasem Srivaranan, Mr. Sawettachat Srisurat.

This study is an application of Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing Technology (RS) to select appropriate initial highway route from Amphoe Pakchong to Amphoe Wang Nam Khaew in Changwat Nakhonratchasima . Five geographical aspects comprised of slope, hydrology, geology, soil and land use aspects have been employed in the analysis of the study. The standard, criteria and restriction of route alignment design have been used as criteria to determine the order of suitability in each aspect. The significance and weighted factor of each aspect have been determined through questionnaire data responded by highway engineers. Then a weighted model has been established in order to determine the area suitability and initial route selection.

According to the study the slope and land-use aspects are the most significant factor with 30 percent contribution, hydrology is the next most significance with 20 percent contribution and the least significant aspects are geology and soil with 10 percent contribution in the weighted model as described below;

$$S = 0.3X_1 + 0.2X_2 + 0.1X_3 + 0.1X_4 + 0.3X_5$$

where S = Total score of suitability
 X_1 = Score of suitability for slope aspect
 X_2 = Score of suitability for hydrology aspect
 X_3 = Score of suitability for geology aspect
 X_4 = Score of suitability for soil aspect
 X_5 = Score of suitability for land use aspect

According to the study the most suitable area is a plain area without any usage of land. The high suitable area is a plain area of which land use is plantation. The moderate suitable area is a rolling of which land use is plantation except a plain area close to a hill in the northeast of Ban Kud Ngoung, Ban Wang Si Sod, Ban San Chao of which suitability in

geology and soil is less than other areas. This is on the ground that the geology condition is a silt rock and soil condition is a silty clay loam which result in a low capability to bear a load but a high potential in elasticity. The less suitable area is a plain area of which land use is residential or a high gradient area. The least suitable area is the high gradient area and designated as a watershed class 1 area.

From the route selection study, two suitable alternatives have been considered as follows;

The 1st Alternative Route originates from Amphoe Pakchong then passes through Ban Nong Lom Pai, Ban Sub Plu, Ban Pong Kang to the destination point at Amphoe Wang Nam Khaew with a total route length of 61.80 kilometers. A portion of the route, 6.80 kilometers or 11 percent of the total route length, falls within the most suitable area in Tambon Nong Sarai, Amphoe Pakchong. A route length of 41.56 kilometers or 67.25 percent of the total length falls within the high suitable area in Tambon Nong Sarai and Tambon Klong Muang, Amphoe Pakchong, 10.29 kilometers or 16.65 percent of the total length in the moderate suitable area in Tambon Raroeng, Tambon Wang Mee and Tambon Wang Nam Khaew, Amphoe Wang Nam Khaew, 2.95 kilometers or 4.78 percent of the total length in the less suitable area in Tambon Raroeng, Amphoe Wang Nam Khaew and 0.2 kilometers or 0.32 percent of the total length in the least suitable area in Tambon Raroeng Amphoe Wang Nam Khaew. The total score of suitability of this route is 237.20 points.

The 2nd Alternative Route originates from Amphoe Pakchong through Ban Hua Sanam, Ban Nong Ta Ku, Ban Sub Samran, Ban Tep Nimit to the destination point at Amphoe Wang Nam Khaew with a total route length of 66.83 kilometers. A portion of the route, 21.19 kilometers or 31.24 percent of the total route length, falls within the most suitable area in Tambon Nong Sarai, Amphoe Pakchong and Tambon Wang Mee, Amphoe Wang Nam Khaew. A route length of 32.34 kilometers or 47.88 percent of the total length falls within the high suitable area in Tambon Nong Sarai, Amphoe Pakchong, 9.68 kilometers or 14.27 percent of the total length in the moderate suitable area in Tambon Wang Nam Khaew, Amphoe Wang Nam Khaew, 4.4 kilometers or 6.49 percent of the total length in the less suitable area in Tambon Kanong Pra and Tambon Wang Kata, Amphoe Pakchong and 0.22 kilometers or 0.32 percent of the total length in the least suitable area in Tambon Pong Ta Long, Amphoe Pakchong. The total score of suitability of this route is 273.39 points.

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือก
แนวทางหลวงเบี่ยงต้น กรณีศึกษา อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

ปริญญานิพนธ์
ของ
ศิริพร ตรีธาร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
กุมภาพันธ์ 2547
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือก
แนวทางหลวงเบี่ยงต้น กรณีศึกษา อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

ของ
นางสาวศิริพร ตรีธาร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธาน
(ศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ วิทยารัฐ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ เกษม ศรีวรานนท์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่ม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้อม งามนิสัย)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่ม
(อาจารย์ ดร. สุรัสวดี อัฐรัตน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลบุคคลดังกล่าว ดังต่อไปนี้

ศ.ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ อ.เกษม ศรีวรานันท์ และ อ.เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์ กรรมการวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ แนะนำแนวทางและแนวคิดในการวิจัย และตรวจสอบความถูกต้อง ตลอดจนเสนอแนะการแก้ปัญหาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยนี้ ผศ.น้อม งานนิสัย และ ดร.สุรัสวดี อัฐรัตน์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม กรมทรัพยากรธรณี สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม สำนักงานสถิติแห่งชาติ กรมพัฒนาที่ดิน กรมป่าไม้ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัย วิศวกรสำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการทำแบบประเมิน

ขอขอบพระคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้อง ๆ บริษัท ไทยเอนยีเนียร์ริงคอนซัลแตนท์ จำกัด และ บริษัท เอฟซิลอน จำกัด ที่ให้คำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลทางวิชาการ การทำแบบประเมิน และให้ความช่วยเหลือในการจัดทำเอกสารต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณเอนก สงสระบุญ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในการออกภาคสนาม ทำให้การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี

ศิริพร ตรีธาร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
ข้อตกลงในการศึกษา	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
สมมุติฐานในการวิจัย	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	8
ทางหลวงในประเทศไทย	15
การศึกษาความเหมาะสมและการคัดเลือกแนวทาง	17
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	39
การสำรวจข้อมูลระยะไกล	51
3 วิธีดำเนินการวิจัย	52
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	52
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	53
การเก็บรวบรวมข้อมูล	53
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล	55
การจัดกระทำข้อมูล	55
การวิเคราะห์ข้อมูล	68
การคัดเลือกแนวเส้นทาง	71
4 ผลการศึกษา	72
ด้านความชัน	72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4 (ต่อ)	สภาพความชื้นของพื้นที่	74
	การจัดลำดับความเหมาะสมด้านความชื้น	75
	ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านความชื้น	77
	ด้านอุทกวิทยา	79
	สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่	79
	ผลการคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า	79
	ผลการคำนวณทางชลศาสตร์	85
	การจัดลำดับความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา	85
	ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา	86
	ด้านธรณีวิทยา	88
	สภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่	88
	โครงสร้างทางธรณีวิทยา	91
	การจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยา	
	โดยใช้กำลังวัสดุของหิน	92
	ผลการจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยา	
	โดยใช้กำลังวัสดุของหิน	93
	การจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยา	
	โดยใช้ความพรุนของหิน	97
	การจัดลำดับความเหมาะสมของโครงสร้างทางธรณีวิทยา	
	โดยใช้แนวรอยเลื่อน	99
	การจัดลำดับความเหมาะสมด้านธรณีวิทยา	99
	ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา	99
	ด้านปฐพีวิทยา	102
	สภาพทางปฐพีวิทยาของพื้นที่	102
	กลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา	104
	การจัดลำดับความเหมาะสมด้านปฐพีวิทยา	106
	ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านธรณีวิทยา	107

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 (ต่อ) ด้านการใช้ที่ดิน	109
สภาพการใช้ที่ดิน	109
พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	112
พื้นที่อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	112
พื้นที่ป่าอนุรักษ์	115
แหล่งโบราณสถาน	115
การจัดลำดับความเหมาะสมด้านการใช้ที่ดิน	117
ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านการใช้ที่ดิน	117
ผลการกำหนดลำดับความสำคัญและถ่วงน้ำหนัก	119
ผลการจัดลำดับความเหมาะสมรวม	120
ผลการคัดเลือกแนวเส้นทาง	122
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	126
สรุปผลการวิจัย	127
อภิปรายผล	130
ข้อเสนอแนะ	133
ข้อเสนอแนะทั่วไป	133
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป	134
บรรณานุกรม	135
 ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก กราฟที่ใช้ในการหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า	141
ภาคผนวก ข การคำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า	148
ภาคผนวก ค กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา	171
ภาคผนวก ง การวินิจฉัยคุณภาพดินทางปฐพีกลศาสตร์ เพื่อใช้เป็นเส้นทางแนวกั้น	176
ภาคผนวก จ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม	184
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินและผลการประเมินวิศวกรรมทาง	190
ภาคผนวก ช ภาพจากการออกภาคสนาม	195

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ฅ พื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area)	
ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ⁺	209
ประวัติย่อผู้วิจัย	219

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การจำแนกดินตามระบบ UCS	31
2 การจำแนกประเภทดินตามระบบ AASHTO	32
3 ระบบการจำแนกประเภทดิน Unified Soil Classification System	33
4 เปรียบเทียบการจำแนกดินระบบ AASHTO และระบบ Unified Soil Classification	35
5 แสดงการจำแนกฟังก์ชันการวิเคราะห์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	42
6 มาตรฐานในการเปรียบเทียบเชิงคู่	46
7 แสดงประสิทธิผลของ GIS เมื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผน	49
8 แสดงรายการ รูปแบบข้อมูล มาตรฐานและแหล่งที่มาของข้อมูล	55
9 แสดงปัจจัยและข้อมูลที่ใช้ศึกษา	58
10 แสดงระดับความสูงในพื้นที่ศึกษา	74
11 แสดงร้อยละของความชันในพื้นที่ศึกษา.....	74
12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ	75
13 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านความชัน	77
14 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของสถานีน้ำฝนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา	79
15 แสดงปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา	83
16 ผลการคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดกับชนิดของอาคารระบายน้ำ	85
17 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านอุทกวิทยา	86
18 แสดงหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา	90
19 แสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่พบในพื้นที่ศึกษา	91
20 การจำแนกประเภทของหินอินแทคโดยอาศัยกำลังวัสดุ	92
21 แสดงความเหมาะสมตามหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับกำลังวัสดุ	93
22 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา เมื่อเทียบกับกำลังวัสดุ.....	94
23 แสดงค่าความพรุนและสัมประสิทธิ์ของความซาบซึมได้ของหิน	96
24 แสดงความเหมาะสมของหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับ ร้อยละของความพรุน.....	97

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
25	แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมของหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา เมื่อเทียบกับความพรุนของหิน	99
26	แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านธรณีวิทยา	100
27	แสดงกลุ่มดินที่พบในพื้นที่ศึกษา แบ่งตามสภาพภูมิประเทศ	102
28	แสดงกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา	104
29	แสดงการจัดลำดับความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินเพื่อนำมาใช้เป็น เส้นทางแนวถนนโดยกรมพัฒนาที่ดิน	106
30	แสดงการจัดลำดับความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา	106
31	แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านปฐพีวิทยา	107
32	แสดงกลุ่มการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา	119
33	แสดงชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ในพื้นที่ศึกษา	112
34	แสดงเขตป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่ศึกษา.....	115
35	แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน	117
36	แสดงลำดับความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละปัจจัย	119
37	แสดงลำดับความเหมาะสมและค่าความเหมาะสมรวม	120
38	แสดงลำดับความเหมาะสมรวมของพื้นที่ศึกษา	120
39	แสดงลำดับความเหมาะสมต่อระยะทางของแนวทางเลือก	126

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงรูปตัดทางหลวงมาตรฐานชั้นทาง 1	6
2 แผนที่แสดงที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา	12
3 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองและเส้นทางคมนาคมของพื้นที่ศึกษา	13
4 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	14
5 แสดงวิธีการเรียงภาพต่อรูปถ่ายทางอากาศระหว่างจุดสองจุด	18
6 แสดงการกำหนดแนวเส้นทางระหว่างจุดสองจุดก่อนเลือกเส้นทางที่เหมาะสม	18
7 แสดงเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการก่อสร้าง	19
8 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลแบบซ้อนทับโดยมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก ของปัจจัย	45
9 แสดงขั้นตอนการดำเนินการศึกษา	60
10 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านความชัน	61
11 แสดงขั้นตอนการหาพื้นที่รับน้ำ (A)	64
12 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านอุทกวิทยา	65
13 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านธรณีวิทยา	66
14 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านปฐพีวิทยา	67
15 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน	68
16 แผนที่แสดงระดับความสูงของพื้นที่ศึกษา	73
17 แผนที่แสดงร้อยละของความชันในพื้นที่ศึกษา	76
18 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านความชัน	78
19 แสดงผลการแบ่งพื้นที่การใช้ค่าความเข้มข้นของพื้นที่ศึกษา	80
20 แผนที่แสดงสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา	81
21 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดที่คำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า	82
22 แผนที่แสดงปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า	84
23 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านความชัน	87
24 แผนที่แสดงสภาพทางธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	89
25 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสมด้านกำลังวัสดุของหิน	95
26 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสมด้านความพรุนของหิน	98
27 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านธรณีวิทยา	101
28 แผนที่แสดงกลุ่มดินที่พบในพื้นที่ศึกษา	103

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
29 แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา	105
30 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านปฐพีวิทยา	108
31 แผนที่แสดงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา	110
32 แผนที่แสดงกลุ่มการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา	111
33 แผนที่แสดงชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา	113
34 แผนที่แสดงพื้นที่อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าในพื้นที่ศึกษา.....	114
35 แผนที่แสดงพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในพื้นที่ศึกษา	116
36 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน	118
37 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสมรวมทุกปัจจัย	121
38 แผนที่แสดงแนวทางเลือกของเส้นทางที่เหมาะสม	124
39 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองตามแนวทางเลือกของเส้นทางที่เหมาะสม	124
39 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองตามแนวทางเลือกของเส้นทางที่เหมาะสม	124
40 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบแบบจำลองเทียบน้ำหนัก ...	196
41 แผนที่ขอบเขตการปกครองแสดงตำแหน่งจุดสำรวจภาคสนาม เพื่อตรวจสอบแบบจำลองเทียบน้ำหนัก	197
42 ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM ⁺ แสดงพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง	210
43 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านชัยน้อย	211
44 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านหนองแก	212
45 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านวังไทร	213
46 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านชัยเศรษฐี	214
47 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านวังสีสด	215
48 แสดงพื้นที่ชุมชนทางเข้า อ.วังน้ำเขียว	216
49 แสดงพื้นที่อ่างเก็บน้ำ	217
50 แสดงพื้นที่อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง 1	218

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในอดีตการคมนาคมทางน้ำโดยใช้แม่น้ำลำคลองเป็นทางสัญจร ถือเป็นเส้นทางคมนาคมที่สำคัญของประเทศไทย แต่ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตของคนเปลี่ยนไป ทำให้การคมนาคมทางบกโดยใช้รถยนต์เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็วและปลอดภัย ทางหลวงจึงเป็นเส้นทางคมนาคมทางบกที่สำคัญและมีผลโดยตรงต่อการสร้างความเจริญทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและความมั่นคงของประเทศ ถ้าทางหลวงมีไม่เพียงพอหรือมีการชำรุดเสียหายบ่อย ย่อมเป็นอุปสรรคทำให้เศรษฐกิจเจริญก้าวหน้าไปได้ยาก แต่ถ้ามีทางหลวงที่ดีและเพียงพอจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้เศรษฐกิจมีการเจริญเติบโต และทางหลวงยังช่วยขยายความเจริญจากส่วนที่พัฒนาแล้วไปยังส่วนที่ยังไม่ได้พัฒนาอีกด้วย

ปัจจุบันนี้กรมทางหลวงมีเส้นทางหลวงที่รับผิดชอบประมาณ 64,095 กิโลเมตร แต่จากการขนส่งและการคมนาคมทางบกโดยรถยนต์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ปริมาณรถยนต์ที่ใช้การเดินทางบนทางหลวงในปี พ.ศ.2544 มีประมาณ 2,104,635 คันต่อกิโลเมตร ควบคู่ไปกับการขยายตัวของชุมชนเมือง การสร้างทางหลวงเพิ่มเติมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อเป็นการรองรับกับการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะ การคัดเลือกแนวเส้นทางจึงเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่ง การคัดเลือกแนวเส้นทางที่ดีจะได้แนวเส้นทางที่ประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทาง ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ทาง มีความปลอดภัยในการใช้ทางและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

ในอดีตการคัดเลือกแนวเส้นทางจะมีการศึกษาสภาพภูมิประเทศ, พื้นที่ชุมชน, พื้นที่อนุรักษ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาประกอบในการตัดสินใจวางแนวเส้นทาง รายละเอียดเหล่านี้วิศวกรจะดูจากแผนที่ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารและมีการใช้รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photographs) เข้ามาช่วยในส่วนที่ไม่ปรากฏในแผนที่ให้ใกล้เคียงกับสภาพในปัจจุบันมากยิ่งขึ้น โดยแนวเส้นทางที่ได้รับการคัดเลือกจากวิศวกร เป็นแนวเส้นทางที่วิศวกรกำหนดขึ้นจากประสบการณ์และวิจรณ์ญาณ การกำหนดแนวเส้นทางจะกำหนดขึ้นมาหลายแนวเส้นทาง เมื่อได้แนวเส้นทางของแต่ละแนวทางเลือกแล้ว จะนำเส้นทางแต่ละแนวทางเลือกมาให้คณะแผนเพื่อเปรียบเทียบหาแนวทางที่ดีที่สุด ปัญหาที่ตามมาก็คือแนวทางที่กำหนดขึ้นอาจไม่ใช่แนวเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหาย เช่น การตัดถนนผ่านพื้นที่ซึ่งมีโอกาสเกิดการเคลื่อนที่ของมวลวัตถุสูง โดยเฉพาะในบริเวณภูเขา อาจเกิดปัญหาดินถล่ม (Landslide) ลงมาทับทาง หรือในบริเวณที่ราบลุ่ม ซึ่งดินเดิมบนเส้นทางไม่แข็งแรงพอในการรับน้ำหนักทำให้ถนนเกิดการทรุดตัว นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆได้ เช่น การกัดเซาะของน้ำบนผิวทาง ปัญหานี้นับเป็นปัญหาใหญ่ เพราะบางจุดต้องเสียงบประมาณ

และเวลาในการแก้ไขมาก หากการกำหนดแนวทางขั้นต้นได้ศึกษาอย่างดีแล้วก็จะแก้ปัญหาได้หมด (กรมทางหลวง. 2539 : 43)

จากความเสียหายที่กล่าวมานี้ ทำให้ในแต่ละปีกรมทางหลวงต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบูรณะซ่อมแซมคิดเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาท และในการก่อสร้างทางหลวงแต่ละสายต้องใช้งเงินเป็นจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น ในปี พ.ศ.2546 กรมทางหลวงต้องใช้งบประมาณการก่อสร้าง การบำรุงรักษาทางและการบูรณะปรับปรุงทางหลวงไม่น้อยกว่า 14,900 ล้านบาท ดังนั้นการพิจารณาคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงจึงต้องทำด้วยความรอบคอบ จากเหตุผลนี้ถ้ามีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) หรือ GIS ซึ่งเป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะที่อ้างอิงถึงตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลหลายปัจจัยที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกันได้เป็นอย่างดี และนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) หรือ RS โดยใช้ภาพจากดาวเทียม มาปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ให้มีความทันสมัยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด มาช่วยตัดสินใจในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ทั้งนี้การจัดลำดับความเหมาะสมของพื้นที่ จะใช้มาตรฐาน (Standard), ข้อพิจารณา (Criteria) และข้อจำกัด (Restriction) ของการออกแบบแนวเส้นทางมาเป็นเกณฑ์กำหนด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้จะเป็นแนวทางที่ช่วยให้วิศวกรสามารถกำหนดแนวเส้นทางได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และถ้าการกำหนดแนวเส้นทางมีความเหมาะสมแล้ว ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างทางหลวงในพื้นที่ซึ่งไม่เหมาะสมจะลดลง อาจช่วยลดค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการก่อสร้างและบูรณะซ่อมแซมทางหลวงมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี อีกทั้งยังเป็นผลดีด้านเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศอีกด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมงานทาง ในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น จาก อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา
2. เพื่อจัดลำดับความเหมาะสมและหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น จาก อ.ปากช่อง ถึง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

ความสำคัญของการวิจัย

จากปัญหาที่ประสบอยู่ในปัจจุบันของทางหลวงหลาย ๆ สาย คือ การพังทลายของคันทางดินบริเวณไหล่เขาถล่มลงมาทับทาง การสร้างทางขวางแนวทางการไหลของน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดจากสาเหตุหลายประการด้วยกัน สาเหตุประการหนึ่งเกิดจากการกำหนดแนวทางไม่เหมาะสม เช่น แนวทางผ่านไบบนจุดที่พื้นที่มีความชันหรือบริเวณที่มีการลื่นไถลโดยธรรมชาติอยู่แล้ว วิธีการกำหนดแนวทางของวิศวกรจะใช้วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) เพื่อหาแนวทางที่

เหมาะสม แนวเส้นทางที่ได้โดยใช้วิธีลองผิดลองถูกนี้จะอาศัยการเปรียบเทียบกันระหว่างแนวเส้นทางที่วิศวกรกำหนดขึ้นจากประสบการณ์และวิจารณ์ญาณ ซึ่งอาจจะไม่ใช่แนวเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เนื่องจากปัจจัยหลายประการเช่น ประสบการณ์ ความไม่รอบคอบ และแนวเส้นทางที่นำมาเปรียบเทียบมีจำนวนน้อยทำให้ตัดสินใจเลือกผิดพลาด (สรวิศ นฤปิติ. 2534 : 2)

จากสาเหตุดังกล่าว ถ้ามีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (RS) มาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมงานทาง โดยจะนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นโดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ การจัดลำดับความเหมาะสมนี้กำหนดได้จากมาตรฐาน ข้อพิจารณา และข้อจำกัดของการออกแบบแนวเส้นทาง ผลที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกแนวเส้นทางของวิศวกรได้เป็นอย่างดี จะช่วยลดความผิดพลาดในการคัดเลือกแนวทาง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมซึ่งจะใช้ประสบการณ์และวิจารณ์ญาณของวิศวกรในการตัดสินใจเพียงอย่างเดียว.

ขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาใช้พื้นที่ระหว่าง อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา ประมาณ 2,010 ตารางกิโลเมตร โดยด้านเหนือจรดแนวเทือกเขาตองพญาเย็น ด้านใต้จรดแนวเทือกเขาสนกำแพง ด้านตะวันตกจรดทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (มิตรภาพ) และด้านตะวันออกจรดทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (กบินทร์บุรี-ปักธงชัย)
2. ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่นำมาศึกษามี 5 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านความชัน (Slope), ปัจจัยด้านอุทกวิทยา (Hydrology), ปัจจัยด้านธรณีวิทยา (Geology), ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา (Soil) และปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน (Land use)
3. ปัจจัยด้านความชัน (Slope) ที่นำมาศึกษา คือ ร้อยละของความชัน (Slope Percentage)
4. ปัจจัยด้านอุทกวิทยา (Hydrology) ที่นำมาศึกษา คือ ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Flood Peak)
5. ปัจจัยด้านธรณีวิทยา (Geology) ที่นำมาศึกษา คือ กำลังวัสดุของหิน, ความพรุนของหิน และแนวรอยเลื่อนของหิน
6. ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา (Soil) ที่นำมาศึกษา คือ คุณภาพดินด้านปฐพีกลศาสตร์และคุณภาพของดินด้านวิศวกรรม
7. ปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน (Land use) ที่นำมาศึกษา คือ การใช้ที่ดิน, พื้นที่ที่ต้องจัดทำรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

8. การศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงเบื้องต้น เป็นการพิจารณาความเหมาะสมเฉพาะด้านวิศวกรรมเท่านั้น

9. เป็นการศึกษาหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงเบื้องต้น ประเภททางหลวงแผ่นดิน มาตรฐานชั้นทาง 1

ข้อตกลงในการศึกษา

1. ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงเบื้องต้น มี 5 ปัจจัย คือ ความชันของพื้นที่ (Slope), อุทกวิทยา (Hydrology), ธรณีวิทยา (Geology), ปฐพีวิทยา (Soil) และการใช้ที่ดิน (Land use) เท่านั้น

2. ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่ได้จากแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร, ข้อมูลการใช้ที่ดินและข้อมูลกลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมพัฒนาที่ดิน, ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ มาตราส่วน 1:50,000 จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลพื้นที่อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมป่าไม้และข้อมูลธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 จากกรมทรัพยากรธรณี ถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องการ

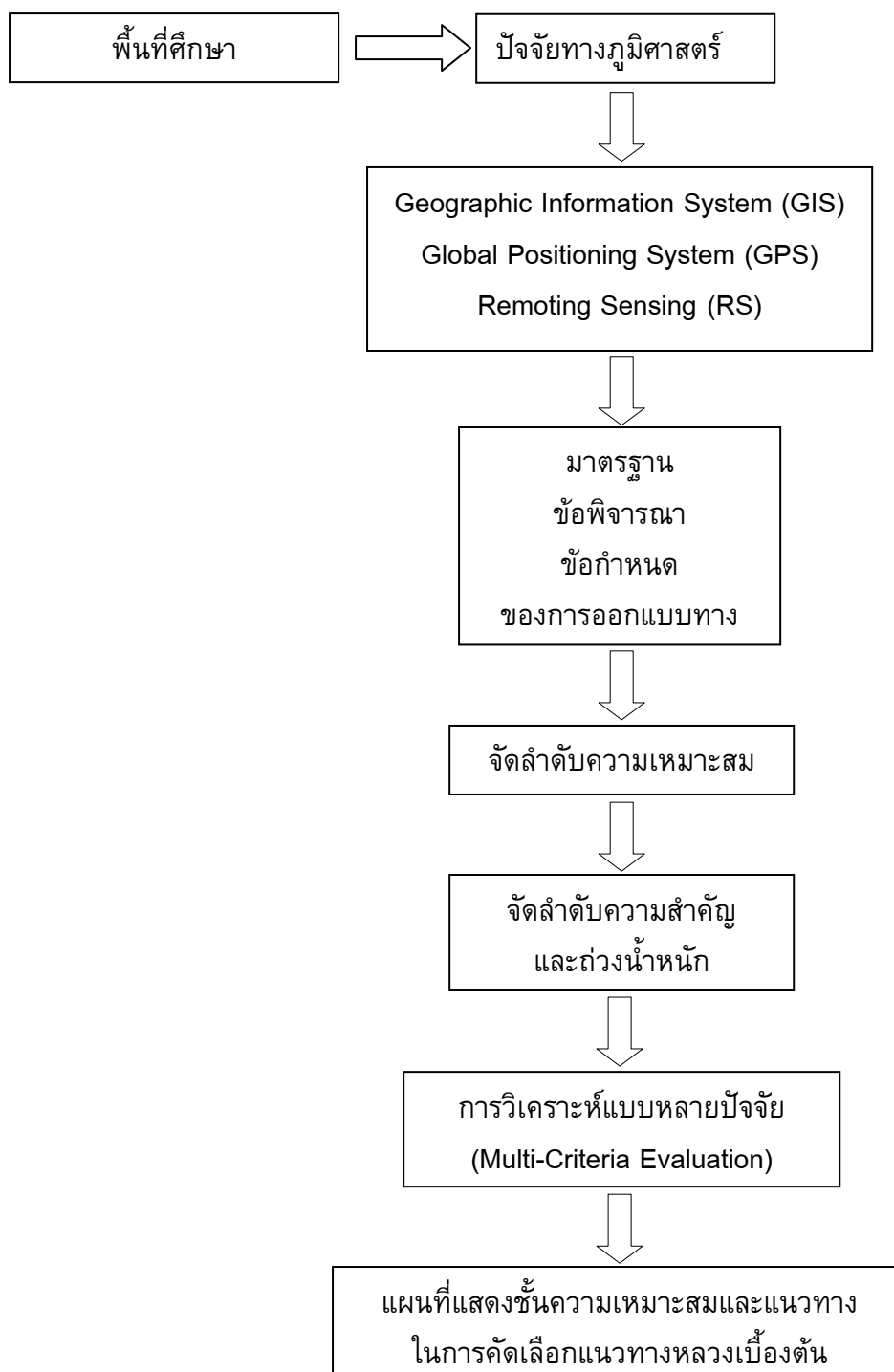
3. ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีฝนและกราฟความเข้มฝน จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องการ

4. มาตรฐานงานทาง ของ AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation Officials) และ กรมทางหลวง ถือว่าเป็นมาตรฐานที่ต้องการ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

เป็นการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้ในด้านวิศวกรรมงานทาง ซึ่ง GIS เป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ การวิเคราะห์และการนำเสนอ แต่ข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยเฉพาะในด้านการใช้ที่ดิน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้มีการนำเทคโนโลยีการสัมผัสระยะไกล (RS) โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมมาแปลความหมายและนำไปใช้ปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินโดยเน้นพื้นที่ชุมชนที่เกิดขึ้นใหม่ให้มีความทันสมัย (Update) และมีการใช้เครื่องวัดพิกัดจากดาวเทียม (GPS) ในการวัดค่าพิกัดข้อมูลภาคสนาม โดยในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ซึ่งมีการนำปัจจัยทางภูมิศาสตร์มาเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ในการวิเคราะห์และตัดสินใจ โดยใช้มาตรฐาน ข้อพิจารณาและข้อกำหนดของการออกแบบแนวเส้นทาง มาเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับความเหมาะสม(Rating), จัดลำดับความสำคัญ(Ranking) และถ่วงน้ำหนัก (Weighting) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Evaluation หรือ MCE) ซึ่งพื้นที่และแนวทางที่ได้มานี้จะเป็นแนวทางให้วิศวกรสามารถคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นได้เป็นอย่างดีและยังเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดเลือกแนวทางให้ถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

กรอบแนวคิดในการวิจัย



นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ หมายถึง ความชันของพื้นที่ (Slope), อุทกวิทยา (Hydrology), ธรณีวิทยา (Geology), ปฐพีวิทยา (Soil) และการใช้ที่ดิน (Land use)

2. ทางหลวง หมายถึง ทางหลวงแผ่นดินมาตรฐานชั้นทาง 1 ประกอบด้วย

- อัตราความเร็วที่ใช้ออกแบบ

ทางราบ	90-110	กม./ชม.
ทางเนิน	80-110	กม./ชม.
ทางเขา	70-90	กม./ชม.

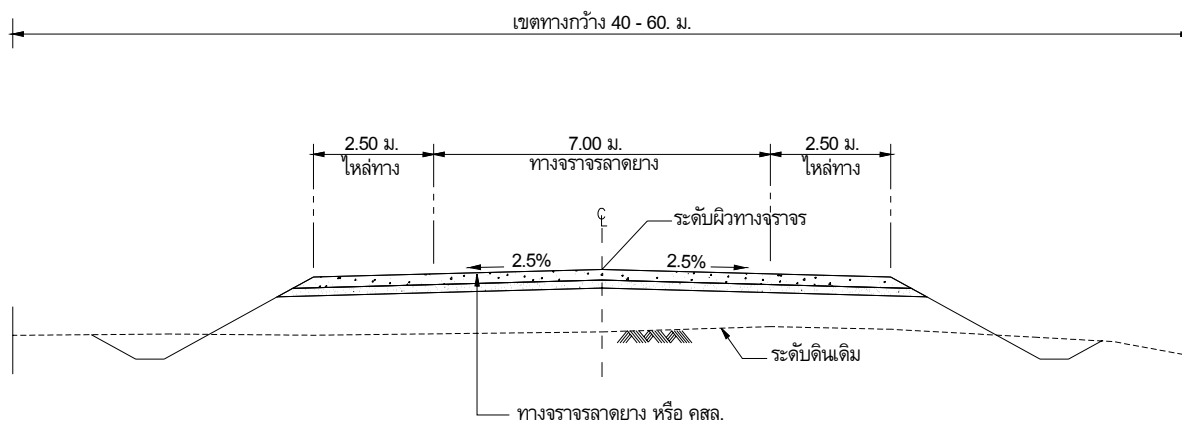
- ความลาดชันสูงสุด

ทางราบ	4%
ทางเนิน	6%
ทางเขา	8%

- ช่องจราจร 2 ช่อง ความกว้างของผิวจราจร 7.00 เมตร

- ความกว้างของไหล่ทาง 2.50 เมตร

- ความกว้างของเขตทาง 40-60 เมตร



ภาพประกอบ 1 แสดงรูปตัดทางหลวงมาตรฐานชั้นทาง 1

3. มาตรฐานงานทาง หมายถึง ข้อกำหนดที่ใช้ในการออกแบบงานทาง โดยหน่วยงานที่เป็นที่ยอมรับ ในที่นี้หมายถึง AASHTO และ กรมทางหลวง

4. งานทาง หมายถึง กิจกรรมใดที่ทำเพื่อหรือเนื่องในการสำรวจการก่อสร้าง การขยายการบูรณะ หรือการบำรุงรักษาทางหลวง หรือการจราจรบนทางหลวง

5. **ร้อยละของความชัน** หมายถึง ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างระยะทางในแนวดิ่งต่อระยะทางในแนวราบ

6. **ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า** หมายถึง ปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลลงสู่ทางออกของกลุ่มน้ำ ในเวลาที่ฝนตกนานเท่ากับเวลาน้ำท่าสูงสุด (Time of Concentration)

7. **กำลังวัสดุของหิน** หมายถึง กำลังอัดวัสดุแกนเดียวเป็นค่าที่ได้จากการปล่อยโหลดสถิตในแกนเดียวกันบนแท่งตัวอย่างทั้งทางด้านบนและด้านล่างของหินจนเกิดจุดแตกหัก

8. **ความพรุนของหิน** หมายถึง ร้อยละของอัตราส่วนระหว่างปริมาตรของจำนวนช่องว่างต่อปริมาตรภายนอกของตัวอย่างหิน

9. **คุณภาพดินด้านปฐพีกลศาสตร์และคุณภาพของดินด้านวิศวกรรม** หมายถึง การศึกษาคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อพฤติกรรมด้านวิศวกรรมของดิน และจัดระดับความเหมาะสมเพื่อใช้เป็นเส้นทางแนวถนนและการใช้เป็นดินถมหรือดินคันทาง โดยกรมพัฒนาที่ดิน

หมายเหตุ

1. **AASHTO** เป็นคำย่อใช้แทน The American Association of State Highway and Transportation Officials. เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ศึกษาและทำการวิจัยตลอดจนวางมาตรฐานการทดสอบวัสดุในงานทางหลวง ข้อกำหนดในการก่อสร้างทางหลวงซึ่งเผยแพร่ทั่วโลก

2. **USDA** เป็นคำย่อใช้แทน The United State Department of Agriculture

3. **Unified : USC** เป็นคำย่อใช้แทน Unified Soil Classification System เป็นระบบการจำแนกดินที่นิยมใช้มากกับงานวิศวกรรมงานก่อสร้างทางประเภทดินถมแบบดินฐานรากที่ปรับแต่ง (Improved Subgrade) และดินชั้นพื้น (Base Course) และงานฐานราก (Foundation) ของอาคารทั่วไป

สมมุติฐานในการวิจัย

1. พื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นส่วนใหญ่ น่าจะเป็นพื้นที่ที่มีค่าคะแนนความเหมาะสมมาก

2. พื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นส่วนใหญ่ น่าจะอยู่ในบริเวณที่ราบ

3. แนวทางหลวงเบื้องต้น น่าจะมีหลายแนวทางเลือก

4. แนวทางหลวงเบื้องต้น น่าจะประกอบด้วยพื้นที่ที่มีค่าความเหมาะสมหลายลำดับต่อเนื่องกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้แนะนำเสนอดังนี้

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. ทางหลวงในประเทศไทย
3. การศึกษาความเหมาะสมและการคัดเลือกแนวทาง
4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
5. การสำรวจข้อมูลระยะไกล

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จัดตั้งเป็นกิ่งอำเภอปากช่อง ในวันที่ 1 มกราคม 2500 ขึ้นกับอำเภอสีคิ้ว แต่เนื่องจาก อำเภอปากช่องมีความเจริญขึ้นมาก ภายในระยะ 7 เดือนเศษ จึงยกฐานะเป็นอำเภอปากช่อง เมื่อวันที่ 22 กรกฎาคม 2500 ปัจจุบันแบ่งการปกครองออกเป็น 12 ตำบล 179 หมู่บ้าน มี 1 เทศบาล 1 สุขาภิบาล 12 องค์การบริหารส่วนตำบล

อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา จัดตั้งเป็นกิ่งอำเภอ เมื่อ พ.ศ.2535 ขึ้นกับอำเภอปักธงชัย และได้รับยกฐานะเป็นอำเภอ ในวันที่ 5 ธันวาคม 2539 ปัจจุบันแบ่งการปกครองออกเป็น 5 ตำบล 81 หมู่บ้าน มี 1 สุขาภิบาล 5 องค์การบริหารส่วนตำบล

อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ได้รับการยกฐานะให้เป็นอำเภอ ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2451 และปีพุทธศักราช 2508 กระทรวงมหาดไทยได้แก้ไขชื่อ "ปักธงชัย" ให้เป็นไปตาม อักษรานุกรมภูมิศาสตร์ ฉบับบัณฑิตยสถานเป็น "ปักธงชัย" แบ่งการปกครองออกเป็น 16 ตำบล 208 หมู่บ้าน 2 เทศบาล 16 องค์การบริหารส่วนตำบล

อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ได้รับการยกฐานะให้เป็นอำเภอ เมื่อวันที่ 1 เมษายน 2482 แบ่งการปกครองออกเป็น 12 ตำบล 165 หมู่บ้าน 3 เทศบาล และมีองค์การบริหารส่วนตำบล 12 แห่ง

อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2444 โดยใช้ตามชื่อบ้านว่า "อำเภอสูงเนิน" ส่วนคำว่า "สูงเนิน" นั้นเรียกตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นที่ราบสูงและเป็นเนิน แบ่งเขตการปกครองตามพระราชบัญญัติลักษณะปกครองท้องที่ พ.ศ.2475 เป็น 11 ตำบล 111 หมู่บ้าน

1.1 ลักษณะที่ตั้ง

พื้นที่ศึกษาดังอยู่ในเขตพื้นที่ อำเภอปากช่อง อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอปักธงชัย

อำเภอสีคิ้วและอำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างพิกัดทางภูมิศาสตร์อ้างอิงในระบบพิกัด UTM Zone 47 พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian1975 ที่ E=755,100 N=1,643,500 ถึง E=819,000 N=1,582,800 ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด (ดังแสดงในภาพประกอบ 2) มีระยะทางจากตัวจังหวัดนครราชสีมาไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (มิตรภาพ) ประมาณ 80 กิโลเมตร และห่างจากกรุงเทพไปตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (พหลโยธิน) และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (มิตรภาพ) ประมาณ 171 กิโลเมตร

1.2 พื้นที่

พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่ อำเภอปากช่อง อำเภอวังน้ำเขียว อำเภอปักธงชัย อำเภอสีคิ้วและอำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 2,000 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 1,250,000 ไร่ (ดังแสดงในภาพประกอบ 3) โดยแบ่งออกเป็น

พื้นที่อำเภอปากช่อง	1,013 ตารางกิโลเมตร	คิดเป็นร้อยละ 50.50
พื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว	633 ตารางกิโลเมตร	คิดเป็นร้อยละ 31.50
พื้นที่อำเภอปักธงชัย	203 ตารางกิโลเมตร	คิดเป็นร้อยละ 10.20
พื้นที่อำเภอสีคิ้ว	119 ตารางกิโลเมตร	คิดเป็นร้อยละ 6.00
พื้นที่อำเภอสูงเนิน	32 ตารางกิโลเมตร	คิดเป็นร้อยละ 1.80

1.3 อาณาเขต

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อำเภอปักธงชัย, อำเภอสูงเนิน, อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา

ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอนาดี จังหวัดปราจีนบุรี

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภอปักธงชัย, อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

1.4 ลักษณะภูมิประเทศ

สภาพพื้นที่โดยทั่วไป เป็นพื้นที่ราบลอนคลื่น ลักษณะเป็นเนินดินสูงๆ ต่ำๆ สลับกันไปตลอดพื้นที่ ความสูงเฉลี่ยของพื้นที่ประมาณ 300-500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยบริเวณขอบของพื้นที่ศึกษาด้านตะวันออกเฉียงเหนือและด้านตะวันตกเฉียงใต้จะเป็นพื้นที่ซึ่งเป็นภูเขาสูงชัน (ดังแสดงในภาพประกอบ 4)

1.5 ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศแบ่งเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ช่วงระยะเวลาตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาว ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 9 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน 1,300 มิลลิเมตร/ปี

1.6 สภาพเศรษฐกิจ

ในพื้นที่ศึกษา ประชากรส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพด้านการเกษตรกรรม ส่วนใหญ่ทำไร่ ทำสวนและเลี้ยงสัตว์ โดยทำไร่ประมาณร้อยละ 70 พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย มันสำปะหลัง น้อยหน่า ด้านการปศุสัตว์ สัตว์เลี้ยงที่สำคัญ ได้แก่ วัวนม วัวเนื้อ ไก่พื้นบ้าน สุกร เป็ด กระบือ ม้า แกะ แพะ

1.7 สภาพทางสังคม

ประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ ประมาณร้อยละ 98 ศาสนาอื่นๆ ประมาณร้อยละ 2 ศิลปวัฒนธรรมและขนบธรรมเนียมประเพณี ประชากรส่วนใหญ่อพยพมาจากต่างอำเภอ และต่างจังหวัด ทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคใต้ และภาคกลาง ทำให้มีขนบธรรมเนียมประเพณีและวัฒนธรรมพื้นบ้านแตกต่างกันไปตามลักษณะของถิ่นฐานเดิม

1.8 โครงสร้างขั้นพื้นฐาน

ด้านการคมนาคม เส้นทางคมนาคมหลักในพื้นที่ศึกษามีทางหลวงแผ่นดิน 2 สาย คือทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2235 และ 2311 นอกจากนี้ยังมีทางหลวงชนบทที่เป็นถนนลาดยางเชื่อมต่อระหว่างหมู่บ้านและตำบลต่าง ๆ 2 สาย คือ ทางหลวงชนบท จากบ้านศาลเจ้าพ่อ ตำบลวังน้ำเขียว ถึงบ้านหนองคุ่ม อำเภอปากช่อง (นม. 2082) และทางหลวงชนบท จากบ้าน บุตะโก ตำบลวังน้ำเขียว ถึงบ้านหนองไม้สั๊ก ตำบลระเริง (นม. 3397) ทางหลวงชนบทส่วนใหญ่ในพื้นที่เป็นถนนลูกรังและถนนดิน

1.9 ทรัพยากรธรรมชาติ

แหล่งน้ำ

- ลำน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ลำตะคอง ลำพระเพลิง
- เขื่อน ได้แก่ เขื่อนลำพระเพลิง
- อ่างเก็บน้ำขนาดกลาง ได้แก่ อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง 1 ตำบลวังหมี
- อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ได้แก่ อ่างเก็บน้ำบ้านโคกสันติสุข ตำบลวังหมี อ่างเก็บน้ำคลองบง ตำบลวังน้ำเขียว อ่างเก็บน้ำคลองเสมา ตำบลวังน้ำเขียว และอ่างเก็บน้ำคลองสมบูรณ์ ตำบลระเริง

ป่าไม้ มีพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ อุทยานแห่งชาติ และป่าถาวร ดังนี้

- ป่าสงวนแห่งชาติเขาภูหลวง
- ป่าสงวนแห่งชาติป่าวังน้ำเขียว
- อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่
- ป่าตามมติ ครม. หรือป่าถาวร 1 แห่ง ระหว่างอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ กับ

ป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาภูหลวง

ดิน ยังมีความอุดมสมบูรณ์และชุ่มชื้น มีฝนตกปริมาณมากในแต่ละปี ทำให้สามารถปลูกพืชได้หลากหลายชนิด รวมทั้งพืชเมืองหนาว ไม้ดอกไม้ประดับ ที่มีคุณภาพ

1.10 การท่องเที่ยว สถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ ได้แก่

- 1.10.1 น้ำตกสวนห้อม อยู่ที่ หมู่ที่ 2 ตำบลวังน้ำเขียว
- 1.10.2 เขาแผงม้า มีสภาพเป็นป่าเขาสูงติดต่อกับเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ เป็นสถานที่ชมวิวยามค่ำคืนและส่องสัตว์ อยู่ที่ หมู่ที่ 4 ตำบลวังน้ำเขียว
- 1.10.3 แหล่งท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ป่าเขาภูหลวง อยู่ที่ หมู่ที่ 9 ตำบลระเริง
- 1.10.4 น้ำตกคลองดินดำ อยู่ที่ หมู่ที่ 5 ตำบลระเริง
- 1.10.5 อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง 1 อยู่ที่ หมู่ที่ 12 ตำบลวังหมี

1.11 ปัญหาในท้องถิ่นและข้อจำกัดในการพัฒนา

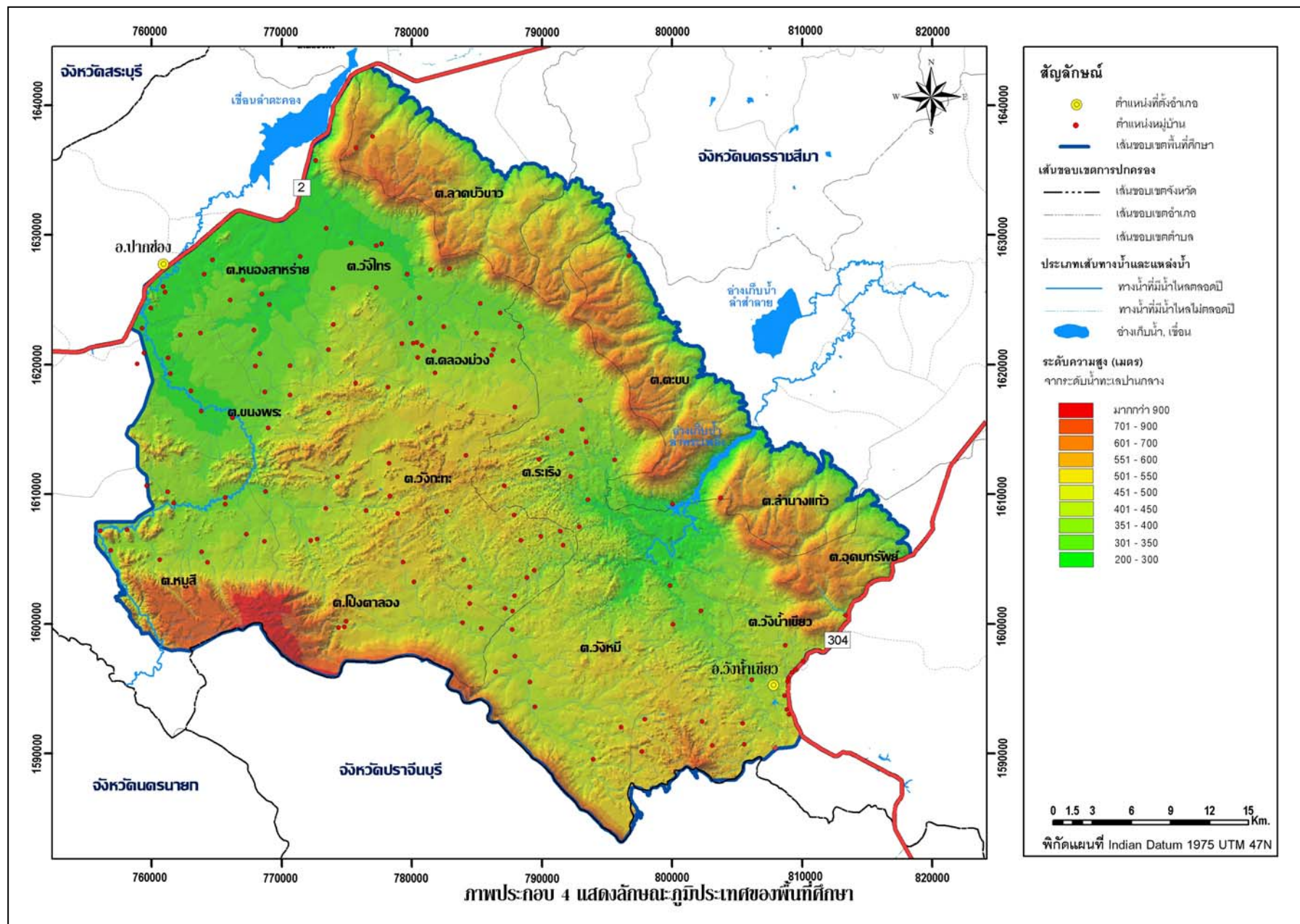
ปัญหาด้านการคมนาคม เส้นทางคมนาคมไม่สะดวก เนื่องจากถนนส่วนใหญ่เป็นถนนลูกรัง มักชำรุดและทางขาดในฤดูฝน

ปัญหาด้านเศรษฐกิจ เป็นปัญหาเรื่องการขาดพื้นที่ดินทำกิน ขาดเอกสารสิทธิ์ ราคาที่ดิน สปก.ต่ำไม่สามารถจัดหาสินเชื่อได้พอ

ปัญหาแหล่งน้ำ ขาดแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร แหล่งน้ำไม่เพียงพอ ดินเขิน แหล่งน้ำที่มีอยู่ใช้ประโยชน์ไม่เต็มที่

ปัญหาภัยแล้ง ป่าต้นน้ำถูกทำลายเป็นจำนวนมาก





2. ทางหลวงในประเทศไทย

2.1 วิวัฒนาการทางหลวง

ประเทศไทยได้มีการสร้างทางหลวงตามลักษณะทางเกวียนหรือล้อเลื่อนมาตั้งแต่สมัยสุโขทัย ครั้นมาในสมัยกรุงศรีอยุธยามีการใช้แม่น้ำลำคลองเป็นเส้นทางคมนาคม จึงไม่ปรากฏการสร้างทางหลวงในสมัยกรุงศรีอยุธยาและสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้นมากนัก งานสร้างทางตามแบบตะวันตกของประเทศไทยเริ่มมีใน พ.ศ.2414 แต่เป็นการสร้างทางตามแบบมาตรฐานการใช้รถม้า ในสมัยรัชการที่ 5 มีการสร้างทางหลวงสายแรกของประเทศไทยคือทางสายสงขลา-ไทรบุรี ระยะทางประมาณ 90 กิโลเมตร ช่วงแรกนโยบายการสร้างทางเพื่อบำรุงท้องถิ่นต่อมาได้เปลี่ยนนโยบายการสร้างทางเพื่อขนส่งสินค้าและผลิตภัณฑ์ต่างๆเข้าสู่สถานีรถไฟ งานก่อสร้างใช้แรงงานคน สภาพทางคล้ายทางรถม้ามากกว่าทางรถยนต์ ในปี พ.ศ.2476 การสร้างทางหลวงเป็นไปตามนโยบายหลักเศรษฐกิจของรัฐบาลจึงมีการสร้างทางหลวงแผ่นดินเชื่อมทุกจังหวัด ต่อมาสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศไทยตกอยู่ในภาวะจำเป็นต้องเร่งรัดสร้างทางลาลอง และซ่อมทางที่ชำรุดให้ทางราชการทหารหลังจากสงครามสงบได้มีการบำรุงสร้างทางตามแนวเส้นทาง และมาตรฐานในการสร้างทางจะเปลี่ยนไปตามขนาดน้ำหนักยานพาหนะและความเร็ว (กัญญา ทองฉิม. 2531 : 1-4) การสร้างทางได้ก้าวสู่ยุคใหม่ในปี พ.ศ.2498 รัฐบาลอเมริกาได้ตกลงให้ความช่วยเหลือแก่รัฐบาลไทยในการออกแบบและก่อสร้างถนนสายมิตรภาพประกอบ จากสระบุรีถึงนครราชสีมา ระยะทาง 163 กิโลเมตร ผิวทางเป็นแบบแอสฟัลท์คอนกรีต นับเป็นการเริ่มยุคใหม่ของการสร้างทางที่ทำให้ประเทศไทยมีการออกแบบและควบคุมการก่อสร้างตามมาตรฐานของประเทศอื่น ๆ ทั่วโลก โดยใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานของ AASHTO (จิรพัฒน์ โชติโกกร. 2531 : 9) ในปัจจุบันนี้ทางหลวงถือว่ามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ สังคมและความมั่นคงของประเทศ โดยใช้เป็นเส้นทางขนส่งผลผลิตทางการเกษตรออกมาสู่ตลาด การส่งเสริมอุตสาหกรรม การพัฒนาท้องถิ่น การเข้าถึงประชาชนของภาครัฐ เป็นต้น

2.2 ประเภทของทางหลวง

จากพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ.2535 ที่ได้ตราไว้ ณ วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 ซึ่งถือว่าเป็นกฎหมายแม่บทสำหรับทางหลวงในประเทศไทย ได้ให้คำจำกัดความของทางหลวงไว้ว่า "ทางหลวง" หมายถึง ทางหรือถนนซึ่งจัดไว้เพื่อประโยชน์ในการจราจรสาธารณะทางบก ไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้ หรือเหนือพื้นดิน หรือใต้หรือเหนือสิ่งขังหรือสิ่งกีดขวางอื่นนอกจากทางรถไฟ และให้หมายความรวมถึงที่ดิน พืช พันธุ์ไม้ทุกชนิด สะพาน ท่อหรือรางระบายน้ำ อุโมงค์ ร่องน้ำ กำแพงกันดิน เขื่อน รั้ว หลักสำรวจ หลักเขต หลักระยะ ป้ายจราจร เครื่องหมายจราจร เครื่องหมายสัญญาณ เครื่องสัญญาณไฟฟ้า เครื่องแสดงสัญญาณ ที่จอดรถ ที่พักคนโดยสาร เรือสำหรับขนส่งข้ามฟาก ท่าเรือสำหรับขึ้นหรือลงรถและอาคารหรือสิ่งอื่นอันเป็นอุปกรณ์งานทางบรรดาที่ได้จัดไว้ในเขตทางหลวงและเพื่อประโยชน์แก่งานทางนั้นด้วย (สมดุลย์ บัญญัติรัชต; และคนอื่นๆ. 2539 : 8)

ตามพระราชบัญญัติทางหลวง 2535 ได้กำหนดประเภททางหลวงไว้ 6 ประเภทคือ

1.ทางหลวงพิเศษ คือ ทางหลวงที่ได้ออกแบบเพื่อให้การจราจรผ่านได้ตลอด รวดเร็ว เป็นพิเศษ ซึ่งรัฐมนตรีได้ประกาศกำหนดให้เป็นทางหลวงพิเศษและกรมทางหลวงเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา และได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงพิเศษ

2.ทางหลวงแผ่นดิน คือ ทางหลวงสายหลักที่เป็นโครงข่ายเชื่อมระหว่างภาค จังหวัด อำเภอ ตลอดจนสถานที่ที่สำคัญที่กรมทางหลวงเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา และได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงแผ่นดิน

3.ทางหลวงชนบท คือ ทางหลวงนอกเขตเทศบาลและเขตสุขาภิบาล ที่องค์การบริหารส่วนจังหวัด กรมโยธาธิการ หรือสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา และได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงชนบท

4.ทางหลวงเทศบาล คือ ทางหลวงในเขตเทศบาลที่เทศบาลเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา และได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงเทศบาล

5.ทางหลวงสุขาภิบาล คือ ทางหลวงในเขตสุขาภิบาลที่สุขาภิบาลเป็นผู้ดำเนินการก่อสร้าง ขยาย บูรณะและบำรุงรักษา และได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงสุขาภิบาล

6.ทางหลวงสัมปทาน คือ ทางหลวงที่รัฐบาลได้ให้สัมปทานตามกฎหมาย ว่าด้วยทางหลวงที่ได้รับสัมปทาน และได้ลงทะเบียนไว้เป็นทางหลวงสัมปทาน (กรมทางหลวง. 2539 : 49)

2.3 หน้าที่และความรับผิดชอบ

กรมทางหลวง (2546) ได้อธิบายหน้าที่และความรับผิดชอบของกรมทางหลวงว่า มีหน้าที่ควบคุมและดำเนินการก่อสร้างบูรณะและบำรุงรักษาทางหลวง 3 ประเภทคือ ทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดิน และทางหลวงสัมปทาน ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาประเทศในด้านการคมนาคม การเศรษฐกิจ การศึกษา การปกครอง และป้องกันประเทศ โดยกรมทางหลวงมีความรับผิดชอบเกี่ยวกับงานสำรวจออกแบบ งานก่อสร้างขยายบูรณะ และบำรุงรักษาทางหลวง เพื่อเชื่อมต่อจุดสำคัญทางเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และการทหาร โดยคำนึงถึงผลตอบแทนทางด้านการเศรษฐกิจ และความมั่นคงของชาติตามมาตรฐานที่เหมาะสมกับปริมาณการจราจรของแต่ละท้องถิ่นในทุกภาคทั่วประเทศ ตลอดจนอำนวยความสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัยแก่ผู้ใช้ทางหลวงและควบคุมการใช้ทางหลวงให้เป็นไปโดยถูกต้องตามกฎหมายเกี่ยวกับทางหลวง

ส่วนทางหลวงที่อยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยราชการอื่นก็คือ

ทางหลวงชนบท อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงชนบท องค์การบริหารส่วนจังหวัดองค์การบริหารส่วนตำบลและหน่วยงานอื่นๆ

ทางหลวงเทศบาลอยู่ในความรับผิดชอบของเทศบาลต่างๆ

ทางหลวงสุขาภิบาล อยู่ในความรับผิดชอบของสุขาภิบาลต่าง ๆ

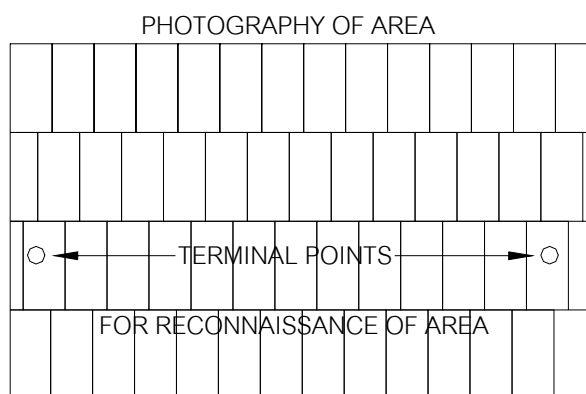
3. การศึกษาความเหมาะสมและการคัดเลือกแนวทาง

ในการพิจารณาเลือกแนวทาง ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อราคาค่าก่อสร้างและค่าใช้จ่ายในการใช้ถนนคือ ระยะทาง ความลาดชัน ที่ดินและการเวนคืน นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศ ก็มีผลสำคัญในการเลือกเส้นทางด้วยเหมือนกัน ระยะทาง เส้นทางควรมีระยะทางสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ การเพิ่มระยะทางอาจจำเป็นต้องทำ ในกรณีที่เส้นทางอันสั้นมีความลาดชันอยู่ในเกณฑ์ที่ก่อให้เกิดอันตราย ดินเดิมบนเส้นทางจะต้องแข็งแรงพอในการรับน้ำหนัก โดยการพิจารณาเลือกแนวทางเป็นแนวคิดอย่างกว้าง ๆ ในการเลือกเส้นทางให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ แรกทีเดียวต้องรู้เสียก่อนว่าต้องการจะสร้างเส้นทางจากจุดไหนไปยังจุดไหน (Terminal Point) (กรมทางหลวง. 2539 : 55)

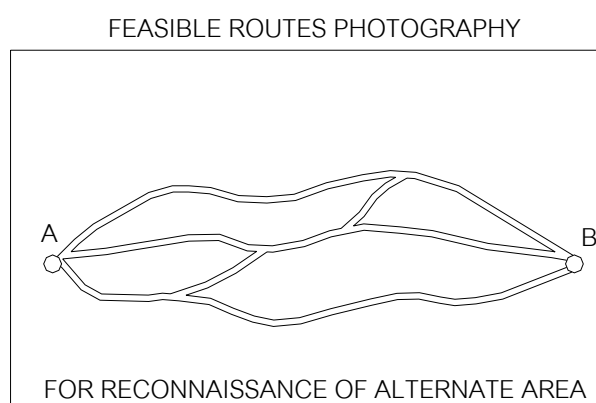
ในอดีตการวางแผนเส้นทางถนน (ภาพประกอบ 5-7) จำเป็นต้องเก็บและศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เช่น สภาพธรรมชาติ และพื้นที่ภูมิประเทศ คุณสมบัติของดินบริเวณเขตทางและบริเวณใกล้เคียงที่ถนนตัดผ่าน ระดับสูงสุด ระบบระบายน้ำ โดยทั่วไปจะมีการสำรวจอย่างกว้าง ๆ ในพื้นที่บริเวณที่ถนนจะตัดผ่าน เพื่อหารายละเอียดที่จำเป็นมาช่วยในการตัดสินใจวางแผนงานขั้นต้น รายละเอียดเหล่านี้หาได้จากแผนที่ซึ่งมีอยู่ในปัจจุบันของกรมแผนที่ทหาร กรมทรัพยากรธรณี กรมอุตุนิยมวิทยา ฯลฯ ในปัจจุบันมีการนำรูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photographs) มาซ้อนกันทางด้านข้างในแต่ละแถวประมาณ 25 % และแต่ละแผ่น มีส่วนที่ซ้อนกัน 55-65 % นำมาต่อกัน มาตราส่วน 1:5,000 ถึง 1:10,000 แล้วมองผ่านกล้องมองภาพประกอบ 3 มิติ (Stereoscope) จะเห็นพื้นภูมิประเทศเป็นภาพประกอบ 3 มิติ สามารถมองเห็นแนวทางผ่านเนิน ช่องเขา สิ่งปลูกสร้าง จะช่วยลดการสำรวจทางภาคพื้นดินและช่วยในการวางแผนถนนได้ง่ายและรวดเร็ว (จิรพัฒน์ โชติไกร. 2531 : 104) ซึ่งสอดคล้องกับ อันเดอร์วูด (Underwood.1991 : 196) ที่ได้อธิบายถึงวิธีการคัดเลือกแนวทางไว้ว่า ต้องมีการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดก่อน จากนั้นจะนำแผนที่ภูมิประเทศหรือรูปถ่ายทางอากาศ แผนที่ธรณีวิทยา อุทกวิทยาและข้อมูลการถือครองที่ดิน มาศึกษาเพื่อหาแนวทางเลือกที่เป็นไปได้หลายแนวทาง จากนั้นจะนำแนวทางเลือกมาเปรียบเทียบกันในเรื่องของราคาค่าก่อสร้าง ระยะทาง ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ได้แนวทางที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เช่นเดียวกับ ไรท์ และ ปาเกตต์ (Wright; & Paquette.1987: 360 - 361) ที่ได้ใช้วิธีการคัดเลือกแนวทางโดยใช้ แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ลำน้ำและลุ่มน้ำ และข้อมูลภูมิอากาศ เพื่อหาแนวทางเลือกที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ก่อนจะนำทางเลือกแต่ละแนวทางมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุด

ในเรื่องนี้ กรมทางหลวง (2543ข : 2-1, 2538 : 4) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการกำหนดแนวทางเบื้องต้นไว้เช่นกัน โดยการคัดเลือกแนวทางจะใช้แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 แผนที่ธรณีวิทยาและรูปถ่ายทางอากาศ ข้อมูลทางด้านชลประทาน ข้อมูลทางด้านโครงข่ายทางหลวงในพื้นที่ เพื่อมาประกอบการกำหนดแนวทางเลือก โดยมีหลักในการเลือกแนวเส้นทางคือ แนวทางควรเป็นเส้นตรงและสั้นที่สุด แนวทางต้องต่อเชื่อมและกลมกลืนกับลักษณะภูมิประเทศ หลีกเลียง

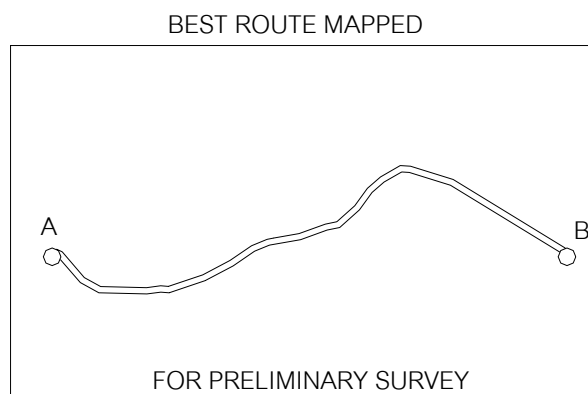
ผลกระทบต่อสถานที่สำคัญต่าง ๆ เช่นสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ วัด แหล่งโบราณคดี ชุมชนต่าง ๆ หลีกเลี้ยงพื้นที่ภูเขา พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ดินอ่อน พื้นที่ลุ่มน้ำ 1A หรือ 1B พื้นที่ป่าสงวน พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า พื้นที่ป่าสงวน การตัดผ่านแม่น้ำหรือลำน้ำใหญ่หลายแห่งโดยไม่จำเป็น โดยการกำหนดแนวทางเลือกไว้ไม่น้อยกว่า 3 แนวทางแล้วคัดเลือกให้เหลือเพียง 1 แนวทาง นอกจากนี้กรมทางหลวง (2544) ได้ศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมืองสายหาดใหญ่-ชายแดนมาเลเซีย โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร รูปถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:15,000 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่อนุรักษ์ตามกฎหมาย แหล่งสำคัญทางวัฒนธรรม โบราณคดี และยังมีการนำภาพจากดาวเทียม มาปรับปรุงข้อมูลให้สมบูรณ์มากที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการกำหนดแนวเส้นทางเลือก (Alternative Alignment) ของโครงการอีกด้วย



ภาพประกอบ 5 แสดงวิธีการเรียงภาพต่อรูปถ่ายทางอากาศระหว่างจุดสองจุด



ภาพประกอบ 6 แสดงการกำหนดแนวเส้นทางระหว่างจุดสองจุดก่อนเลือกเส้นทางที่



ภาพประกอบ 7 แสดงเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการ

ที่มา : จิรพัฒน์ โชติไกร. (2531). วิศวกรรมการทาง. : 106.

ถ้าการพิจารณาคัดเลือกแนวทางไม่ดีหรือไม่เหมาะสม ความเป็นไปได้ของแนวทางไม่ เป็นไปตามหลักวิชาการแล้ว จะมีผลกระทบต่องานทางคือ ค่างานก่อสร้างทางสูง ขาดความ ปลอดภัย ค่าใช้ทางสูง และเกิดความเครียดในการใช้ทาง ดังนั้นในการพิจารณาคัดเลือกแนวทางจึง จำเป็นต้องรู้ถึงกฎเกณฑ์มาตรฐานต่าง ๆ ของงานทางว่าแต่ละมาตรฐานทางนั้นกำหนดไว้อย่างไร บ้าง (กรมทางหลวง. 2539 : 49-59) ในเรื่องนี้ อันเดอร์วูด (Underwood.1991 : 194) ได้อธิบายไว้ ว่า ในการคัดเลือกแนวเส้นทางสำหรับการสร้างถนนใหม่ แนวทางที่ดีจะต้องมีความปลอดภัย มีการ จัดการที่ดีและมีค่าใช้จ่ายในการใช้ทางน้อยที่สุด

ในการพิจารณาคัดเลือกแนวเส้นทางที่ดีที่สุดจะใช้การจัดลำดับความสำคัญ (Ranking) ของข้อพิจารณาและการถ่วงน้ำหนัก (Weighting) โดยประวิช (2523) ได้ศึกษาการจัดลำดับ ความสำคัญของข้อพิจารณาที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงการตัดถนนเชื่อมต่อนระหว่างหมู่บ้าน โดย นำเทคนิค Ranking และ Weighting โดยข้อพิจารณาต่าง ๆ ได้ปรับปรุงมาจากกรมทางหลวง กอง ทางหลวงถ้อยถิ่น กรมโยธาธิการ สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบทและธนาคารโลก จะพิจารณาเรื่อง ค่าก่อสร้าง การสนับสนุนการขนส่งผลผลิตสู่ตลาด การอำนวยความสะดวกด้านการปกครองและการป้องกัน ประเทศ การสร้างขึ้นเพื่อให้ราษฎรจำนวนมากได้ใช้ในการติดต่อ ขจัดการเดินทางที่ยากลำบาก เป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่าข้อพิจารณาที่ได้รับความสำคัญที่สุดคือ การสร้างขึ้นเพื่อให้ราษฎร จำนวนมากได้ใช้ในการติดต่อ ค่าถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 13.2 คะแนนจาก 100 คะแนน รองลงมาคือ การสนับสนุนการขนส่งผลผลิตสู่ตลาด นอกจากนี้ กรมทางหลวง (2544) จะใช้การจัดลำดับ ความสำคัญ (Ranking) ของข้อพิจารณาและการถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ในการคัดเลือกแนว เส้นทางที่ดีที่สุด โดยใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาโดยให้ความสำคัญในเรื่องค่าก่อสร้างมากที่สุด ค่า ถ่วงน้ำหนัก เท่ากับ 12 คะแนนจาก 100 คะแนน รองลงมาเป็นเรื่องค่าใช้จ่ายในการใช้ทาง เวลาใน การเดินทาง การเวรคืนและคุณภาพอากาศ เสียง

3.1 ปัจจัยด้านความชัน

ลักษณะภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อการวางแผนเส้นทาง โดยมีผลกระทบกับแนวทางราบ (Horizontal Alignment) และแนวทางตั้ง (Vertical Alignment) หรือความลาดชันของถนนเป็นอย่างมาก (AASHTO. 1990 : 226) ในเรื่องนี้ กรมทางหลวง (2535 : 52) กล่าวว่าไว้ว่าสิ่งที่ต้องพิจารณาในการวางแผนเส้นทางคือความลาดชันของภูมิประเทศ หากความลาดชันน้อยก็สามารถก่อสร้างคันทางได้โดยง่ายและไม่สิ้นเปลือง หากความลาดชันสูง การถมคันทางลงไปอาจไม่อยู่ต้องอาศัยการตัดให้คันทางอยู่บนดินเดิม ซึ่งมีผลต่อราคาค่าก่อสร้างและการพังทลายของคันทาง โดยปัญหาที่พบในทางที่เป็นภูเขาคือ การพังทลายของคันทางซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการ สาเหตุหนึ่งคือการกำหนดแนวทางไม่เหมาะสม ผ่านไปจนจุดที่พื้นดินมีความชันหรือบริเวณนั้นมีการสั่นไถ่โดยธรรมชาติอยู่แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับทวิศศักดิ์ ระมิงค์วงศ์; และชาญ ดันติสุขฤๅ (2522 : 58) ที่กล่าวว่า ในด้านของวิศวกรรมงานทาง การเคลื่อนที่ของมวลวัตถุมักจะก่อให้เกิดปัญหาเสมอ โดยในบางครั้งต้องหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีความชันอันอาจจะก่อให้เกิดอันตราย และถือเป็นวิธีแก้ปัญหาคือดีที่สุด ถ้าหากพื้นที่ใกล้เคียงสามารถนำมาใช้แทนได้ เช่น วิศวกรอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนเส้นทางถนนไปบ้างเพื่อป้องกันการถล่มของดินหรือหิน และมนตรี เดชาสกุลสม (2543 : 83) มีความเห็นในเรื่องเดียวกันนี้ว่า ความเสียหายของถนนที่เกิดจากการชะล้างพังทลายนับวันดูเหมือนจะมากขึ้นเรื่อยๆ การพังทลายของดินส่วนใหญ่เกิดบนถนนบริเวณที่มีความลาดชันมาก (Steep Slope) เสถียรภาพของลาดคันทางจะลดต่ำลงมาก การพังทลายของคันทางจึงเกิดขึ้นได้ง่าย ส่วน สรวิศ นฤปิติ (2534 : 22) ได้ให้เหตุผลอีกประการหนึ่งว่าลักษณะภูมิประเทศทางเนิน เป็นบริเวณที่ทำให้แนวเส้นทางมีความลาดชันที่ทำให้ความเร็วของรถบรรทุกลดลงจนช้ากว่าความเร็วของรถส่วนบุคคล ส่วนลักษณะภูมิประเทศทางภูเขา เป็นบริเวณที่ทำให้รถบรรทุกต้องใช้ความเร็วช้าลง (Crawl Speed) ทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ

กรมทางหลวง (2539 : 55-57) ได้อธิบายว่าในการกำหนดแนวเส้นทาง จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง ซึ่งแนวเส้นทางที่ดีที่สุดคือแนวเส้นตรง แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาลักษณะภูมิประเทศว่าความเป็นไปได้แค่ไหน บางครั้งแนวเส้นทางไม่สามารถเข้าจุดบังคับได้โดยตรง จึงต้องกำหนดแนวเส้นทางให้ไปยังจุดปลายทางหลายๆ ทางเลือก เพื่อที่จะสามารถพิจารณาหาแนวที่ดีที่สุดที่เป็นไปได้ซึ่งจะต้องพิจารณาจากเส้นชั้นความสูง จุดสันเขา และ กว๊าน หากพบว่าจะต้องกำหนดเส้นทางผ่านสันเขา ก็ต้องหาจุดที่มีความชันน้อยที่สุด สูงน้อยที่สุด และมีความเหมาะสม ความลาดชันตามแนวเส้นทางต้องไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด หากไม่สามารถหาตำแหน่งที่มีความลาดชันไม่เกินค่าความลาดชันจำกัดได้ ก็อาจจะใช้วิธีแก้ไขความลาดชัน โดยการขุดดินตามแนวเส้นทาง หรือก่อสร้างสะพานหรือก่อสร้างอุโมงค์ แต่วิธีการแก้ไขเหล่านี้จะต้องมีการลงทุนราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นมา ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความไม่เหมาะสมต่อการลงทุนก่อสร้างถนนสายนี้ก็ได้ และถ้าพิจารณาในด้านเศรษฐศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบรถยนต์ที่วิ่งไปตามถนนในแนวราบกับรถยนต์ที่วิ่งขึ้นไปตาม

แนวถนนที่มีความลาดชัน จะทำให้รถต้องสูญเสียพลังขับเคลื่อนเพิ่มขึ้น ดังนั้นความลาดชันจะก่อให้เกิดผลกระทบ ดังนี้

1. ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการใช้ถนนเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมบำรุง และอื่นๆ รวมทั้งค่าสูญเสียเวลาด้วย
2. ทำให้ต้องจำกัดน้ำหนักบรรทุกของรถ ซึ่งเป็นผลทำให้ต้องเพิ่มจำนวนรถมากขึ้น

ซึ่งสอดคล้องกับ ไรท์ และ ปาเกตต์ (Wright; & Paquette.1987: 212) ที่กล่าวว่า ความชันมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและค่าใช้จ่ายในการใช้ทาง ระยะทางของความชันยังมีผลกระทบอย่างมากต่อความเร็วของรถยนต์ ถ้าความชันมีระยะทางยาวจะส่งผลให้ความปลอดภัยและความสะดวกสบายในการขับรถลดน้อยลงและเพิ่มค่าใช้จ่ายในการใช้ทางอีกด้วย (Bangkok Metropolitan Administration.1987 : 67)

ในการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางหลายๆ แนวและมีหลากหลายความชัน หากยอมลงทุนมากก็สามารถทำให้ความลาดชันลดลงได้ และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ถนนได้ ความลาดชันจะทำให้รถขนาดใหญ่ (รถบรรทุกและรถโดยสาร) สามารถวิ่งไปได้แต่ความเร็วของการวิ่งจะลดต่ำกว่าปกติ ดังนั้นหากเลือกเส้นทางที่มีความชันที่ทำให้รถขนาดใหญ่ต้องวิ่งช้าลง 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะมีผลทำให้ความจุของถนนลดลง นั่นคือขีดความสามารถในการระบายการจราจรของถนนลดลงและหากปริมาณการจราจรสูงกว่าความจุของถนนที่จะรับได้ ย่อมเป็นเหตุทำให้การจราจรติดขัด สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและสูญเสียเวลาการเดินทางเพราะทำให้รถขนาดเล็กต้องเสียเวลารอ กรมทางหลวงได้กำหนดให้พิจารณาความเร็วของรถขนาดใหญ่ลดลงไม่มากกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแต่หากลักษณะภูมิประเทศไม่อำนวยให้เป็นไปตามข้อกำหนด ก็จำเป็นต้องเพิ่มช่องจราจรพิเศษสำหรับรถขนาดใหญ่ที่วิ่งได้ช้าเรียกว่า Climbing Lanes

3.2 ปัจจัยด้านอุทกวิทยา

ในการพิจารณากำหนดแนวเส้นทาง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอันดับแรก (Primary Control) คือ จุดสร้างสะพาน ช่องเขา ป่าสงวน หมู่บ้าน อันดับรองลงมา (Secondary Control) คือ การระบายน้ำในบริเวณที่มีน้ำท่วมขัง สภาพดิน ความลาดชันของพื้นที่ เพราะสิ่งเหล่านี้มีผลต่อความยากง่ายในการก่อสร้างและราคาก่อสร้างเป็นอย่างมาก (จิรพัฒน์ โชติกร. 2531 : 105) และ ทัศนียภาพ (2531 : 8-1) ยังได้อธิบายไว้อีกว่า การออกแบบแนวทางการระบายน้ำออกจากถนนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำควบคู่กันไป ด้วยเหตุผลที่ว่าถนนที่มีระบบระบายน้ำดีจะคงทนมีอายุการใช้งานนานตามกำหนดและยังช่วยลดอุบัติเหตุได้อีกด้วย ส่วนทางด้านของ ไรท์ และ ปาเกตต์ (Wright; & Paquette. 1987 : 278) ได้ให้ความเห็นในเรื่องเดียวกันว่า การเตรียมการระบายน้ำให้เพียงพอสำหรับถนนทั้งในเมืองและนอกเมือง เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้ออกแบบต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันความเสียหายต่อถนน ซึ่งจะมีผลต่อความปลอดภัยของผู้ใช้ทางและราคาค่าซ่อมบำรุงทาง

ในการออกแบบทางแต่ละสาย มักจะหลีกเลี่ยงพื้นที่แนวทางจะต้องตัดผ่านลำน้ำ ซึ่งอาจจะ เป็นแค่ลำรางขนาดเล็ก หรือลำน้ำขนาดใหญ่ ผู้ออกแบบก็จำเป็นต้องออกแบบอาคารระบายน้ำให้ เหมาะสมและเพียงพอกับปริมาณน้ำที่จะต้องระบาย เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อคันทางหรือเมื่อ แนวทางผ่านในบริเวณที่เป็นย่านชุมชนก็จำเป็นต้องออกแบบอาคารระบายน้ำ เพื่อที่จะระบายน้ำ จากผิวจราจรและน้ำเสียจากอาคารสองข้างทางที่แนวผ่าน (กรมทางหลวง. 2539 : 119) ในเรื่องนี้ ชิมชัย เศรษฐพรหมณ์ และมรกต บุญอยู่ (2545 : RS-33) ได้อธิบายไว้ว่า ในบริเวณที่ราบลุ่มมี เส้นทางหลวงได้ตัดผ่านพื้นที่ที่เป็นทางน้ำเก่า ทำให้เกิดผลเสียหายนั่นคือการทรุดตัว หรือ เส้นทางหลวงที่มีการตัดขวางแนวทางการไหลของน้ำตามธรรมชาติแล้วมีการออกแบบอาคารระบาย น้ำไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นและไหลท่วมถนน ทำให้เกิดความเสียหาย

การระบายน้ำในงานออกแบบถนน (Transport Drainage) จะให้ความสำคัญ 2 ประการคือ เรื่องความปลอดภัยของโครงสร้างถนน ต้องมีการออกแบบแนวเส้นทาง เพื่อให้มีความเหมาะสมและมีราคาต่ำก่อสร้างไม่มาก โดยวิศวกรจะต้องพิจารณาวางแผนการสร้างถนนเส้นใหม่โดยต้องมีการ คำนวณปริมาณน้ำหลากจากนักอุทกวิทยา เพื่อจะได้นำค่าที่คำนวณได้มาออกแบบโครงสร้างของ ท่อลอดและสะพานให้เกิดความปลอดภัย ประการที่ 2 คือ ถนนต้องมีความมั่นคงแข็งแรง สามารถที่ จะระบายปริมาณน้ำฝนที่ตกหนักได้ (Shaw. 1984 : 87)

ตามธรรมชาติเมื่อมีฝนตกลงมา บริเวณแหล่งต้นน้ำลำธารจะรับน้ำฝนจำนวนนี้ไว้ ส่วน หนึ่งจะไหลซึมลงไปในดิน ส่วนที่เหลือจะไหลไปตามผิวดิน ลงสู่ลำธารต่างๆ ซึ่งลำธารเหล่านี้จะไหล รวมกันลงสู่แม่น้ำและไหลลงสู่ทะเลในที่สุด ถ้าถนนตัดผ่านลำธารหรือตัดขวางกับทิศทางการไหล ของน้ำบนผิวดิน ตัวถนนจะทำหน้าที่คล้ายกับเป็นเขื่อนเตี้ยๆ กันน้ำไว้ ดังนั้นจะต้องมีสะพานหรือ ท่อไ้ตรงบริเวณดังกล่าว เพื่อให้ได้น้ำไหลเป็นปกติ ในเส้นทางสายหนึ่งๆ ความจำเป็นในการสร้าง สะพานและการวางท่อย่อมแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศที่แนวทางนั้นตัดผ่าน ถ้า เป็นแนวที่ลัดเลาะขึ้นตามสันเขาหรือสันปันน้ำแล้ว สะพานและท่อก็ไม่ต้องคำนึงถึงแต่อย่างใด เนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงมาจะไหลลงสู่ที่ต่ำได้ทันที ในทางกลับกัน ถ้าแนวทางตัดขวางกับแม่น้ำแล้ว จะต้องสร้างสะพานหรือวางท่อข้าม ลำห้วย ลำธารซึ่งเป็นสาขาของแม่น้ำ (เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ ศรี. 2521 : 156)

ในการวางแผนงานและกำหนดแนวเส้นทาง งานด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์มี ความสำคัญและเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในลำดับต้น ๆ โดยมีความเป็นไปได้ว่างานก่อสร้างทางจะทำให้ รูปแบบของคุณลักษณะของลำน้ำที่ถนนตัดผ่านเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจำเป็นต้องนำมาพิจารณาใน ขั้นตอนการออกแบบด้วย ดังนั้นผู้เชี่ยวชาญด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ต้องเข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่ เริ่มต้นโครงการคัดเลือกแนวเส้นทาง จะทำให้ผลงานออกแบบดีและสามารถประหยัดงบประมาณใน การก่อสร้างได้ (AASHTO.1992 : 1) โดย อันเดอร์วู้ด (Underwood. 1991) ได้ให้เหตุผลหลักที่ จำเป็นต่อการระบายน้ำในงานออกแบบถนนไว้ดังนี้

1. เพื่อไม่ให้เกิดการขัดขวางการระบายน้ำ เมื่อมีการก่อสร้างถนนขวางการไหลของน้ำตามธรรมชาติ
2. เพื่อควบคุมน้ำฝนที่ตกลงบนผิวถนนและไหลทางให้ไหลไปยังอาคารระบายน้ำในตำแหน่งที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศที่ถนนตัดผ่าน
3. เพื่อป้องกันความเสียหายกับถนนจากน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่ข้างเคียง
4. เพื่อควบคุมระดับน้ำใต้ดินไม่ให้สูงจนทำอันตรายแก่โครงสร้างชั้นทาง

การออกแบบระบบระบายน้ำมี 2 ขั้นตอนหลัก คือ การวิเคราะห์ด้านอุทกศาสตร์และการออกแบบด้านชลศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างอุทกศาสตร์กับชลศาสตร์มีความสำคัญในการออกแบบแนวเส้นทางเป็นอย่างมาก (Louis Berger International. 1980 : 2-1) ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวก็สอดคล้องกับกรมทางหลวง (อัศวิน กรรณสูตร; และวีระ เรืองสุขศรีวงศ์. 2535 : 11-15) คือ การออกแบบงานระบายน้ำของถนนจะต้องศึกษาด้านอุทกนิยามวิทยา อุทกวิทยา ธรณีวิทยา ข้อมูลสถิติต่าง ๆ และทางด้านชลศาสตร์ ทั้งนี้ขั้นตอนที่สำคัญจะประกอบด้วย

- การวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา (Hydrologic Analysis) ซึ่งเกี่ยวกับการคาดคะเนปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่เป็นไปได้ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับถนน
- การออกแบบทางชลศาสตร์ (Hydraulic Design) ซึ่งเกี่ยวกับการออกแบบอาคารระบายน้ำ เพื่อระบายน้ำท่วมสูงสุด

3.2.1 การวิเคราะห์ทางด้านอุทกวิทยา (Hydrology Analysis)

วีระพล แต่สมบัติ (2528 : 3-4) ได้ให้ความหมายของ อุทกวิทยาว่าเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งซึ่งกล่าวถึงการเกิด การเคลื่อนที่ หมุนเวียน และการแผ่กระจายของน้ำบนแผ่นดิน (หมายถึงน้ำจืด) คุณสมบัติของน้ำทั้งทางฟิสิกส์และเคมี และปฏิกิริยาของน้ำกับสิ่งแวดล้อมอันรวมถึงความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตทั้งหลายด้วย อุทกวิทยาในอีกความหมายหนึ่งคือวิทยาศาสตร์ที่เป็นแนวทางการควบคุมการลดลงและเพิ่มขึ้นของทรัพยากรน้ำบนพื้นผิวดินของโลก แนวทางการจัดการการไหลของน้ำจึงเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบระบบระบายน้ำต้องให้ความสำคัญมากที่สุด พื้นฐานที่สำคัญของอุทกวิทยาที่ใช้ออกแบบระบบระบายน้ำของถนน คือปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า โดยเฉพาะการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลสูงสุดกับความถี่การเกิดซ้ำ และการคาดคะเนน้ำฝนที่จะก่อให้เกิดเป็นน้ำท่า (Louis Berger International. 1980 : 2-8) ซึ่งหลักอุทกวิทยานี้ ได้นำมาใช้ในการออกแบบอาคารชลศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างเช่นการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่วมที่ผ่านท่อระบายน้ำของถนน เป็นต้น (Linsley; Kohler; & Paulhus. 1988 : 4)

การหาปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Flood Peak)

ในการออกแบบอาคารระบายน้ำ จำเป็นต้องรู้ปริมาณการไหลสูงสุด เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบอาคารระบายน้ำ ให้สามารถระบายน้ำท่วมได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวถนน วิธีการหาปริมาณการไหลสูงสุดมีหลายวิธี แต่ละวิธีต้องการข้อมูลที่แตกต่างกัน

ออกไป แต่ส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลคุณสมบัติต่างๆ ของลุ่มน้ำ (วรารุช วุฒิวนิชย์. 2533 : 7-1)

1. Rational Method (RM) ปัจจุบันวิธีนี้เป็นที่นิยมใช้ในการคำนวณหาปริมาณการไหลสูงสุดของลุ่มน้ำขนาดเล็ก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยชาวไอริช ชื่อ Mulvaney ในปี ค.ศ.1851 และในปี ค.ศ. 1889 Kuichling ได้นำเอาวิธีนี้ไปใช้ในสหราชอาณาจักรและในปี ค.ศ. 1906 Lloyd-Davies ก็นำไปปรับปรุงใช้กันอย่างแพร่หลายเรียกกันว่าวิธีลอร์ด-เดวิส (Lloyd-Davies Method) จนเป็นที่นิยมใช้กันมาถึงปัจจุบัน (Bedient; & Huber. 1992 : 88) และวิธีนี้ก็เป็วิธีหนึ่งซึ่งกรมทางหลวงใช้ในการคำนวณหาปริมาณการไหลสูงสุด โดยใช้กับพื้นที่รับน้ำไม่มากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร โดยทั่วไปจะคิดปริมาณการไหลสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี (กรมทางหลวง. 2539 : 119) สอดคล้องกับเผ่าพงศ์ นิจันท์พันธ์ศรี (2521 : 156) ที่กล่าวว่าวิธีนี้ เป็นวิธีหาปริมาณน้ำไหลสูงสุด โดยใช้กับพื้นที่รับน้ำไม่มากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร

ในปี พ.ศ.2499 ที่สหรัฐอเมริกาได้มีการสำรวจความคิดเห็นของวิศวกรที่ปฏิบัติงานด้านการระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วมทั่วทั้งประเทศ ปรากฏว่ามีมากกว่าร้อยละ 90 ของบริษัทวิศวกรเหล่านี้ได้ตอบแบบสอบถาม แสดงผลอันพึงพอใจในการใช้วิธี RM มาใช้ในการออกแบบระบบระบายน้ำ เช่นเดียวกับการประชุมว่าด้วยการวิจัยของสถาบันทางวิศวกรรม (Engineering Foundation Research Conference) ครั้งแรกของสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ.2508 มีการวิพากษ์วิจารณ์ในเรื่องช่องโหว่ในแนวความคิดของวิธี RM แต่ก็สรุปได้ว่าแม้จะมีช่องโหว่แต่ในเชิงปฏิบัติก็เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางเช่นกัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2538 : 54)

ซึ่งสูตร Rational Method มีดังนี้

$$Q = 0.278CiA$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 C = ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า
 i = ปริมาณน้ำฝนที่ตกในขณะหนึ่งๆ หรือ ความเข้มของฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)
 A = พื้นที่รับน้ำ หรือ ลุ่มน้ำ (Watershed) (ตารางกิโลเมตร) (ที่มา : Bedient; & Huber. 1992 : 395)

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (C) ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ชนิดของดินและสภาพของสิ่งปกคลุมบนพื้นดิน (กรมทางหลวง. 2539 : 227) เป็นองค์ประกอบที่รวมเอาอิทธิพลทั้งหมดของลุ่มน้ำที่มีต่อขบวนการเกิดน้ำท่า เป็นการยากที่จะหาค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่ถูกต้องแน่นอน ส่วนความเข้มของฝน (i) จะได้จากฝนที่มีช่วงเวลากการตกเท่ากับเวลาน้ำท่วมสูงสุดและมีรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนด จะหาได้จากกราฟความลึก (ความเข้มของฝน) – ช่วงเวลา – ความถี่ (Depth – Duration – Frequency) และพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ทั้งนี้ USDA(1957) ได้ให้คำจำกัด

ความของลุ่มน้ำไว้ในหนังสือ SOILS ว่า “ ลุ่มน้ำคือ พื้นที่เหนือจุด ๆ หนึ่งบนลำธารที่ให้การระบายน้ำผ่านจุดนั้น” โดยขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำใด ๆ จะขึ้นกับตำแหน่งหรือจุดที่พิจารณาในลำน้ำ ซึ่งเรียกว่า จุดออก ดังนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำสำหรับลำน้ำใด ๆ จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อจุดออกหรือตำแหน่งที่พิจารณาในลำน้ำเคลื่อนไปทางด้านท้ายน้ำ (วิระพล แต่สมบัติ.2531 : 1.1) หรืออีกนัยหนึ่ง พื้นที่ลุ่มน้ำหมายถึงพื้นที่ที่เมื่อฝนตกลงบนจุดใด ๆ น้ำท่าที่เกิดขึ้นจะไหลออกไปยังจุดเดียวกันทั้งหมด การหาพื้นที่รับน้ำ ณ.จุดออกใด ๆ สามารถหาได้จากเส้นสันปันน้ำ

2. Specific Yields of Flood เป็นวิธีการหาปริมาณการไหลสูงสุดอีกวิธีหนึ่งที่กรมทางหลวงใช้ โดยใช้กับพื้นที่รับน้ำ มากกว่า 25ตารางกิโลเมตร โดยอาศัย Specific Yield of Flood Flow ซึ่งสร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำของลุ่มน้ำต่างๆ ทั่วประเทศไทย กับปริมาณการไหลสูงสุดของแต่ละลุ่มน้ำในรอบ 50 ปี ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสร้างโดยวิธีการทางสถิติ อย่างไรก็ตามการคิดปริมาณการไหลสูงสุดด้วยวิธีนี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนพอสมควรซึ่งผู้ออกแบบควรจะต้องสำรวจภาคสนามเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาด้วย (กรมทางหลวง. 2539 : 229)

สูตรการคำนวณมีดังนี้

$$Q = A \times \text{Specific Yield of Flood Flow}$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางกิโลเมตร) (ที่มา : กรมทางหลวง. 2539 : 229)

3.2.2 การออกแบบทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic Design)

ลินส์เลย์ และ ฟรานซินิ (Linsley; & Franzini.1979) ได้อธิบายไว้ว่า การออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับปริมาณการไหลสูงสุดให้สอดคล้องกับหลักการการไหลในทางน้ำเปิด การออกแบบจะต้องคำนึงถึงการกำหนดขนาดและชนิดอาคารระบายน้ำให้ประหยัดที่สุด ที่สามารถระบายน้ำจากปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่คาดการณ์ไว้ โดยรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนดไว้เป็นจุดสำคัญในระบบการระบายน้ำ เป็นตัวกำหนดขนาดและชนิดอาคารระบายน้ำ และเพื่อให้ได้การออกแบบที่ดีที่สุดจึงควรพิจารณาหลายๆ ทางเลือกในการกำหนดตำแหน่ง ชนิดและขนาดอาคารระบายน้ำ เพื่อให้ได้อาคารระบายน้ำที่ประหยัดที่สุด เช่นเดียวกับฉลอง เกิดพิทักษ์ (2525) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ในการออกแบบด้านชลศาสตร์ที่ดีนั้น จะต้องทำการก่อสร้างอาคารระบายน้ำ ที่สามารถระบายน้ำของปริมาณน้ำท่วมสูงสุดในรอบปีการเกิดซ้ำที่กำหนดได้หมด โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายรวมทั้งสามารถทำให้น้ำไหลผ่านด้วยความเร็วที่เหมาะสม ไม่สูงเกินไปจนเกิดการกัดเซาะเกิดความเสียหายต่ออาคารระบายน้ำและสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงหรือความเร็วของน้ำไม่ต่ำเกินไปจนเกิดการตกตะกอนเป็นเหตุของการขวางทางน้ำในที่สุด

การคำนวณปริมาณน้ำที่อาคารระบายน้ำสามารถรับได้ ในขั้นต้นจะคำนวณหาความเร็วเฉลี่ย และ นำความเร็วเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำ และยังสามารถใช้หลักการนี้ได้กับทางน้ำปิดได้ด้วย กิริติ ลีวัจนกุล (2544 : 167) แสดงสมการไว้ดังนี้คือ

$$Q = VA$$

เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 V = ความเร็วเฉลี่ย (เมตรต่อวินาที)
 A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตารางเมตร) (ที่มา : กิริติ ลีวัจนกุล. 2544 : 167)

อาคารระบายน้ำที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ท่อกลม (R.C.P.Culvert) ท่อกลมที่กรมทางหลวงใช้เป็นท่อกลมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แบบมาตรฐานของกรมทางหลวงที่ DS-101 เป็นท่อหล่อสำเร็จ ยาวท่อนละ 1.00 ม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในตั้งแต่ 0.30 ม.ถึง 1.50 ม. ความเด่นชัดของท่อกลมคือ ราคาไม่แพง ก่อสร้างได้รวดเร็ว แต่เนื่องจากท่อกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่มากนัก จึงเหมาะสำหรับเป็นอาคารระบายน้ำของช่องน้ำขนาดเล็ก (ความกว้างของช่องน้ำเดิมไม่มากกว่า 5.00 ม. โดยประมาณ) และความสูงของระดับน้ำไม่มากกว่า 1.50 ม. ที่ไม่มีสิ่งลอยน้ำผ่านและไม่มีการจราจรทางน้ำ หรือเป็น Cross Drain ของน้ำฝน

2. ท่อเหลี่ยม (R.C. Box Culvert) ท่อเหลี่ยม คสล.มาตรฐานที่ใช้ในงานของกรมทางหลวงเป็นท่อกอนกรีตเสริมเหล็กแล้วในที่ มีขนาดหน้าตัดภายในตั้งแต่ 0.60 ม. x 0.60 ม. ไปจนถึงขนาด 3.60 ม.x 3.60 ม.ลักษณะการใช้งานคล้ายกับท่อกลม คสล. แต่มีข้อได้เปรียบกว่าคือ สามารถเลือกใช้ขนาดใหญ่ ๆ ได้ ทำให้สามารถใช้ในกรณีที่ช่องน้ำใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถไหลผ่านท่อได้ แต่ต้องไม่มีสิ่งลอยน้ำหนาแน่น หรือขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถไหลผ่านท่อได้ โดยทั่วไปจะออกแบบท่อเหลี่ยม คสล.เมื่อความกว้างของลำน้ำไม่เกิน 10.00 ม. และ/หรือ ความสูงของระดับน้ำอยู่ระหว่าง 1.50-3.60 ม. และจะต้องมีช่วงเวลาที่น้ำแห้ง

3. สะพาน (Bridge) สะพานที่ออกแบบมีหลายชนิด คือสะพานไม้ สะพานเหล็ก และสะพานคอนกรีต แต่ในปัจจุบันการออกแบบสะพานของกรมทางหลวงจะออกแบบเป็นสะพานคสล. ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ แบบแผ่นพื้น (Slab Type) มีขนาดช่วงยาวตั้งแต่ 5.00 ม.-10.00 ม. และแบบ Girder Type ซึ่งมีขนาดช่วงยาวตั้งแต่ 10.00 ม.ขึ้นไป สำหรับความกว้างของสะพานในปัจจุบัน การออกแบบความกว้างของสะพานจะให้ความกว้างเท่ากับความกว้างของคันทางไม่มีทางเท้าสำหรับทางหลวงนอกเมือง สำหรับสะพานที่จะออกแบบในบริเวณย่านชุมชน ความกว้างของสะพานจะกว้างตั้งแต่ 7.00 ม.ขึ้นไป และมีทางเท้ากว้างข้างละ 1.00 ม.-1.50 ม.ลักษณะการใช้งานของสะพานคือ เหมาะสำหรับช่องน้ำขนาดใหญ่ที่มีความกว้างของลำน้ำมากกว่า 10.00 ม. และ/

หรือความสูงของระดับน้ำมากกว่า 3.50 ม.หรือช่องน้ำมีการสัญจรทางน้ำ แพ ชุง ขอนไม้ หรือสิ่งลอยน้ำหนาแน่น (อัศวิน วรรณสูตร; และวีระ เรื่องสุขศรีวงศ์. 2535:11-15)

3.3 ปัจจัยด้านธรณีวิทยา

ทวิตักดิ์ ระมิงค์วงศ์และชาญ ดันติสุกฤต (2522 : 3) กล่าวว่าประโยชน์ของวิชาธรณีวิทยาต่อวิศวกร คือการทราบสภาพธรณีวิทยาของบริเวณใด ๆ ที่จะใช้เพื่องานทางด้านวิศวกรรม จะเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้งานทางด้านวิศวกรรมนั้น ๆ ประสบความสำเร็จ ทั้งนี้เพราะว่าสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่หรือเพื่อประโยชน์ในด้านใดก็ตาม จำเป็นต้องมีรากฐานอยู่บนเปลือกโลกซึ่งจะประกอบไปด้วยหินและแร่เป็นสำคัญ การที่จะก่อสร้างอาคาร การวางแนวถนน การขุดเจาะอุโมงค์ การสร้างเขื่อนตลอดจนอ่างเก็บน้ำ สภาพธรณีวิทยาจะเป็นตัวการสำคัญประการหนึ่งที่มีต่อความแข็งแรง ปลอดภัย ตลอดจนอายุการใช้งานของสิ่งก่อสร้างนั้น ๆ ในช่วงแรกของการวางแผนหรือการกำหนดแนวเส้นทางคมนาคม เช่นแนวถนน ทางรถไฟ สะพาน ตลอดจนการขุดอุโมงค์ต่าง ๆ การทราบสภาพทางธรณีวิทยาตลอดจนคุณสมบัติและลักษณะของชั้นหินและดินต่าง ๆ ย่อมจะเปิดโอกาสให้วิศวกรได้มีโอกาสเลือกแนวทางหรือเส้นทางผ่านบริเวณหินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด เพราะนอกจากจะทำให้อายุการใช้งานของเส้นทางคมนาคมยาวนานขึ้นแล้ว ยังมีส่วนช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและซ่อมแซมอีกด้วย ซึ่ง สมหวัง ช่างสุวรรณ (2528 : 234) ได้อธิบายว่า ความเสียหายของถนนส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปัญหาทางธรณีวิทยาหรือวิศวกรรมธรณี ในการก่อสร้างถนนที่ตัดผ่านลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขา (Mountain Terrain) มักจะประสบปัญหาถนนเกิดความเสียหายภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จเสมอ

ปัญหาที่สำคัญของงานทางคือ การพังทลายของเชิงลาดเนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยา ลักษณะทางสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่จะเป็นตัวกำหนดควบคุมเสถียรภาพประกอบ ชนิด รูปแบบการวิบัติของเชิงลาด ตลอดจนปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องควบคุมเสถียรภาพของเชิงลาดนั้นๆ เช่น คุณสมบัติของดิน-หิน สภาพน้ำใต้ดิน ในการสำรวจ ศึกษา แก้ไขและป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของเชิงลาดดิน-หิน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่เชิงลาดนั้น อันได้แก่ การจำแนกจัดแบ่งชนิด การเรียงลำดับ การวางตัว โครงสร้างทางธรณีวิทยา (Geologic Structure) คุณสมบัติทางวิศวกรรมและคุณภาพของมวลดิน-หิน ธรณีวิทยาเชิงลาดหินเกี่ยวข้องกับชนิดของหิน ความรุนแรงหรือขั้นการผุสลาย (Degree of Weathering) ชั้นความไม่ต่อเนื่องหรือชั้นระนาบจุดอ่อน สำหรับมวลวัสดุดินนั้นเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิด รูปแบบการเกิดและส่วนประกอบของดิน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางวิศวกรรม (สุรพล สงวนแก้ว. 2543 : 21)

โดยที่กรมทรัพยากรธรณี (2544 : 330) ได้อ้างถึงเอกสารของ มนตรี บุญเสนอ (2527) ในเรื่องบทบาทของวิศวกรรมธรณีวิทยาในงานการสร้างถนน ว่าจะเป็นข้อมูลและคำแนะนำที่มีคุณค่ากับวิศวกรการทางเป็นอย่างดี ซึ่งปัจจุบันวิศวกรเองก็เริ่มตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลทางธรณีวิทยามากขึ้น มีความรู้พื้นฐานทางธรณีวิทยามากขึ้น ทั้งนี้เพื่อจะได้เสนอข้อมูลได้ครบถ้วนและ

ตรงกับสิ่งที่วิศวกรต้องการ โดยมีข้อมูลทางธรณีวิทยาเป็นข้อมูลสนับสนุนในการตัดสินใจ โดยหลักการพิจารณาเมื่อมีการสร้างถนน มีดังนี้

1. สภาพพื้นรองรับถนน (Subgrade) พื้นรองรับตามแนวทางที่จะสร้างถนนนั้นมันทั้งที่เป็นดินและเป็นหินซึ่งมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่แตกต่างกัน และมีผลโดยตรงกับผิวหน้าของถนนที่จะลงคอนกรีตหรือยางแอสฟัลต์ ตลอดจนการบำรุงรักษาสภาพถนนด้วย ดังนั้นคุณสมบัติทางกายภาพประกอบ เช่นความแข็งแรง ความชื้นน้ำได้ ความคงตัว และความสามารถในการรับน้ำหนัก จำเป็นต้องทำการศึกษา เพื่อหาหนทางหรือขจัดปัญหาอันจะเกิดจากพื้นรองรับและหาความเหมาะสมที่สามารถสร้างจริง ๆ ในธรรมชาติ เพื่อให้ได้ถนนที่ถูกลักษณะตามกำหนดและมีคุณภาพดีที่สุดในที่สุดและประหยัดที่สุด

2. งานฐานราก สภาพทางธรณีวิทยาสามารถใช้เป็นข้อมูลในการบ่งถึงความมั่นคงแข็งแรงของฐานรากของถนนและสะพานที่ต้องการเชื่อมต่อกับถนนด้วย ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่สามารถช่วยวิศวกรในการพิจารณาและกำหนดการก่อสร้างเพื่อความปลอดภัยของโครงสร้าง

3. ความยากง่ายในการขุดตัด (Excavation) ความรู้ทางธรณีวิทยาจะมีส่วนช่วยในการแบ่งประเภทความยากง่ายในการขุดตัดได้มากสามารถให้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสภาพของหินว่าหินที่เป็นพื้นรองรับอยู่นั้น มีรอยแตกมากหรือไม่อย่างไร สภาพการผุพังของหิน ความแข็งแรงของหินมากน้อยเพียงไร

4. โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สำคัญในกรณีที่ดินต้องตัดผ่าน ได้แก่ แนวรอยเลื่อน (Fault) โดยเฉพาะรอยเลื่อนที่มีพลัง (Active Fault) เพราะหารอยเลื่อนดังกล่าวมีการเคลื่อนตัว แนวถนนที่ก่อสร้างไว้จะถูกกระทบกระเทือน แรงเคลื่อนสามารถทำให้แนวถนนฉีกขาดออกจากกัน

3.4 ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยาเป็นการศึกษาเรื่องราวเกี่ยวกับดินในแง่ต่าง ๆ ซึ่งความหมายของดินในทางวิศวกรรมคือ วัสดุอะไรก็ตามที่ตกตะกอนและทับถมกันไม่แน่น เช่น กรวด (Gravel) ทราย (Sand) ตะกอนทราย (Silt) และดินเหนียว (Clay) หรือส่วนผสมของสิ่งเหล่านี้ซึ่งอาจเป็นพวกที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesion) หรือไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless) ก็ได้ (มณฑิร กังคศิเทียม. 2529 : 1) นอกจากนี้ พวงเพชร ธรสิน (2543 : 211) ได้ให้ความหมายของดินในทางวิศวกรรมไว้ว่า วัสดุอะไรก็ตามที่อยู่บนพื้นผิวไม่รวมกับแร่ธาตุ มีความแข็งน้อยกว่าหินฐาน (Bedrock) วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นพวกที่ไม่ใช่โลหะ ส่วน จีรพัฒน์ โชติกไกร (2543 : 118) อธิบายว่า ดินเป็นวัสดุที่เกิดจากการสลายตัวของหินและอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ปนกัน ขบวนการที่ทำให้เกิดการสลายตัวของหินมีทั้งทางเคมีและทางกายภาพประกอบ เช่น ความร้อน ความหนาว ลมพายุ ฝน การขอนไชของรากพืชตามรอยแตกของหิน ตลอดจนปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ การจำแนกดินถ้ามองในแง่ของปฐพีวิทยาด้านการเกษตรแล้วจะมีความสนใจเฉพาะช่วงผิวดินที่มีความลึก ระหว่าง 15-70 ซม. และถือความอุดมสมบูรณ์ของวัตถุอินทรีย์สารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญงอกงามให้

ผลิตผลสูงเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งตรงกันข้ามกับด้านวิศวกรรมโยธาจะพิจารณาในแง่ความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางกลศาสตร์เป็นหลัก เช่น ขนาดของเม็ดดิน การกระจายของเม็ดดิน การยึดเกาะของมวลดิน เป็นต้น สารอินทรีย์ที่มีปะปนอยู่ในดินจะเป็นส่วนที่ไม่ต้องการในงานก่อสร้าง

3.4.1 คุณสมบัติของดินด้านวิศวกรรม

กรมทางหลวง (2539 : 59) ได้อธิบายคุณสมบัติของดินในการสร้างถนนและทางรถไฟไว้ว่า ดินเดิมบนเส้นทางจะต้องแข็งแรงพอในการรับน้ำหนัก ส่วน ชัย มุกตพันธุ์และกาซุโตะ นากาฮาวา (2526 : 1) ได้อธิบายในเรื่องนี้ว่า ปัญหาทางวิศวกรรมที่วิศวกรโยธาจะต้องพิจารณาก่อนเป็นประการแรก คือ จะต้องทราบว่าดินที่จะรับโครงสร้างนั้นสามารถรับแรงได้เพียงใด และจะเกิดการทรุดตัวมากน้อยอย่างไร ทางด้าน วรากร ไม้เรียง จีรพัฒน์ โชติกไกร และประทีป ดวงเดือน (2525 : 1) ได้กล่าวไว้ว่า ในการออกแบบจำเป็นต้องทราบลักษณะและคุณสมบัติของชั้นดิน ดังนั้นในการสำรวจชั้นดินจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้งานด้วย เช่น งานถนนงานหรือสนามบิน การสำรวจจะกระทำเพียงชั้น ๆ แต่งานฐานรากเสาเข็มต้องสำรวจลึกลงไปกว่าปลายเข็มที่คาดว่าจะใช้งาน เนื่องจากมีผู้เกี่ยวข้องกับดินอยู่หลายสาขาด้วยกัน การจำแนกประเภทดินจึงแตกต่างกันออกไปแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละสาขา ในวงการวิศวกรรมโยธา การจำแนกดินมีหลายระบบขึ้นอยู่กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประโยชน์ใช้สอย เช่น งานถนนใช้ระบบ AASHTO Classification ซึ่งจัดแบ่งดินตามความเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างถนน และ จีรพัฒน์ โชติกไกร (2543 : 1, 105) ยังพบว่าความแข็งแรงและความหนาของโครงสร้างทางขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของคันทาง โดยทางที่สร้างในบริเวณดินคันทางอ่อน เช่น ดินเหนียวมีโอกาสชำรุดเสียหายเร็วกว่าบริเวณที่ชั้นดินคันทางแข็งแรง เช่น ดินทรายหรือดินลูกรัง โดยที่คุณสมบัติของดินคันทางก็มีอิทธิพลสะท้อนถึงผิวทาง เพราะดินคันทางมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิประเทศ บางพื้นที่ดินคันทางมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมสูง ส่งผลให้ผิวทางแข็งแรงทนทาน ใช้งานได้นานปี มีค่าบำรุงรักษาต่ำในทางตรงกันข้ามถ้าดินคันทางอ่อนมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำผิวทางและโครงสร้างของทางจะต้องหนาขึ้นเปลืองค่าก่อสร้างราคาแพง ขณะเดียวกันอายุการใช้งานก็สั้นและใช้งบประมาณค่าบำรุงรักษาสูงมาก ดินคันทางที่มีคุณภาพดีจะต้องสามารถรับน้ำหนักหรือแรงได้ดีระบายน้ำได้ดี บดอัดให้แน่นได้ง่ายและความแข็งแรงทนทาน

ในการศึกษาสมบัติของดินเพื่อใช้ในงานทางด้านวิศวกรรม ชัย มุกตพันธุ์ และกาซุโตะ นากาฮาวา (2526 : 12) ได้แบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ๆ คือ

1) สมบัติขั้นพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณความชื้น (Water Content) อัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ระดับการอิ่มตัวด้วยน้ำ (Degree of Saturation) ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ขนาดและลักษณะการกระจายของเม็ดดิน (Grain Size Distribution) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) และพิคต Atterberg (Atterberg Limits) ซึ่งประกอบด้วยขีดเหลว (Liquid Limit), ขีดพลาสติก (Plastic Limit) และขีดหดตัว (Shrinkage Limit)

2) สมบัติทางด้านวิศวกรรม คือ สมบัติด้านกำลังรับน้ำหนัก หรือกำลังรับแรงเฉือนของดิน สมบัติทางด้านการสามารถในการไหลซึมของน้ำผ่านดิน และสมบัติทางด้านการเคลื่อนตัวของดิน

3.4.2 การจำแนกดินสำหรับงานด้านวิศวกรรม

การจำแนกดิน (Soil Classification) ในงานวิศวกรรม คือ การแบ่งดินออกเป็นพวกๆ ตามสมบัติชั้นพื้นฐาน ดินที่ถูกจำแนกว่าเป็นดินจำพวกเดียวกัน ไม่จำเป็นต้องมาจากสถานที่เดียวกันหรือมีกำเนิดทางธรณีวิทยาอย่างเดียวกัน วิศวกรจะจำแนกดินที่มีสมบัติชั้นพื้นฐานใกล้เคียงกันหรือมีสมบัติอยู่ในช่วงพิสัยที่กำหนดให้อันเดียวกันให้อยู่ในจำพวกเดียวกัน ดินจำพวกเดียวกันนี้จึงควรมีพฤติกรรมทางด้านวิศวกรรมคล้ายคลึงกัน ตัวอย่างเช่น ดินเหนียวที่มีพลาสติกชดสูง (High Plasticity Clay) จะมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกัน คือ น้ำไหลซึมเข้าออกได้ลำบาก มีการทรุดตัวค่อนข้างสูงและมีการทรุดตัวต่อเนื่องกับเวลา เป็นต้น ประโยชน์ของการจำแนกดิน มีดังนี้

1. ทำให้วิศวกรสามารถใช้ประสบการณ์ในการทำงานของผู้อื่นหรือของตัวเองจากงานในที่อื่นมาใช้ในงานที่กำลังทำอยู่
2. ทำให้วิศวกรสามารถหาสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรมโดยคร่าวๆ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโดยอาศัยผลของการจำแนกดิน (ชัย มุกตพันธุ์ และกาซุโตะ นา กาชาวา. 2526 : 23-31)

โดยที่ระบบการจำแนกดินที่ใช้มากที่สุด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบ USC (Unified Soil Classification System) นิยมใช้มากกับงานก่อสร้างทางประเภทดินถมแบบดินฐานรากที่ปรับแต่ง (Improved Subgrade) และดินชั้นพื้น (Base Course) และงานฐานราก (Foundation) ของอาคารทั่วไป ระบบ USC ใช้องค์ประกอบหลักระหว่างเนื้อดิน (Texture) สภาพพลาสติก (Plasticity) โดยแบ่งดินออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ดินเม็ดหยาบ และดินเม็ดละเอียด โดยแสดงเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษคู่ ดังแสดงในตาราง 1
2. ระบบของ AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) เป็นการจำแนกดินเพื่อนำดินไปใช้ในงานก่อสร้างเส้นทาง ที่ใช้เป็นดินฐานรากที่เป็นดิน Subgrade ของการก่อสร้างทางหลวง การจำแนกจะใช้ส่วนผสมของเม็ดอนุภาคในเนื้อดิน โดยแสดงเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม ดังแสดงในตาราง 2 (สง่า ตั้งชวาล.2537 : 188 - 189)

ตาราง 1 การจำแนกดินตามระบบ UCS

(Johnson & De, Principle of Engineering Geology, 1988)

Major Division			Group Symbol	Typical Names	
Coarse-Grained Soils	More than 50% retained on No.200 sieve*	Gravels 50% or more of coarse fraction retained on No. 4 sieve	Clean Gravels	GW	Well-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines
				GP	Poorly graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines
			Gravels With Fines	GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
				GC	Clayey gravel, gravel-sand-clay mixtures
	Sands More than 50% of coarse fraction retained on No. 4 sieve	Clean Sands	SW	Well-graded sands and gravelly sands, little ore no fines	
			SP	Poorly graded sands and gravelly sands, little or no fines	
		Sands With Fines	SM	Silty sands, sand-silty mixtures	
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures	
Fine-Grained Soils	50% or more passes No.200 sieve *	Silts and Clays Liquid limit 50% or less	ML	Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands	
			CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays	
			OL	Organic silts and organic silty clay of low plasticity	
	Silts and Clays Liquid limit greater than 50%	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sands or silts, elastic silts		
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays		
		OH	Organic clays of medium to high plasticity		
Highly Organic Soils			PT	Peat, muck an highly organic soils	

* Baesd on the material passing the 3-in. (75-mm)sieve

ที่มา : สง่า ตั้งชาวล. (2537). ธรณีวิศวกรรมขั้นพื้นฐาน. : 191.

ตาราง 2 การจำแนกประเภทดินตามระบบ AASHTO

(Johnson & De, Principle of Engineering Geology, 1988)

General Classification	Granular Materials (35% or less passing No.200)							Silt-Clay Materials (More than 35% passing No.200)			
Group Classification	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5,A-7-6
Sieve Analysis :											
Percent passing											
No.10	50 Max.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No.40	30 Max.	50 Max.	51 Min.	-	-	-	-	-	-	-	-
No.200	15 Max.	25 Max.	10 Max.	35 Max	35 Max	35 Max	36 Max	36 Max	36 Min.	36 Min.	36 Min.
Characteristica of fraction passing No.40											
Liquid limit	-		-	40 Max.	41 Max.	40 Max.	41 Max.	40 Max.	41 Max.	40 Max.	41 Max.
Plasticity Index	6 Max.		N.P. ^a	10 Max.	10 Max.	11 Max.	11 Max.	10 Max.	10 Max.	11 Max.	11 Max.
Group Index	0		0	0		4 Max.		8 Max.	12 Max.	16 Max.	20 Max.
Usual Types of Significant Constituent materials	Stone Fragments Gravel and Sand		Fine Sand	Silt or Clayey Gravel and Sand				Silty Soils		Clayey Soils	
GeneralRating as Subgrade	Excellent to Good					Fair to Poor					

^a N.P. = not plastic

^b Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than LL minus 30. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than LL minus 30.

ที่มา : สง่า ตั้งชวล. (2537). ธรณีวิศวกรรมชั้นพื้นฐาน. : 190.

ตาราง 3 ระบบการจำแนกประเภทดิน Unified Soil Classification System (สำหรับทางวิ่ง, ทางขับ)

การจำแนกประเภททั่วไป		เครื่องหมายการจำแนกประเภท		คำอธิบาย	การตัดแปลงทำชั้นดินรองรับผิวทางในกรณีไม่มี การเยือกแข็ง	การตัดแปลงทำชั้นรองพื้นใต้ผิวดลาดยาง	โอกาสที่จะเยือกแข็ง	การอัดตัวและการขยายตัว	การระบายน้ำ	เครื่องมือใช้ในการบดอัด	ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ม ³)	ค่า CBR ในสนาม	สัมประสิทธิ์ของปฏิกิริยาดินเดิม K (กก/ซม.) ³
(1)	(2)	(3)		(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
ดินเม็ดหยาบ	กรวดและดินปนกรวด	GW		กรวดมีหลายขนาดคละกัน กรวดปนทราย มีเม็ดละเอียดน้อยหรือไม่มีเลย	ดีมาก	ดี	ไม่มีหรือมีน้อยมาก	ไม่มี	ดีมาก	รถแทรกเตอร์ ดินตะขาบ รถล้อยาง รถบดล้อเหล็ก	2.00-2.24	60-80	ตั้งแต่ 8.3
		GP		กรมขนาดเดียว กรวดปนทราย มีเม็ดละเอียดน้อยหรือไม่มีเลย	ดีหรือดีมาก	เลวหรือดี	ไม่มีหรือมีน้อยมาก	ไม่มี	ดีมาก	รถแทรกเตอร์ ดินตะขาบ รถล้อยาง รถบดล้อเหล็ก	1.76-2.08	25-60	ตั้งแต่ 8.3
		GM	d	กรวดปนทรายแบ่งกรวด ทราย และทรายแบ่งปนคละกัน	ดีหรือดีมาก	พอใช้หรือดี	น้อยหรือธรรมดา	น้อยมาก	ดีพอใช้หรือไม่ดี	รถล้อยาง รถบด ดินแเกาะ ควบคุมความชื้นอย่างเข้มงวด	2.08-2.32	40-80	ตั้งแต่ 8.3
			u		ดี	ไม่ดี	น้อยหรือธรรมดา	น้อย	ไม่ดีหรือไม่สามารถซึมได้	รถล้อยาง รถบด ดินแเกาะ	1.92-2.24	20-40	5.5-8.3
		GC		กรวดปนดินเหนียว กรวดทรายและดินเหนียวปนคละกัน	ดี	ไม่ดี	น้อยหรือธรรมดา	น้อย	ไม่ดีหรือไม่สามารถซึมได้	รถล้อยาง รถบด ดินแเกาะ	1.92-2.24	20-40	5.5-8.3
ทรายและดินปนทราย	ทรายและดินปนทราย	SW		ทรายหลายขนาดคละกัน หรือทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดน้อยหรือไม่มีเลย	ดี	ไม่ดี	ไม่มีหรือมีน้อยมาก	ไม่มี	ดีมาก	รถแทรกเตอร์ ดินตะขาบ รถล้อยาง	1.76-2.08	20-40	5.5-8.3
		SP		ทรายขนาดเดียว หรือทรายปนกรวด มีเม็ดละเอียดน้อยหรือไม่มีเลย	พอใช้หรือดี	ไม่ดีหรือไม่เหมาะสม	ไม่มีหรือมีน้อยมาก	ไม่มี	ดีมาก	รถแทรกเตอร์ ดินตะขาบ รถล้อยาง	1.60-1.92	10-25	5.5-8.3
		SM	d	ทรายปนทรายแบ่งทรายและทรายแบ่งปนคละกัน	ดี	ไม่ดี	น้อยหรือมาก	น้อยมาก	ดีหรือไม่ดี	รถล้อยาง รถบด ดินแเกาะ ควบคุมความชื้นอย่างเข้มงวด	1.92-2.16	20-40	5.5-8.3
			u		ดีพอใช้หรือดี	ไม่เหมาะสม	น้อยหรือมาก	น้อยหรือธรรมดา	ไม่ดีหรือไม่สามารถซึมได้	รถล้อยาง รถบด ดินแเกาะ	1.68-2.08	10-20	5.5-8.3

ตาราง 3 (ต่อ)

การจำแนกประเภททั่วไป		เครื่องหมายการจำแนกประเภท	คำอธิบาย	การตัดแปลงทำชั้นดินรองรับผิวทางในกรณีไม่มี การเยือกแข็ง	การตัดแปลงทำชั้นรองพื้นได้ผลหลาย	โอกาสที่จะเยือกแข็ง	การอัดตัวและการขยายตัว	การระบายน้ำ	เครื่องมือใช้ในการบดอัด	ความหนาแน่นแห้ง (ตัน/ม ³)	ค่า CBR ในสนาม	สัมประสิทธิ์ของปฏิกิริยาดินเดิม K (กก/ชม.) ³
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
		SC	ทรายปนดินเหนียว ทรายและดินเหนียวปน คละกัน	ดีพอใช้หรือดี	ไม่เหมาะสม	น้อยหรือมาก	น้อยหรือธรรมดา	ไม่ตีหรือ ไม่สามารถซึมได้	รถล้อยาง รถบด ดินแกะ	1.68-2.08	10-20	5.5-8.3
ดินเม็ดละเอียด	ทรายแป้งและดินเหนียว LL<50	ML	ทรายแป้งอินทรีย์ ทรายละเอียดมาก หินฝุ่นทรายละเอียดปนทรายแป้งหรือดินเหนียว ทรายแป้งปนดินเหนียว มีสภาพพลาสติกเล็กน้อย	ดีพอใช้หรือไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ธรรมดาหรือสูงมาก	น้อยหรือธรรมดา	ดีหรือไม่ดี	รถล้อยาง รถบด ดินแกะ ควบคุมความชื้นโดยเครื่องครีต	1.60-2.00	5-15	2.8-5.5
		CL	ดินเหนียวอินทรีย์มีสภาพพลาสติกต่ำกว่าปกติ ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินเหนียวมีความหนืดน้อย	ดีพอใช้หรือไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ธรรมดาหรือสูง	ธรรมดา	ไม่สามารถซึมได้	รถล้อยาง รถบด ดินแกะ	1.60-2.00	5-15	2.8-5.5
		OL	ทรายแป้งอินทรีย์มีสภาพพลาสติกเล็กน้อย และดินเหนียวปนทรายแป้ง	ไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ธรรมดาหรือสูง	ธรรมดาหรือสูง	ไม่ดี	รถล้อยาง รถบด ดินแกะ	1.44-1.68	4-8	2.8-5.5
	ทรายแป้งและดินเหนียว LL>50	MH	ทรายแป้งอินทรีย์ ทรายละเอียด หรือทรายปนทรายแป้ง มีไมกา หรือดินเบาผสม	ไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ธรรมดาหรือสูงมาก	สูง	ดีหรือใช้ไม่ดี	รถบดดินแกะ	1.28-1.60	4-8	2.8-5.5
		CH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีสภาพพลาสติกสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง	ไม่ดี	ไม่เหมาะสม	ธรรมดา	สูง	ไม่สามารถซึมได้	รถบดดินแกะ	1.44-1.76	3-5	1.4-2.8
		OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีสภาพพลาสติกสูงกว่าปกติ ทรายแป้งอินทรีย์	ไม่ดีหรือเลวมาก	ไม่เหมาะสม	ธรรมดา	สูง	ไม่สามารถซึมได้	รถบดดินแกะ	1.28-1.68	3-5	1.4-2.8
		Pt	ฟิต และดินอินทรีย์สูงมาก	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	น้อย	สูงมาก	ดีพอใช้หรือไม่ดี	การบดอัดทำไม่ได้	-	-	-

ที่มา : ชัย มุกตพันธ์และกาชุต นากาซาวา. (2526). *ปฐพีกลศาสตร์และวิศวกรรมฐานราก*. : 7-8.

ตาราง 4 เปรียบเทียบการจำแนกดินระบบ AASHTO และระบบ Unified Soil Classification

AASHTO	USC
A-1-a	GW, GP, GM
A-1-b	SW, SM
A-2-4	GM, SM
A-2-5	GM, SM
A-2-6	GC, SC
A-2-7	GC, SC
A-3	SP
A-4	ML, OL
A-5	MH
A-6	CL
A-7-5	CL, OL
A-7-6	CH, OH

ที่มา : จิรพัฒน์ โชติกไกร. (2543). การออกแบบทาง. : 125.

กรมพัฒนาที่ดิน (2538 :14-16) ได้มีการศึกษาคุณสมบัติของดินด้านวิศวกรรม เรื่องการใช้ดินเป็นเส้นทางแวนอนและการใช้เป็นดินถมหรือดินคันทาง ว่าเป็นการใช้วัสดุดินเพื่อการก่อสร้างถนนโดยจะเป็นชั้นดินคันทาง (Subgrade) และ ชั้นรองพื้นทาง (Subbase) เพื่อรองรับชั้นผิวถนน (Pavement) ซึ่งคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อการออกแบบและก่อสร้างถนน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. คุณสมบัติเกี่ยวกับการรับน้ำหนักของการจราจรและความคงทนของดินคันทาง คือ ชนิดของดินตามการจำแนกดินในระบบ Unified และ AASHTO ศักยภาพในการยึดและหดตัวของดิน ความเปียกแฉะของดิน สภาพน้ำท่วม

2. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความยากง่ายในการขุด คือ ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกถึงชั้นหินพื้น ความเปียกแฉะของดิน ปริมาณก้อนหินและหินพื้นที่ไหลสู่ผิวดิน

และกรมพัฒนาที่ดินยังกล่าวอีกว่า ในการศึกษาคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อพฤติกรรมด้านวิศวกรรมของดินจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติและลักษณะของดิน ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทั่วไปของดินที่มีผลต่องานด้านวิศวกรรม เช่น เนื้อดิน ชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก ความลาดชัน ระดับน้ำใต้ดิน การระบายน้ำของดิน การเกิดน้ำท่วม วัตถุต้นกำเนิดดิน และปริมาณของหินโดยปริมาตร

2. อนุภาคของดินผ่านตะแกรงร่อน (Percent Passing Sieve) คือจำนวนอนุภาคของดินเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ผ่านตะแกรงหมายเลขต่าง ๆ คือ หมายเลข 4 (รูตะแกรงขนาด 4.76 มม.)

หมายเลข 10 (2.00 มม.) หมายเลข 40 (0.42 มม.) และหมายเลข 200 (0.074 มม.) ซึ่งเป็นการหาการกระจายของเม็ดดิน (Grain Size Distribution)

3. คุณสมบัติความเหนียวของดิน คือค่า Liquid Limit(L.L.), Plastic Limit(P.L.)และ Plasticity Index (P.I.)

Liquid Limit (LL) เป็นการทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในมวลดินขณะที่ดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากของเหลวไปอยู่ในสภาพพลาสติก

Plastic Limit (PL) คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นในมวลดินขณะที่ดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากพลาสติกไปอยู่ในสภาพกึ่งแข็ง

Plasticity Index (PI) คือ ผลต่างของเปอร์เซ็นต์ความชื้นระหว่าง Liquid Limit กับ Plastic Limit ($LL - PL$)

4. ความซึมผ่านของดิน (Permeability) วัดได้โดยการหาค่า Hydraulic Conductivity ซึ่งมีหน่วยเป็นเซนติเมตร/ชั่วโมง

5. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Reaction (pH))

6. ปริมาณกรดในดิน(Total Acidity หน่วยเป็น meq/100gm.soil) การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity มีหน่วยเป็น micro/cm.)

8. ศักยภาพการยิดและหดตัวของดิน (Shrink – Swell Potential of the Soil) สามารถคาดคะเนได้จากชนิด (Type) และปริมาณเป็นเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว (กรมพัฒนาที่ดิน. 2538 : 2-3)

กรมพัฒนาที่ดิน (2538 : 7-8) ได้ทำศึกษาคุณภาพของดินด้านปฐพีกลศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์จากหนังสือ Soil Interpretation Handbook of Thailand (FAO & DLD. 1973) ซึ่งได้จัดระดับความเหมาะสมของดิน (Suitability of Soil) ไว้ 3 ระดับคือ เหมาะสมดี (Good) เหมาะสมปานกลาง (Fair) และไม่เหมาะสม (Poor) เพื่อใช้เป็นวัสดุหน้าดิน การใช้เป็นแหล่งทรายและกรวด และ การใช้เป็นดินถมหรือดินคันทาง แต่การใช้ประโยชน์สำหรับงานอื่น ๆ ไม่ได้จัดความเหมาะสมไว้ เป็นเพียงการวินิจฉัยตามข้อจำกัด (Degree of Limitation) ในการใช้ประโยชน์ของดินนั้นว่ามีข้อจำกัดน้อย (Slight) หรือปานกลาง (Moderate) หรือ รุนแรง (Severe) ในการนำไปใช้เป็นเส้นทางแนวถนน บ่อขุด พื้นที่อ่างเก็บน้ำ คันกั้นน้ำ บ่อเกรอะ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือ อาคารต่ำ ๆ และการใช้ยานพาหนะในช่วงฤดูฝน

ต่อมาได้ทำการศึกษาหลักเกณฑ์การวินิจฉัยคุณภาพของดินด้านวิศวกรรม จากเอกสารเรื่อง Interpretations of soil mapped in Waterhen Area (Fraser, et.al.1985) พบว่าการวินิจฉัยคุณภาพของดินด้านวิศวกรรม แสดงไว้ด้วยระดับความเหมาะสมของดิน (Degree of Soil Suitability) และข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ (Affecting Use) โดยใช้สัญลักษณ์ (Symbol) แทนทั้งระดับความเหมาะสมและข้อจำกัดของดิน โดยได้แบ่งระดับความเหมาะสมของดินสำหรับการใช้เป็นเส้นทางแนวถนน และดินถมหรือดินคันทาง ไว้ 4 ระดับ คือ

- 1 หมายถึง เหมาะสมดี (Good)
- 2 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง (Fair)
- 3 หมายถึง ไม่เหมาะสม (Poor)
- 4 หมายถึง ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง (Very Poor)

3.5 ปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลในการก่อสร้างทาง เนื่องจากการใช้ที่ดินจะมีผลต่อราคาประเมินที่ดิน ซึ่งราคาที่ดินถือเป็นปัญหาใหญ่ต่อโครงการทางด้านวิศวกรรมเป็นอย่างมาก เพราะเมื่อราคาค่าที่ดินสูงค่าเวนคืนก็จะสูงทำให้มูลค่าการก่อสร้างโครงการสูงตามไปด้วย การตัดเส้นทางเข้าไปใกล้ชุมชนหรือเข้าไปในชุมชนจะพบปัญหาเรื่องที่ดินมีราคาสูง ดังนั้นถ้าสามารถหลีกเลี่ยงได้ก็จะกระทำเป็นอย่างยิ่ง (กรมทางหลวง. 2539 : 59) นอกจากนี้ยังมีบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ตามกฎหมายซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ที่ไวต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Sensitive Area) ในการพิจารณาวางแผนเส้นทางหลวงจึงควรให้มีผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (กรมทางหลวง. 2540 : 1-4) สอดคล้องกับ มนต์รี เตชาสกุลสม (2543 : 83) ที่กล่าวไว้ว่า ในปัจจุบันสิ่งแวดล้อมเข้ามามีบทบาทอย่างมาก หากเส้นทางใดผ่านบริเวณป่าสงวนแห่งชาติหรือป่าต้นน้ำลำธารจะต้องมีการวางแผนและออกแบบที่เหมาะสมเพื่อเป็นการอนุรักษ์ สภาพภูมิประเทศไม่ให้ถูกทำลาย

จากพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2535 ได้ให้คำจำกัดความสิ่งแวดล้อม ไว้ว่าเป็นสิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพและชีวภาพที่อยู่รอบตัวมนุษย์ ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ได้ทำขึ้น (สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2542 : 2-1) ส่วนสถานที่สำคัญทางวัฒนธรรม วัด และโรงเรียน เป็นพื้นที่ที่ไวต่อผลกระทบด้านสังคมเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เป็นศูนย์รวมของประชาชนในพื้นที่ และในด้านของโบราณสถาน กรมศิลปากรได้มีการจดทะเบียนแหล่งโบราณสถานไว้ทั่วประเทศซึ่งถือเป็นพื้นที่ที่ต้องรักษาไว้

ปรีชา ธรรมมานนท์ (2540 : 11) ได้กล่าวว่าเขตพื้นที่อนุรักษ์ตามกฎหมายและมติคณะรัฐมนตรี ประกอบด้วย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตอุทยานแห่งชาติ พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 เขตอนุรักษ์ป่าชายเลน พื้นที่ที่สงวนไว้เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศน์ พื้นที่ห้ามมิให้บุคคลเข้าไปหรืออาศัยอยู่ตามแนวชายแดน พื้นที่ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของท้องถิ่น แหล่งธรรมชาติอันควรอนุรักษ์ โบราณสถาน ทางด้านสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2542 : 9-3,9-5) ได้อ้างถึงประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 1 และ 2 (พ.ศ.2535) โดยในบัญชีต่อท้ายได้บอกว่า ทางหลวงหรือถนนทุกขนาดที่เทียบเท่าหรือสูงกว่ามาตรฐานต่ำสุดของทางหลวงชนบทขึ้นไป ซึ่งมีความหมายตามกฎหมายว่าด้วยทางหลวงที่ตัดผ่านพื้นที่

1. พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและเขตห้ามล่าสัตว์ป่าตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า

2. พื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติตามกฎหมายว่าด้วยอุทยานแห่งชาติ
3. พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1 และ 2
4. พื้นที่เขตป่าชายเลนที่เป็นป่าสงวนแห่งชาติ
5. พื้นที่ชายฝั่งทะเลในระยะ 50 เมตร ห่างจากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด

เกษม จันทรแก้ว (2539 : 521) ได้อธิบายว่า พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 หมายถึงพื้นที่ภายในลุ่มน้ำที่ควรจะต้องสงวนรักษาไว้เป็นต้นน้ำลำธารโดยเฉพาะ ซึ่งมีองค์ประกอบร่วมกันดังนี้

1. เป็นพื้นที่สูงหรือบริเวณที่อยู่ตอนบนของลุ่มน้ำที่จำเป็นต้องอนุรักษ์ไว้เป็นต้นน้ำ ลำธาร เนื่องจากมีลักษณะและสมบัติที่อาจมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ง่ายและรุนแรง

2. ส่วนมากเป็นเทือกเขาที่เต็มไปด้วย หุบเขา หน้าผา ยอดเขาแหลม และ/หรือร่องน้ำจำนวนมาก ซึ่งปกคลุมหรือเคยปกคลุมด้วยป่าดงดิบ ป่าดิบเขา หรือป่าสนเขา และ/หรือป่าชนิดอื่นๆ

3. ส่วนมากมีความลาดชันโดยเฉลี่ยของพื้นที่ตั้งแต่ 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

4. มีลักษณะทางธรณีวิทยาที่ประกอบด้วยหิน ซึ่งให้กำเนิดดินที่ง่ายต่อการพังทลาย

โดยการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment : EIA) หมายถึง การวิเคราะห์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อทรัพยากรธรรมชาติและสภาพแวดล้อมของมนุษย์ อันเนื่องมาจากการดำเนินโครงการหรือกิจกรรมหนึ่ง ๆ ทั้งทางด้านบวกและด้านลบ ไม่ว่าจะเป็นผลกระทบในระยะเวลานั้นหรือผลกระทบในระยะยาว นอกจากนี้การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะต้องมีการกำหนดแผนในการป้องกัน - แก้ไขผลกระทบทางลบที่จะเกิดขึ้น ในขณะเดียวกันก็ส่งเสริมการพัฒนาผลกระทบทางบวก รวมทั้งจะต้องมีแผนในการตรวจสอบ ติดตามผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ และผลการดำเนินงานตามแผนป้องกัน-แก้ไขและพัฒนาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วย (ศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช. 2540 : 4 ; อ้างอิงจาก ESCAP.1990)

กรมทางหลวง (2544 : 5-16) ได้การศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายหาดใหญ่ – ชายแดนมาเลเซีย ได้กำหนดพื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลข้างต้น ไว้ดังนี้

1. หลีกเลี่ยงพื้นที่อนุรักษ์ตามกฎหมาย ได้แก่ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1 เอ และ 1 บี พื้นที่อุทยานแห่งชาติ พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และพื้นที่ป่าอนุรักษ์
2. หลีกเลี่ยงสถานที่สำคัญทางวัฒนธรรม โบราณสถาน วัด และโรงเรียน
3. หลีกเลี่ยงพื้นที่ปัจจุบันและที่วางแผนไว้ให้เป็นเมืองหรือชุมชนหนาแน่น

4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information System) ประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ ระบบสารสนเทศ (Information System) และคำว่า ภูมิศาสตร์ (Geographic, Geography) ระบบสารสนเทศเป็นการปฏิบัติ การรวบรวมจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นขั้นตอน สามารถ ค้นคืนข้อมูลที่ต้องการได้รวดเร็ว อีกทั้งสามารถนำสารสนเทศที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ไปใช้ใน กระบวนการตัดสินใจของผู้บริหาร ในการปฏิบัติงาน ส่วนคำว่า ภูมิศาสตร์ หมายถึงศาสตร์ที่ศึกษา เรื่องราวเกี่ยวกับโลก ดังนั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงเป็นระบบสารสนเทศที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อ ใช้รวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ รวมทั้งค้นคืนข้อมูล และจัดแสดงผลสารสนเทศ (สรรค์ ใจ กลิ่นดาว. 2542 : 1-2) ในอีกความหมายหนึ่ง วรเดช จันทรศร และ สมบัติ อยู่เมือง (2545 : 17) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิง พื้นที่เป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมายเชื่อมโยงกับสภาพ ภูมิศาสตร์อื่น ๆ สภาพท้องที่ สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วนระยะทางและพื้นที่จริง บนแผนที่ หรืออาจกล่าวได้ว่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นระบบข้อมูลที่ใช้ในการ วางแผน ออกแบบการทำงานโดยใช้ข้อมูลด้านพื้นที่หรือบนระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ GIS เป็นทั้ง ข้อมูลที่มีความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลและจัดการกับข้อมูล หรืออีกนัยหนึ่ง GIS จะเป็น วิธีการที่นำแผนที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น (Zing Aung .1991 : 9 ; อ้างอิงจาก STRA & ESTES. 1990)

4.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

อุงก์(Aung.1991 : 9) ได้อธิบายองค์ประกอบของ GIS ไว้สอดคล้องกับ อโรนออฟ (เกษม ทองปาน. 2534 : 40 - 44 ; อ้างอิงจาก Aronoff. 1989) และสรรค์ใจ กลิ่นดาว (2542 : 15-16) ดังนี้

1. การนำข้อมูล (Data Input) : เป็นการนำข้อมูลให้เข้าสู่ระบบข้อมูลของ GIS ข้อมูลภูมิศาสตร์ที่มีอาจอยู่ในรูปแผนที่ ตาราง รูปถ่ายทางอากาศ ภาพจากดาวเทียม เป็นต้น ซึ่ง โครงสร้างของข้อมูลอยู่ 2 ประเภท คือ

1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) หมายถึงข้อมูลที่แสดงตำแหน่งจุดที่ตั้ง ทางภูมิศาสตร์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของพื้นที่จริง การเก็บข้อมูลชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- ข้อมูลเชิงเส้น (Vector Data) เป็นการเก็บข้อมูลในรูปของจุด (Point) เส้น (Line) และรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ข้อมูลจะเป็นค่าพิกัดต่าง ๆ ที่สามารถอ้างอิงพิกัด ภูมิศาสตร์ได้

- ข้อมูลเชิงภาพประกอบ (Raster Data) เป็นการเก็บข้อมูลในรูปของ กริดเซล (Grid Cell) หรือเป็นแถบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่ Grid Cell นั้น และแต่ละ Grid จะมีค่าพิกัดที่สามารถอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ได้เช่นกัน

1.2 ข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (Non-spatial Data) หมายถึง ข้อมูลแสดงคุณลักษณะของพื้นที่ เช่น ชื่อของถนน ความยาว ประเภทของถนน จำนวนผลผลิต ฯลฯ ซึ่งสามารถเรียกว่าข้อมูลประกอบหรือข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute Data)

2. การจัดการข้อมูล (Data Management) : เป็นขั้นตอนการจัดการระบบข้อมูล จะมีการสร้างฐานข้อมูลในระบบGIS มีการกำหนดรหัสที่เป็นเครือข่ายสัมพันธ์กันของพื้นที่ (Encoding a network of areas) การจัดหมวดหมู่และสร้างแฟ้มข้อมูล (File organization and file creation) การบันทึกแก้ไขข้อมูลและการเรียกใช้ข้อมูล (Editing and retrieving) และการเรียงลำดับข้อมูล (Sorting) ทำให้สามารถเรียกใช้ได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

3. การประมวลและวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis) : เป็นส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยรวมถึงการจัดลำดับ, การแบ่งหมวดหมู่, การทำงานในเชิงเรขาคณิต, การจัดการด้านพื้นที่และการวัด, การวิเคราะห์ทางสถิติ และการสร้างรูปจำลอง

4. การแสดงผล (Data Output) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในภาคแสดงผล ต้องมีทั้งแผนที่ สัญลักษณ์ คำอธิบาย พิกัด มาตราส่วน ทิศ รวมทั้งข้อมูลประกอบต่าง ๆ ที่ผู้วิเคราะห์ต้องการแสดง

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีหน้าที่สำคัญประการหนึ่งคือ การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ต้องใช้ข้อมูลทั้งที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะในฐานข้อมูล ซึ่งฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อาจเปรียบได้กับรูปจำลองของพื้นผิวโลกที่สามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองและวิเคราะห์ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนด เพื่อหาคำตอบหรือคาดการณ์ว่าคำตอบที่อาจเกิดขึ้นตามแบบจำลองที่สร้างไว้ (สรศรีใจ กลิ่นดาว. 2542 : 88) ในเรื่องนี้ สัญญา สราภิรมย์และชัยยุทธ ชันทปราบ. (2536 : 71) ได้กล่าวไว้ในทำนองเดียวกันว่า สิ่งที่ทำให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่างไปจากระบบข้อมูลชนิดอื่น ๆ คือการที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้พร้อมๆ กับข้อมูลอรรถาธิบายและได้ผลลัพธ์ที่สามารถตอบคำถามได้

4.2.1 รูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

คอร์ต (Korte. 1997 : 113-136) ได้แบ่งรูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลของ GIS ไว้ดังนี้

1. การสอบถามข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data Queries) เป็นการสืบค้นและแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่จากฐานข้อมูลเชิงคุณลักษณะตามเงื่อนไขที่กำหนด
2. การสอบถามข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Queries) เป็นการสืบค้นและแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่จากฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ตามเงื่อนไขที่กำหนด
3. การสร้างแนวพื้นที่กันชน (Buffers) เป็นการสร้างแนวพื้นที่รอบสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นระยะทางตามที่กำหนดเรียกว่า การสร้างพื้นที่กันชน สำหรับข้อมูลแบบ Vector สามารถ

สร้างพื้นที่กันชนรอบจุด เส้น และอาณาบริเวณได้ ส่วนข้อมูล raster ก็สามารถสร้างพื้นที่กันชนได้เช่นกัน แต่ด้วยลักษณะโครงสร้างข้อมูลซึ่งเป็น Grid cell โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้า Grid cell มีขนาดใหญ่ การสร้างพื้นที่กันชนก็จะมีผลคลาดเคลื่อนเชิงระยะทาง

4. การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) เป็นการวิเคราะห์ที่มีประโยชน์ในการจัดการขององค์กร ในเรื่องโครงข่ายระบบสาธารณูปโภค ระบบการขนส่ง เช่น การวิเคราะห์เส้นทางรถประจำทาง เส้นทางขนถ่ายขยะ หรือการนำมาเส้นทางมาช่วยวางแผนในการส่งสินค้า โดยนิยมนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด การวิเคราะห์โครงข่ายสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ Network Tracing, Network Routin, Network Allocation

5. การวิเคราะห์พื้นผิว (Digital Terrain Modeling and Analysis) หรือ Surface Analysis เป็นการวิเคราะห์การกระจายของค่าตัวแปรหนึ่งซึ่งเปรียบเสมือนเป็นมิติที่ 3 ของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีค่าพิกัดตามแนวแกน X และ Y ส่วนตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์เป็นค่า Z ที่มีการกระจายตัวครอบคลุมทั้งพื้นที่ ผลจากการวิเคราะห์พื้นผิวสามารถแสดงเป็นภาพประกอบ 3 มิติให้เห็นถึงความแปรผันของข้อมูลด้วยลักษณะสูงต่ำของพื้นผิวนั้น การแสดงข้อมูลพื้นผิวสามารถใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ Vector ในรูปของ Tin-based Digital Terrain Model และใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ Raster ในรูปของ Grid-based Digital Terrain Model

การวิเคราะห์พื้นผิวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ภาพตัดขวาง การแสดงลักษณะของพื้นผิว การวิเคราะห์ความสามารถในการมองเห็นภูมิประเทศจากมุมมองต่างๆ การคำนวณปริมาตรของพื้นที่ และการแสดงลักษณะภูมิประเทศร่วมกับแผนที่หรือภาพถ่าย เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ในเรื่องนี้ ชิมชัย เศรษฐพรหมณ์. (2523 : 448-449) ได้ให้แนวทางในการวิเคราะห์พื้นผิวไว้ว่า ถ้ามีการนำเอาวิธีการทำ Terrain Analysis และ Terrain Classification มาแบ่ง Unit การรู้สภาพของพื้นที่บริเวณที่ถนนผ่านไป โดยงาน Terrain Evaluation จะทำขึ้นเพื่อ “หลบหลีก” บริเวณที่อาจจะก่อให้เกิดปัญหาในอนาคตและในขณะสร้างทาง ทำให้เราป้องกันและหลีกเลี่ยง เช่น พื้นที่ Flood Plain บางแห่งอาจมีปัญหาดินได้ หรือบางแห่งอาจเกิด Slide จึงควรจะหลบหลีกสิ่งที่มีปัญหานี้

6. การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis หรือ Grid Cell Modeling) เป็นการใช้ข้อมูลจาก Grid Cell ซึ่งมาจากหลายแหล่งข้อมูล รวมทั้งภาพจากดาวเทียม แผนที่ รูปถ่าย ที่สามารถนำเข้าไปในรูปของ Grid Cell โดยการ Scan ส่วนใหญ่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การวางผังเมือง

เฮนนิ่ง (Haining. 1995 : 45) อธิบายว่า การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis : SA) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ขึ้นกับการจัดการสิ่งที่เกิดขึ้นโดยทางภูมิศาสตร์สิ่งที่เกิดขึ้น หมายถึง การเก็บข้อมูลของจุด เส้น หรือพื้นที่ ที่ตั้ง แล้วเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งพื้นฐานของระบบการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณที่จะนำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ คือ ความรอบคอบและความถูกต้องของสิ่งที่เกิดขึ้นในพื้นที่

4.2.2 ฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

คาสเซตตารี (Cassettari. 1993 : 138-152) ได้แบ่งฟังก์ชันการวิเคราะห์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังแสดงในตาราง 5 ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

ตาราง 5 แสดงการจำแนกฟังก์ชันการวิเคราะห์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Maintenance and analysis of the spatial data	Format Transformations	
	Geometric transformations	
	Transformations between map projections	
	Registration of details from different sources	
	Edge matching	
	Editing of graphic elements	
	Generalisation	
Maintenance and analysis of the attribute data	Attribute editing function	
	Attribute query function	
Integrated analysis of spatial and attribute data	Retrieval/classification/measurement	Retrieval
		Classification
		Measurement
	Overlay operation	
		Search
		Line-in-polygon and point-in-polygon
		Topographic functions
	Connectivity function	Interpolation
		Contour generation
		Contiguity measures
		Proximity
		Network
		Spread
		Seek
		Intervisibility
		Illumination
		Perspective view
Output formation	Map annotation	
	Text labels	
	Texture patterns and line style	
	Graphic symbols	

ที่มา : Cassettari .1993 ; citing Aranoff. 1989.

1. กลุ่มการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Analysis of the Spatial Data)
2. กลุ่มการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Analysis of the Attribute Data)
3. กลุ่มการบูรณาการการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และคุณลักษณะ (Integrated analysis of spatial and attribute data)
4. กลุ่มการแสดงผล (Output formation)

โดยรายละเอียดของแต่ละกลุ่มฟังก์ชัน (สรรค์ใจ กลิ่นดาว.2543 : 91-119) ได้อธิบายไว้ดังนี้

4.2.2.1 กลุ่มการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Analysis of the Spatial Data) ฟังก์ชันนี้มีหน้าที่ในการเปลี่ยนภาพประกอบ แก๊ซ และประเมินความถูกต้องของแฟ้มข้อมูลเชิงพื้นที่ มีความสามารถในการเปลี่ยนรูปข้อมูลดิบให้อยู่ในโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ภายในระบบ และทำการแก้ไขแฟ้มข้อมูลเหล่านั้นได้ทันที นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการเปลี่ยนรูปเพื่อให้ชั้นข้อมูลที่แตกต่างกันในพื้นที่เดียวกันสามารถซ้อนทับกันได้พอดี เช่น ฟังก์ชันการแปลงเชิงเรขาคณิต (Geometric Transformation) เป็นฟังก์ชันในการกำหนดค่าพิกัดให้กับชั้นข้อมูลหรือแผนที่

4.2.2.2 กลุ่มการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Analysis of the Attribute Data) ฟังก์ชันนี้มีหน้าที่ในการแก้ไข ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังสามารถแยกแยะการจัดเก็บข้อมูลเชิงคุณลักษณะและข้อมูลเชิงพื้นที่ไว้คนละฐานข้อมูล เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่มีปริมาณมากๆ ได้ เช่นฟังก์ชันการแก้ไขข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Editing) เป็นฟังก์ชันที่มีหน้าที่ในการค้นคืน พิจารณา และเปลี่ยนแปลงข้อมูลเชิงคุณลักษณะรวมทั้งสามารถเพิ่มข้อมูลใหม่และลบข้อมูลเก่า

4.2.2.3 กลุ่มการบูรณาการการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และคุณลักษณะ (Integrated analysis of spatial and attribute data) เป็นฟังก์ชันที่มีสามารถในการวิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เช่นฟังก์ชันการค้นคืน จำแนก และการวัด มีหน้าที่ในการค้นคืนทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ แต่จะมีเพียงข้อมูลเชิงคุณลักษณะเท่านั้นที่จะถูกเปลี่ยนแปลง ส่วนตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่จะไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งจะไม่สร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ใหม่ ฟังก์ชันการวางซ้อน เป็นฟังก์ชันที่นำชั้นข้อมูลตั้งแต่ 2 ชั้นขึ้นไปมาวางซ้อนทับกัน ทำให้เกิดชั้นข้อมูลใหม่ขึ้นมา 1 ชั้น โดยชั้นข้อมูลนั้นนอกจากจะมีรูปใหม่ๆ เกิดขึ้นแล้ว ยังมีข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่ผสมของชั้นข้อมูล 2 ชั้น

4.2.2.4 กลุ่มการแสดงผล (Output formation) เป็นฟังก์ชันการเตรียมผลการวิเคราะห์เพื่อนำเสนอ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ผลการวิเคราะห์ที่อยู่ในรูปตาราง และที่อยู่ในรูปของแผนที่

4.3 การสร้างแบบจำลอง (Modeling)

เบญจวรรณ พงศ์สุวกร (2541 : 13-15) การวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการตอบคำถามที่เกี่ยวกับพื้นที่ในลักษณะของการคาดการณ์ เช่น ปรากฏการณ์อะไรจะเกิดขึ้นบ้าง ณ บริเวณพื้นที่ที่สนใจ การคาดคะเนปริมาณการสูญเสียดินที่เกิดจากการถางป่า หรือการหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ เป็นต้น การค้นหารูปแบบ (Simulation Approach) เพื่อจะอธิบายปรากฏการณ์ที่ซ้อนทับบางอย่างโดยการผสมผสานข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลลักษณะสัมพันธ์เข้าด้วยกัน ผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องที่ศึกษาเป็นอย่างดีและเป็นเรื่องที่ยากที่จะทำให้ผู้เชี่ยวชาญในเรื่องเดียวกัน 2 คน มีความเห็นเหมือนกันในการสร้างแบบจำลอง เช่น การประเมินความเหมาะสมของถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า ผู้เชี่ยวชาญบางท่านอาจใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่คือข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณ ระดับความสูง ทิศทางด้านลาด ความชัน การถือครองที่ดิน ถนน และแม่น้ำ มาผสมผสานแล้วสร้างแบบจำลองขึ้น โดยมีการกำหนดความสำคัญของข้อมูลเล็กน้อยต่างกัน ตามแบบจำลอง GIS แบบ Cookie Cutter หรือ Weighted Model ที่เลือกใช้ แบบจำลองที่ได้นี้จะนำไปใช้สำหรับการประเมินหาถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าและหาพื้นที่ที่สามารถนำไปปรับปรุงเพื่อเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า สำหรับ Cookie Cutter Model และ Weighted Model เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ประยุกต์ใช้กับ GIS เพราะสามารถช่วยแก้ไขข้อบกพร่องและจุดอ่อนของระบบ GIS ได้โดยเฉพาะในการจัดการกับข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งมีเงื่อนไขหลาย ๆ ประการกำหนดอยู่ เพราะมีการให้ค่าคะแนนความสำคัญของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาทำให้สามารถเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกหลาย ๆ ทาง ภายใต้ข้อจำกัดหรือกฎเกณฑ์หลาย ๆ อย่างหรือเกณฑ์ที่มีความสำคัญต่างกัน การค้นหารูปแบบ (Simulation Approach) แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

4.3.1 แบบจำลองแบบ Exclusionary or Cookie Cutter Model เป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์ตัวแปรตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น ไม่มีทัศนคติของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น การประเมินหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมในภาคใต้ ปัจจัยที่นำมาเป็นเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่คือ อยู่ภายใต้รัศมีเส้นทางคมนาคม 1 กิโลเมตร ห่างจากแม่น้ำ 500 เมตร ห่างจากเขตชุมชน 5 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 20 ห่างจากชายฝั่ง 1 กิโลเมตร และไม่ใช่พื้นที่ป่า หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ GIS จะทำให้ทราบพื้นที่ที่เหมาะสมตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น ข้อดีของแบบจำลองนี้คือสามารถใช้ได้ง่ายและรวดเร็วแต่มีข้อเสียตรงที่การวิเคราะห์ผลจะใช้ตัวแปรตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็นหลัก โดยไม่มีทัศนคติของมนุษย์เข้าไปเกี่ยวข้องทำให้แบบจำลองไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอและขาดประสิทธิภาพทำให้ยังมีช่องว่างบางประการในการศึกษา

4.3.2 แบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก (Weighted Model) หรือแบบจำลองแบบที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Multiple Criteria Decision Model (MCDL) เป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์โดยให้คะแนนตัวแปรตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น มีการให้คะแนนความสำคัญของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับปัญหานั้น เนื่องจากในการวิเคราะห์ที่มีการใช้ข้อมูลหลายๆ แหล่ง จำเป็นต้องมีการให้คะแนนหรือนำหนัก

เพราะสามารถนำมาเปรียบเทียบและได้ความหมายมากขึ้น โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าข้อจำกัดหรือตัวแปรที่ใช้ในการศึกษามีหน่วยที่ต่างกัน ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้กฎเกณฑ์การถ่วงน้ำหนักและเนื่องจากยังมีความไม่แน่นอน ในการให้น้ำหนักจึงควรมีการวิเคราะห์อย่างละเอียดถี่ถ้วน วิธีการศึกษาโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Evaluation ; MCE) ส่งผลให้แบบจำลองแบบเทียบน้ำหนักเป็นแบบจำลองที่มีความยืดหยุ่น มีคำตอบหลากหลายและมีการจัดลำดับความสำคัญของตัวแปร ตลอดจนมีทัศนคติของมนุษย์หรือประชาพิจารณ์ (Public Hearing) เข้ามาเกี่ยวข้องในระดับหนึ่ง จึงมีข้อเสียคือใช้เวลาในการศึกษานานขึ้น

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบ MCE เขียนในรูปสมการต่อไปนี้

$$S = W_i X_i \quad \text{หรือ}$$

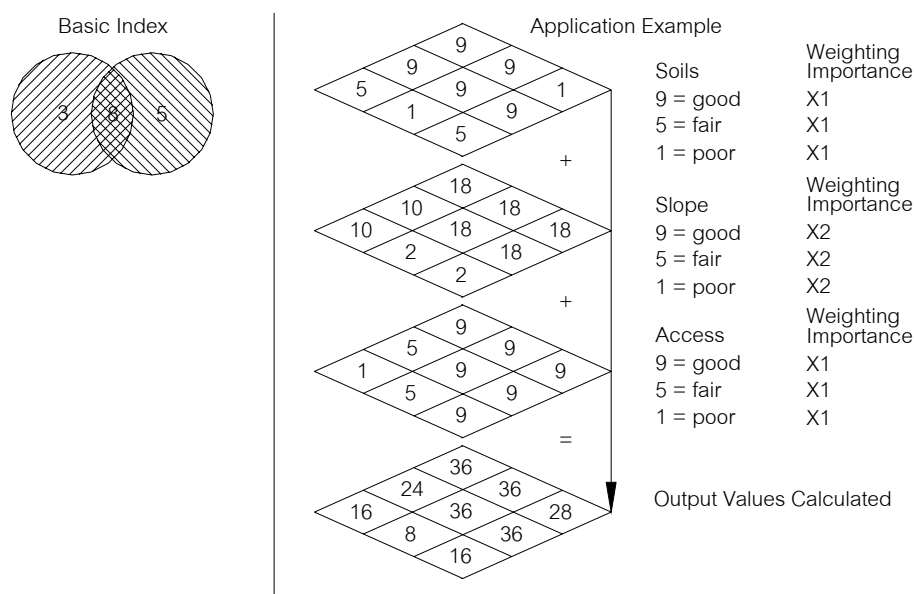
$$S = W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 + \dots + W_n X_n$$

เมื่อ

S = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมของพื้นที่

W_n = ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่ n (Weight)

X_n = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยที่ n (Criterion Score)



ภาพประกอบ 8 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลแบบซ้อนทับโดยมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย
ที่มา : เบญจวรรณ พงศ์สุวรรณ. 2541 : 16 ; อ้างอิงจาก ERDAS. 1997 : 375-381

จากภาพประกอบ 8 เป็นผลจากการใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighting Factor) คูณเข้ากับค่าคะแนนความเหมาะสมของตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละชั้นข้อมูล แล้วทำการวิเคราะห์โดยการซ้อนทับ

เพื่อรวมค่าคะแนนของทุกชั้นข้อมูลเข้าด้วยกัน ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ที่มีค่าคะแนนรวมสูงสุดเป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมในการทำกิจกรรมที่ต้องการ

การคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก สามารถหาได้หลายวิธี คือ

1. วิธีการจัดลำดับชั้น (Ranking Methods)
2. วิธีประเมินค่า (Rating Method)
3. วิธีเปรียบเทียบเชิงคู่ (Pairwise Comparison Method)
4. วิธีวิเคราะห์ตัดตัวเลือก (Trade-off Analysis Method) (Malczewski.1999 :

177)

1. วิธีการจัดลำดับชั้น (Ranking Method) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการคำนวณค่าถ่วงน้ำหนัก วิธี Ranking Method เป็นวิธีที่ง่ายและน่าสนใจมาก อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ยังมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนของปัจจัยที่นำมาจัดชั้น ซึ่งวิธีนี้จะไม่เหมาะสมถ้านำมาใช้ในกรณีที่มีในการพิจารณาปัจจัยจำนวนมาก (Malczewski.1999 : 177 ; อ้างอิงจาก Voogd 1983)

2. วิธีประเมินค่า (Rating Method หรือ Ratio Estimation Procedure) เป็นวิธีที่มีการกำหนดค่าความสำคัญไว้ล่วงหน้า เช่น กำหนดค่าไว้ที่ 0 - 100 โดยค่า 100 เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด และ 0 จะเป็นส่วนที่ไม่ให้ความสำคัญ

3. วิธีเปรียบเทียบเชิงคู่ (Pairwise Comparison Method) พัฒนาขึ้นโดย Thomas Saat (1980) วิธีนี้เรียกว่า Analytic Hierarchy Process (AHP) เป็นวิธีที่เป็นการสร้างอัตราส่วนเมตริกขึ้นมา มีเกณฑ์อยู่ระหว่าง 1-9

ตาราง 6 มาตรฐานในการเปรียบเทียบเชิงคู่

<i>Intensity of Importance</i>	<i>Definition</i>
1	Equal importance
2	Equal to moderate importance
3	Moderate importance
4	Moderate to strong importance
5	Strong importance
6	Strong to very strong importance
7	Very strong importance
8	Very to extremely strong importance
9	Extreme importance

ที่มา : (Criterion Weighting Techniques. Online)

4. วิธีวิเคราะห์ตัดตัวเลือก (Trade-off Analysis Method) เป็นวิธีที่เป็นการประเมินโดยตรง ในการตัดสินใจระหว่าง 2 ทางเลือก (Malczewski.1999: 187 ; อ้างอิงจาก Hobbs. 1980; Rowe and Pierce. 1982; & Lai and Hopkins. 1989)

4.4 การกำหนดลำดับชั้นความเหมาะสม

ในการคัดเลือกแนวเส้นทางของโครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการทางหลวงหมายเลข 4031 - ทางแยกทางหลวงหมายเลข 4030 อำเภอถลุง จังหวัดภูเก็ต ซึ่งกรมทางหลวง (2540) ได้มีการกำหนดลำดับความเหมาะสม เพื่อนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ โดยมีการกำหนดชั้นความเหมาะสมออกเป็น 5 ระดับตามค่าคะแนนความเหมาะสมดังนี้ คือ

- 1.0 มีความหมายว่า มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์มากที่สุด
- 0.8 มีความหมายว่า มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์มาก
- 0.6 มีความหมายว่า มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์ปานกลาง
- 0.4 มีความหมายว่า มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์น้อย
- 0.2 มีความหมายว่า มีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์น้อยที่สุด

ส่วนในการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายหาดใหญ่ – ชายแดนมาเลเซีย ซึ่งกรมทางหลวง (2544 : 5-2) ได้มีการจัดลำดับความเหมาะสมเพื่อประเมินความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมและจราจร ไว้ 5 ระดับเช่นกันคือ

- 1.00 เท่ากับ มีความเหมาะสมดีมาก
- 0.75 เท่ากับ มีความเหมาะสมดี
- 0.50 เท่ากับ มีความเหมาะสมพอใช้
- 0.25 เท่ากับ ค่อนข้างไม่ดี
- 0.00 เท่ากับ ไม่ดี

อีกหนึ่งโครงการที่มีการจัดลำดับความเหมาะสมของโครงการออกเป็น 5 ระดับ คือ การศึกษาความเหมาะสมก่อนการลงทุนเบื้องต้น การพัฒนาโครงข่ายทางหลวงสายสำรองสู่ภาคใต้ ช่วง อำเภอหัวหิน-อำเภอบางสะพาน โดยที่กรมทางหลวง (2543ก : 4-47) ได้มีการกำหนดชั้นความเหมาะสมออกเป็น 5 ระดับ คือ

- 0.90 มีค่าความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมดีที่สุดใน
- 0.75 มีค่าความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมดีมาก
- 0.50 มีค่าความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมดี
- 0.25 มีค่าความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมพอใช้
- 0.10 ไม่เหมาะสมทางด้านวิศวกรรม

4.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการวางแผนการทำงานและการตัดสินใจ

เบญจวรรณ พงศ์สุวกร (2541 : 7) ได้อธิบายว่า การนำ GIS มาใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผน เนื่องจากในการวางแผนจะต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ เป็นจำนวนมากมาประกอบในการศึกษาพิจารณาตัดสินใจ สรุปผล หรือข้อเสนอแนะที่ได้จากการจัดทำแผนจะต้องตั้งอยู่บนฐานความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งปัญหาต่าง ๆ ในพื้นที่มักเกิดจากสาเหตุหลายอย่าง การที่จะมองประเด็นต่าง ๆ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะจะไม่สามารถตอบปัญหาได้อย่างถูกต้อง หรือแม้ว่าจะพยายามมองหลายปัจจัยในพื้นที่โดยประมวลผลในรูปแบบอื่น ๆ ก็อาจเกิดความผิดพลาดได้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถที่จะตอบปัญหาจากหลายปัจจัยในพื้นที่จากกระบวนการวิเคราะห์ซ้อนข้อมูลตามเงื่อนไขที่ต้องการหรือทำการจำลองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่หากปัจจัยบางอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะจัดทำข้อมูลซ้อนเป็นชั้นๆ แล้วเลือกข้อมูลที่จำเป็นมาจัดซ้อนกันตามหลักทางคณิตศาสตร์หรือเงื่อนไขที่กำหนด

การแสดงผลข้อมูลเป็นรูปภาพหรือแผนที่ใน GIS จะเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลซึ่งนอกจากผู้ใช้จะเห็นถึงลักษณะสำคัญและข้อเท็จจริงของปัญหา หรือความต้องการในพื้นที่แล้ว ยังสามารถเข้าถึงรายละเอียดของปัจจัยแต่ละตัวที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้ทันที เพราะข้อมูลเชิงรูปภาพนั้นเชื่อมโยงโดยตรงกับฐานข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ณ ตำแหน่งพิกัดนั้น ๆ บนพื้นโลก นอกจากนี้ยังสามารถทำการทดลองสร้างแบบจำลองในเชิงสามมิติ รวมถึงการวิเคราะห์คำนวณในด้านต่าง ๆ ได้ง่าย เช่น การวิเคราะห์เส้นทางการไหลของน้ำ การวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อดินถล่ม (วรเดช จันทรศร และ สมบัติ อยู่เมือง. 2545 : 28) ทั้งนี้ทั้งวางแผนหรือคนที่ต้องการตัดสินใจในเรื่องใด ๆ ได้อย่างถูกต้องนั้น ต้องมีข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และได้รับการจัดเก็บอย่างมีระบบ รวมทั้งได้รับการประเมินหรือการวิเคราะห์อย่างมีหลักเกณฑ์ ซึ่งผลที่ได้จะช่วยให้การตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง เช่นเดียวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่นำไปประยุกต์ใช้กับการวางแผนในเรื่องต่างๆ ผลของการวิเคราะห์จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง ต้องประกอบไปด้วย ข้อมูล การจัดการข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล (สรศักดิ์ กลิ่นดาว. 2542 : 14-16)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) หรือ GIS นับเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศแขนงหนึ่งที่มีความเป็นพิเศษและมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างไปจากระบบสารสนเทศชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ เข้ากับข้อมูลเชิงอรรถาธิบายได้อย่างมีประสิทธิภาพประกอบ รวมทั้งความสามารถในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบของแผนที่ซึ่งเป็นเสมือนตัวแทนอ้างอิงตำแหน่งกับพื้นผิวโลกจริง ซึ่งผู้ใช้สามารถนำข้อมูลจากหลากหลายรูปแบบมาทำการวิเคราะห์ร่วมกัน เช่น รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) ภาพจากดาวเทียม (Satellites Image) หรือข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) อื่น ๆ มาวิเคราะห์ร่วมกัน ทำให้ GIS เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีการประยุกต์ใช้ GIS ในการบริหารงานภาครัฐ ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประชาชนจำนวนมากนั้น มักจะ

พื้นที่ไม่พื้ที่จะต้องอาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ เช่น การแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเกษตรหรือส่งเสริมการเพาะปลูกของเกษตรกร ก็ต้องทราบถึงพื้นที่ที่ประสบภัยหรือพื้นที่ในการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด เป็นต้น การวางแผนการสร้างเส้นทางคมนาคมขนส่ง อาศัยแผนที่เส้นทางและอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับภูมิประเทศรวมถึงการกระจายตัวและความหนาแน่นของประชากรมาเป็นปัจจัยพื้นฐานในการเลือกสร้างเส้นทางคมนาคมขนส่งให้สอดคล้องกับความต้องการของประชาชนในพื้นที่ (วรเดช จันทรศร และ สมบัติ อยู่เมือง. 2545 : 9-10) ในเรื่องนี้ สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์ (2544 : 38-39) ได้อธิบายไว้เช่นเดียวกันว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ โดยเป็นพื้นฐานประกอบและสนับสนุนการตัดสินใจโดยอาศัยฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับตำแหน่งภูมิศาสตร์

ตาราง 7 แสดงประสิทธิผลของ GIS เมื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผน

ตัวชี้วัด	ค่าเฉลี่ย (Mean rating)*
ประสิทธิผลของการทำงาน (Operational Effectiveness)	
การเข้าถึงข้อมูล (Accessibility of data).....	4.14
ความถูกต้องของข้อมูล (Accuracy of data).....	3.95
การใช้ประโยชน์ข้อมูล (Availability of data).....	3.90
เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection time).....	3.25
ประสิทธิผลของการตัดสินใจ (Decision-making Effectiveness)	
การสื่อสารข้อมูลและสารสนเทศ (Communication of information).....	4.43
ความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ (Confidence in analysis).....	4.06
การบ่งชี้ถึงข้อขัดแย้ง (Identification of conflicts).....	4.00
ความชัดเจนของการตัดสินใจ (Explicitness of decision).....	3.81
ระยะเวลาในการตัดสินใจ (Decision-making Time).....	3.56*
ผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังจากการใช้ GIS	
(1 = แย่มาก 2 = แย่ 3 = ไม่เปลี่ยนแปลง 4 = ดีขึ้น 5 = ดีขึ้นมาก)	

ที่มา : วรเดช จันทรศร และสมบัติ อยู่เมือง. 2545 : 68 ; อ้างอิงจาก Budie. 1994 : 224-263

4.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กับวิศวกรรมงานทาง

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของ อเล็กซานเดอร์ และแมนแฮม (Alexander & Mannheim) ในปี ค.ศ.1962 จาก Massachusetts Institute of Technology ได้ศึกษาในเรื่องการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างทางหลวง โดยใช้เทคนิคการ Weighting ใช้ปัจจัยในการพิจารณาตัดสินใจถึง 26 อย่าง. (Clarke.1997 : 7; & Geographic Information Science II (1998 : Online))

สัญญา สราภิรมย์และยุทธชัย ชันทปราบ (2536) ได้ใช้ Terrain Evaluation, GIS และการสร้าง Model เชิงพื้นที่ สำหรับการเลือกแนวทางการสร้างทางที่ใช้ค่าก่อสร้างต่ำที่สุด ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูล สิ่งปกคลุมดิน (Land Cover), ภูมิประเทศและสัณฐาน (Topography & Landform), ผิวดิน (Surficial Geology), CBR, การพังทลายของหน้าดิน (Topsoil Removal), ความยากง่ายในการขุด (Difficulty of Excavation), ความสูงของคันดิน (Embankment Height), วัสดุก่อสร้าง (Construction Materials) และ ประเภทของการระบายน้ำ (Drainage Classification)

กรมโยธาธิการ. (2541) ได้ศึกษาและวางแผนโครงการจัดทำแผนโครงข่ายสะพานในแม่น้ำสายหลักทั่วประเทศ กลุ่มที่ 1-2541 จ.นครราชสีมา โดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาช่วยในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างสะพานในแม่น้ำสายหลัก โดยใช้ปัจจัยด้านการคมนาคม ด้านสังคมของพื้นที่ ซึ่งผลที่ได้จะเป็นข้อมูลในการจัดทำแผนการก่อสร้างสะพานในเขตภูมิภาคต่อไป

ชิมชัย เศรษฐพรหมณ์และมรกต บุญอยู่ (2545) ได้ทำการศึกษาเพื่อกำหนดบริเวณที่เสียหายของถนนบนพื้นที่พิบัติ(ดินอ่อน) ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รูปถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียมมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งผลที่ได้เป็นประโยชน์อย่างมากในงานวิศวกรรม และการแสดงจุดที่อาจเกิดพื้นที่พิบัติสามารถนำไปลดความเสียหาย ค่าใช้จ่าย ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดวิธีออกแบบให้เหมาะสมกับพื้นที่ และสามารถกำหนดตำแหน่ง ระยะความยาวได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการทำแผนที่วิศวกรรมธรณี โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดหรือจำแนกพื้นที่ที่เป็นพื้นที่พิบัติ แสดงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน เพราะถ้ามีการก่อสร้างบริเวณพื้นที่พิบัตินี้ ผู้มีที่ดินในบริเวณนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการออกแบบและก่อสร้างสูง และเมื่อก่อสร้างแล้วอาจเกิดการพังทลายหรือเกิดการทรุดตัวไม่เท่ากันของพื้นที่ได้ ในอนาคตถ้ามีการพัฒนาข้อมูลอย่างต่อเนื่องจะสามารถนำไปใช้สร้างแผนที่วิศวกรรม หรือจัดสร้างแผนที่ที่สามารถจำแนกความเหมาะสมของพื้นที่ในการก่อสร้าง และแผนที่นี้สามารถแสดงปัญหาและข้อมูลทางวิศวกรรมของดินได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อการวางแผนการจัดการด้านพื้นที่ที่เหมาะสมต่อไป

5. การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing)

ปัจจุบันข้อมูลระยะไกล (Remotely Sensed Data) ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ถูกนำมาใช้กับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างกว้างขวาง ข้อมูลประเภทนี้ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว มีรายละเอียดและความแม่นยำมากขึ้น ทั้งในระบบการจัดเก็บของตัวข้อมูลเองและในระบบการแปลความหมาย ข้อมูลระยะไกลที่ได้รับการจัดการผ่านกระบวนการทางคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการแปลความหมายได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วขึ้น ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการบันทึกตัวเลขซึ่งเหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ วิธีการวิเคราะห์เป็นวิธีการเชิงปริมาณที่ใช้ความรู้ทางสถิติและคณิตศาสตร์เข้าจัดการ อาทิ การแปลงข้อมูลเพื่อเน้นภาพประกอบ การจำแนกคุณสมบัติทางกายภาพประกอบ วิธีการวิเคราะห์เหล่านี้จะช่วยดึงเอาส่วนสำคัญของข้อมูลแต่ละประเภทให้แสดงออกมาได้ชัดเจนขึ้นและช่วยให้การจำแนกลักษณะทางกายภาพทำได้ง่ายขึ้น (สัญญา สราภิรมย์และชัยยุทธ ชันทปรบ. 2536 : 71) ซึ่งการประยุกต์ใช้การสำรวจข้อมูลระยะไกล มีการนำภาพจากดาวเทียมมาใช้ในการทำแผนที่แสดงสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover) ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use) จะสะท้อนถึงกิจกรรมมนุษย์ เช่น เขตอุตสาหกรรม เขตที่อยู่อาศัย และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งในการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต้องอาศัยการแปลความหมายจากภาพดาวเทียม โดยการแปลภาพนั้นต้องอาศัยข้อมูลภาคพื้นดินมาประกอบการพิจารณา ข้อมูลภาคพื้นดิน (Ground Truth) หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ตรววัด และการเก็บรวบรวมรายละเอียด เกี่ยวกับสถานภาพที่เป็นจริงในพื้นที่ขณะนั้น เพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สำรวจระยะไกลกับวัตถุที่ทำการสำรวจ และเพื่อให้การปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีความถูกต้องสูง จึงต้องมีจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ทราบค่าพิกัด ซึ่งการใช้แผนที่ภูมิประเทศในการหาค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินจะเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ในปัจจุบันนี้มีระบบการวัดค่าพิกัดจากดาวเทียม ที่สามารถให้ค่าพิกัดภูมิศาสตร์ภายในเวลาอันสั้น โดยใช้เครื่องมือรับสัญญาณ GPS (ซุนจิ มูไร. 2540 : 132,134)

นิภา เจียรภัทรานนท์ (2539) ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจข้อมูลระยะไกล มาใช้ในการแปลข้อมูลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM หาพื้นที่แหล่งชุมชนที่อยู่อาศัยในเขตพื้นที่จังหวัดสระบุรี เพื่อปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินให้ทันสมัย เช่นเดียวกับ เอกราช ปรีชาชน (2545) ได้นำภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ แบนด์ 3, 4 และ 5 มาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ความแตกต่างของสิ่งปกคลุมดิน พืชพรรณ ถนน สิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำได้อย่างชัดเจน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1.1 แผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตราส่วน 1: 50,000 จากกรมแผนที่ทหาร จำนวน 6 ระบาย คือ

ระบาย 5237 I	อำเภอสาริกา	(กค.2536)
ระบาย 5238 II	อำเภอปากช่อง	(มี.ค.2536)
ระบาย 5337 I	บ้านซับบอน	(ต.ค.2536)
ระบาย 5337 IV	บ้านท่าอิฐ่อม	(ก.ค.2536)
ระบาย 5338 II	บ้านสุขัง	(มี.ค.2537)
ระบาย 5338 III	บ้านซับน้อย	(ต.ค.2536)

1.2 กราฟความเข้มฝนและข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝน ปี พ.ศ.2531 จากกองอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ประกอบด้วย 11 สถานี คือ

- สถานีฝนลำโพรงขุนเพชร อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา
- สถานีฝน อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา
- สถานีกรมชลประทาน อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา
- สถานีฝนลำตะคอง (M38c) อำเภอสีคิ้ว จ.นครราชสีมา
- สถานีฝน อำเภอเมือง จ.สระบุรี
- สถานีฝน อำเภอเมือง จ.ปราจีนบุรี
- สถานีฝน อำเภออรัญประเทศ จ.สระแก้ว
- สถานีฝน บ้านแก้ง(Kgt12) อำเภอเมือง จ.สระแก้ว
- สถานีฝนทุ่งแฝก (Kgt14) อำเภอกบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี
- สถานีฝนบ้านแก้งดินสอ อำเภอกบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี
- สถานีฝนบ้านตะคร้อ (Kgt24) อำเภอประจันตคาม จ.ปราจีนบุรี

1.3 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า จากกรมทางหลวง

- 1.4 กราฟ Specific Yields of Flow for River in Thailand จากกรมทางหลวง
- 1.5 มาตรฐานอาคารระบายน้ำแต่ละประเภทของกรมทางหลวง
- 1.6 ตารางแสดงความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ จาก AASHTO
- 1.7 แผนที่ขอบเขตตำบล มาตรฐาน 1:50,000 ปี พ.ศ.2538 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ
- 1.8 ข้อมูลธรณีวิทยา มาตรฐาน 1:250,000 ราว ND47-8 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปี พ.ศ.2528 จากกรมทรัพยากรธรณี
- 1.9 ข้อมูลกลุ่มชุดดินและการใช้ที่ดิน จ.นครราชสีมา มาตรฐาน 1:50,000 ปี พ.ศ.2543 จากกรมพัฒนาที่ดิน
- 1.10 ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ มาตรฐาน 1:50,000 ปี พ.ศ.2543 จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม
- 1.11 แผนที่เขตอุทยานแห่งชาติ มาตรฐาน 1:50,000 จากกรมป่าไม้
- 1.12 แผนที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า มาตรฐาน 1:50,000 จากกรมป่าไม้
- 1.13 ข้อมูลการขึ้นทะเบียนโบราณสถานทั่วราชอาณาจักร ปี 2533 กรมศิลปากร
- 1.14 ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ Path 128 Row 50 วันที่ 20 มกราคม 2546 และ Path 129 Row 50 วันที่ 11 มกราคม 2546 จาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

- | | |
|---------|--|
| อุปกรณ์ | <ul style="list-style-type: none"> - เครื่องกวาดภาพประกอบ (Scanner) - เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) - เครื่องพิมพ์ (Printer) - เครื่องมือหาค่าพิกัดจากดาวเทียมขนาดเล็ก (Hand Held GPS) - กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) |
| โปรแกรม | <ul style="list-style-type: none"> - ArcGIS 8.0 (จาก มศว.ประสานมิตรและบริษัทไทยเอ็นอีเนียร์ริง คอนซัลแตนท์ จำกัด) + 3D Analyst + Spatial Analyst - AutoCAD (จาก บริษัทไทยเอ็นอีเนียร์ริง คอนซัลแตนท์ จำกัด) - Envi |

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการต่างๆและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลมีดังนี้

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ประกอบด้วย

3.1.1 ข้อมูลจากการสำรวจและเก็บรวบรวมจากพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษาและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.1.2 ข้อมูลในการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ที่ใช้ในการประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ข้อมูลดังกล่าวจะได้จากการออกแบบประเมินกับวิศวกรงานทาง

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ(Secondary Data) ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการ และสร้างฐานข้อมูลใหม่จากข้อมูลของหน่วยงานราชการ ประกอบด้วย

3.2.1 ข้อมูลขอบเขตจังหวัด ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III

3.2.2 ข้อมูลขอบเขตการอำเภอ ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III

3.2.3 ข้อมูลขอบเขตตำบล มาตรฐาน 1: 50,000 ได้จากแผนที่เขตการปกครอง สำนักงานสถิติแห่งชาติ

3.2.4 ข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้าน ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III

3.2.5 ข้อมูลเส้นทางคมนาคม ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III และปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินด้วยภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

3.2.6 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงและจุดความสูง ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III

3.2.7 ข้อมูลเส้นทางน้ำ ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III

3.2.8 ข้อมูลแหล่งน้ำ ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 กรมแผนที่ทหาร ราว 5237 I, 5238 II, 5337 I, 5337 IV, 5338 II และ 5338 III และปรับปรุงข้อมูลแหล่งน้ำด้วยภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

3.2.9 ข้อมูลธรณีวิทยา จาก กรมทรัพยากรธรณี

3.2.10 ข้อมูลกลุ่มชุดดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน

3.2.11 ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

3.2.12 ข้อมูลขอบเขตอุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และป่าอนุรักษ์
จากกรมป่าไม้

3.2.13 ข้อมูลการใช้ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน และปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดิน
ด้วยภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ
สารสนเทศ (องค์การมหาชน)

3.2.14 กราฟความเข้มฝนและข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝน ปี พ.ศ.2531
จากกองอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

3.2.15 กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า, กราฟ Specific Yields of Flow
for River in Thailand และ มาตรฐานอาคารระบายน้ำ จากกรมทางหลวง

3.2.16 มาตรฐานความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบจาก
AASHTO

3.2.17 ข้อมูลการจำแนกประเภทหินอินแทกโดยอาศัยกำลังวัสดุ

3.2.18 ข้อมูลค่าความพรุนและสัมประสิทธิ์ของความซบซึมได้ของหิน

3.2.19 ข้อมูลการวินิจฉัยคุณภาพดินเชิงปฐพีกลศาสตร์ จากกรมพัฒนาที่ดิน

3.2.20 ข้อมูลการขึ้นทะเบียนโบราณสถานทั่วราชอาณาจักร ปี 2533

กรมศิลปากร

4. การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การจัดทำข้อมูล โดยการรวบรวมและการจัดสร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศ
ภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา จำแนกข้อมูลออกเป็น 16 ชั้นข้อมูล ดังนี้

ตาราง 8 แสดงรายการ รูปแบบข้อมูล มาตรฐานและแหล่งที่มาของข้อมูล

รายการข้อมูล		ชื่อ Shape	รูปแบบ ข้อมูล	มาตราส่วน	แหล่งข้อมูล
1	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	Project- Boundary	Polygon	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
2	ขอบเขตจังหวัด	Changwat- Boundary	Polygon	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
3	ขอบเขตอำเภอ	Amphoe- Boundary	Polygon	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)

ตาราง 8 (ต่อ)

รายการข้อมูล		ชื่อ Shape	รูปแบบข้อมูล	มาตราส่วน	แหล่งข้อมูล
4	ขอบเขตตำบล	Tambon-Boundary	Polygon	1:50,000	แผนที่ขอบเขตตำบล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ)
5	ตำแหน่งหมู่บ้าน	Village	Point	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
6	เส้นทางคมนาคม	Trans	Line	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร) ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและ ภูมิสารสนเทศ)
7	เส้นชั้นความสูง	Contour	Line	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
8	จุดระดับความสูง	Spot_High	Point	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
9	เส้นทางน้ำ	Hydro_line	Line	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
10	แหล่งน้ำ	Hydro_poly	Polygon	1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร) ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและ ภูมิสารสนเทศ)
11	ขอบเขตพื้นที่หมวดหิน	Geology	Polygon	1:250,000	กรมทรัพยากรธรณี
12	แนวรอยเลื่อน	Structure	Line	1:250,000	กรมทรัพยากรธรณี
13	ขอบเขตพื้นที่กลุ่มชุดดิน	Soil	Polygon	1:50,000	กรมพัฒนาที่ดิน
14	ขอบเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	Watershed	Polygon	1:50,000	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม
15	ขอบเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตป่าอนุรักษ์	Forest	Polygon	1:50,000	กรมป่าไม้
15	ขอบเขตประเภทการใช้ที่ดิน	Land use	Polygon	1:50,000	กรมพัฒนาที่ดิน ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและ ภูมิสารสนเทศ)
16	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝน	Rain_Station	Point	-	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1. ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Boundary) : นำแผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 มา Scan แล้วทำการปรับเชิงเรขาคณิตโดยอ้างอิงระบบภูมิศาสตร์ UTM Indian 1975 Zone 47N จากนั้นนำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาโดยด้านเหนือจรดแนวสันปันน้ำ เทือกเขาบริเวณเขื่อนลำพระเพลิง ด้านใต้จรดแนวสันปันน้ำเทือกเขาสันกำแพง ด้านตะวันตกจรดทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (มิตรภาพ) และด้านตะวันออกจรดทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 (กบินทร์บุรี-ปักธงชัย) ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูล ขอบเขตพื้นที่ศึกษา สู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

2. ขอบเขตจังหวัด (Changwat_boundary), อำเภอ (Amphoe_Boundary) : นำ File แผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 ที่ทำการปรับเชิงเรขาคณิตแล้ว มานำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) ขอบเขตจังหวัดและอำเภอ ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูลขอบเขตจังหวัดและอำเภอ สู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

3. ขอบเขตตำบล (Tambon_Boundary) : นำ File แผนที่เขตการปกครอง มาตรฐาน 1: 50,000 มา Scan แล้วทำการปรับเชิงเรขาคณิตโดยอ้างอิงระบบภูมิศาสตร์ UTM Indian 1975 Zone 47N จากนั้นนำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) ขอบเขตตำบล ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูลขอบเขตตำบล สู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

4. ตำแหน่งหมู่บ้าน (Village) : นำ File แผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 ที่ทำการปรับเชิงเรขาคณิตแล้ว มานำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) ของตำแหน่งหมู่บ้าน ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูล ตำแหน่งหมู่บ้าน สู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

5. เส้นทางคมนาคม (Trans) : นำ File แผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 ที่ทำการปรับเชิงเรขาคณิตแล้ว มานำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) ของเส้นทางคมนาคม โดยจะแบ่งประเภทถนน ตามแผนที่ภูมิประเทศ ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูลเส้นทางคมนาคมสู่ระบบ GIS และปรับปรุงข้อมูลเส้นทางคมนาคม (Update) โดยการแปลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ ด้วยสายตาแล้ว Digitize เส้นทางคมนาคมในส่วนที่เพิ่มขึ้น ออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลประเภทถนน ก่อนนำสู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

6. เส้นชั้นความสูง (Contour) และจุดระดับความสูง (Spot_High) : นำ File แผนที่ภูมิประเทศ L7017 มาตรฐาน 1: 50,000 ที่ทำการปรับเชิงเรขาคณิตแล้ว มานำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) เส้นชั้นความสูง (Contour) ทุก ๆ 20 เมตร และจุดความสูง (Spot High) ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูล เส้นชั้นความสูงและจุดความสูง สู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

5. ขอบเขตพื้นที่หมวดหิน (Geology) และแนวรอยเลื่อน (Structure) : เป็นข้อมูลในภาพประกอบ Shape file ที่ได้จากกรมทรัพยากรธรณี ฐานข้อมูลมาตรฐาน 1:250,000

6. ขอบเขตพื้นที่กลุ่มชุดดิน (Soil) : เป็นข้อมูลในภาพประกอบ Shape file ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2543 ฐานข้อมูลมาตรฐาน 1:50,000

7. ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (Watershed) : เป็นข้อมูลในภาพประกอบ Shape file ที่ได้จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม มาตราส่วน 1:50,000

8. ขอบเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และป่าอนุรักษ์ (Forest) : นำแผนที่เขตอุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และป่าอนุรักษ์ มา Scan แล้วทำการปรับเชิงเรขาคณิตโดยอ้างอิงระบบภูมิศาสตร์ UTM Indian 1975 Zone 47N จากนั้นนำเข้าข้อมูลเชิงเส้น (Digitize) ขอบเขตอุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และป่าอนุรักษ์ ใน AutoCAD เพื่อส่งออกข้อมูล ขอบเขตพื้นที่ศึกษา สู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

9. ข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land use) : เป็นข้อมูลในภาพประกอบ Shape file ที่ได้จากการพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2543 ฐานข้อมูลมาตราส่วน 1:50,00 และปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดิน (Update) โดยการแปลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ ด้วยสายตาและวิธี Supervised Classification ใน Envi ออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ประกอบกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่จากการพัฒนาที่ดิน แล้วนำข้อมูลที่ได้นำมาแปลงจาก Raster to Vector นำสู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

10. ตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝน (Rain_Station) : นำข้อมูลค่าพิกัดของตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝนจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มาแปลงค่าพิกัด จากค่าละติจูดและลองจิจูดมาเป็นค่าพิกัดระบบ UTM Indian 1975 Zone 47N แล้วนำสู่ระบบ GIS โดยใช้ ArcGIS 8.0

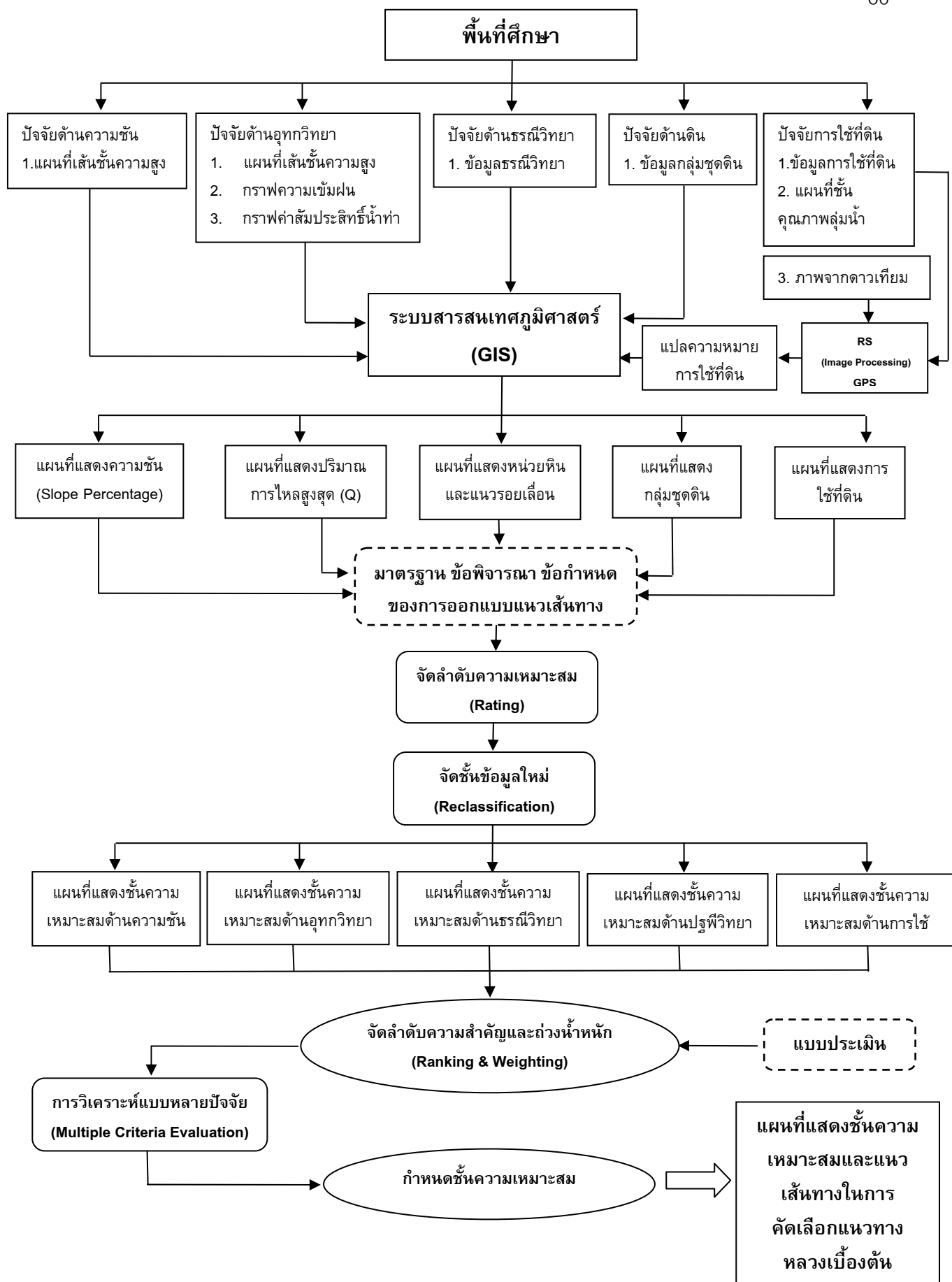
โดยฐานข้อมูลระบบสารสนเทศนี้จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์แต่ละปัจจัย ทั้งนี้ในบางปัจจัย จะต้องนำข้อมูลในส่วนของกราฟและตาราง มาใช้ด้วย ดังนี้

ตาราง 9 แสดงปัจจัยและข้อมูลที่ใช้ศึกษา

ปัจจัย	ข้อมูลที่ใช้ศึกษา
ความชัน	เส้นชั้นความสูงและจุดระดับความสูง เส้นทางน้ำ ตารางแสดงความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ
อุทกวิทยา	เส้นชั้นความสูงและจุดระดับความสูง เส้นทางน้ำ ขอบเขตประเภทการใช้ที่ดิน ตำแหน่งที่ตั้งสถานีฝน กราฟความเข้มฝน กราฟสัมประสิทธิ์น้ำท่า กราฟ Specific Yield มาตรฐานอาคารระบายน้ำแต่ละประเภทของกรมทางหลวง

ตาราง 9 (ต่อ)

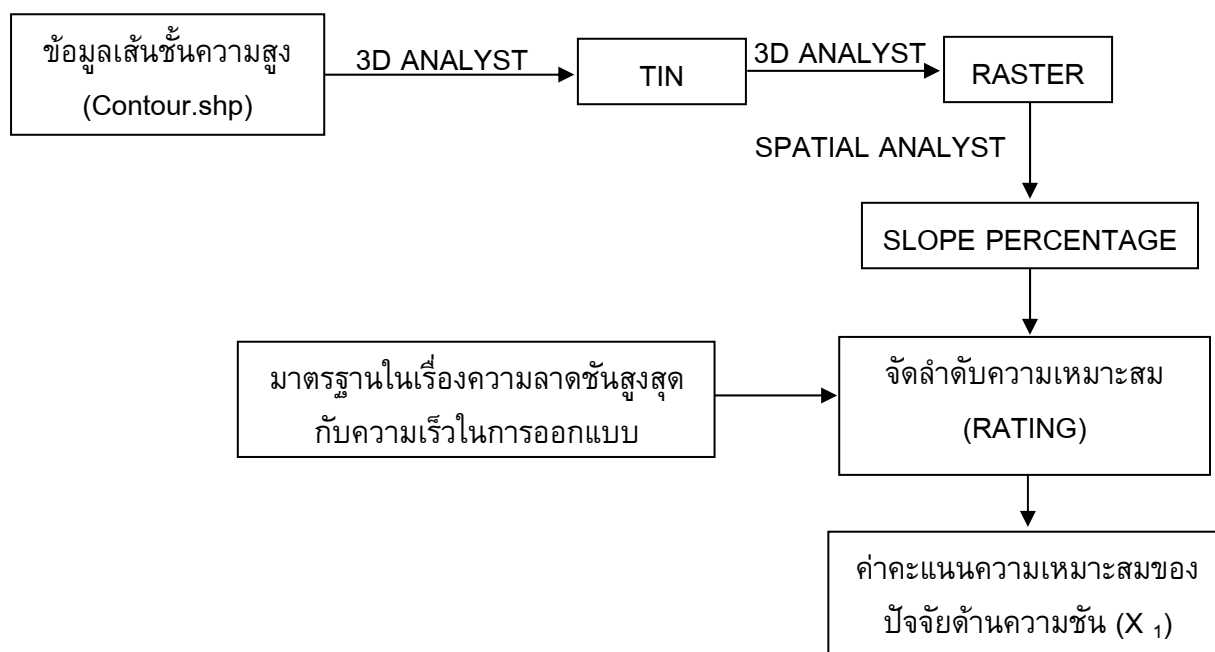
ปัจจัย	ข้อมูลที่ใช้ศึกษา
ธรณีวิทยา	ขอบเขตพื้นที่หมวดหิน แนวรอยเลื่อน แผนที่ธรณีวิทยา ตารางการจำแนกประเภทหินอินแทคโดยอาศัยกำลังวัสดุ
	ตารางแสดงค่าความพูนและสัมประสิทธิ์ของความซาบซึมได้ของหิน
ปฐพีวิทยา	ขอบเขตพื้นที่กลุ่มชุดดิน ข้อมูลการวินิจฉัยคุณภาพดินเชิงปฐพีกลศาสตร์
การใช้ที่ดิน	ขอบเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ
	ขอบเขตพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติ
	ขอบเขตพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า
	ขอบเขตพื้นที่ป่าอนุรักษ์
	ขอบเขตประเภทการใช้ที่ดิน
	ขอบเขตแหล่งน้ำ
	ข้อมูลการขึ้นทะเบียนโบราณสถานทั่วประเทศ
	ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM+
	ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง
	กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ
	รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ภาพประกอบ 9 แสดงขั้นตอนการดำเนินการ

4.1.1 ปัจจัยด้านความชัน จะนำค่าร้อยละความชัน (Slope Percentage) ของพื้นที่มาจัดลำดับความเหมาะสมโดยใช้ความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ มาเป็นเกณฑ์ในการกำหนด วิธีการมีดังนี้

- นำเข้าฐานข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour.shp) และจุดความสูง (Spot_high.shp)
- สร้างระบบโครงข่ายสามเหลี่ยม Triangulated Irregular Network (TIN) แล้วแปลงให้เป็น Raster
- วิเคราะห์หรือคำนวณค่าร้อยละความลาดชัน (Slope Percentage) เพื่อนำค่ามาใช้ในการกำหนดค่ามาตรฐาน
- จัดชั้นข้อมูลค่า Slope Percentage ใหม่ (Reclassify) โดยใช้ค่าความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบเป็นมาตรฐานในการจัดลำดับความเหมาะสม (Rating) ในด้านความชัน เนื่องจากความชันที่เพิ่มขึ้นจะทำให้รถต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนสูงขึ้น ทำให้เกิดการสูญเสียในเรื่องของพลังงานเชื้อเพลิงและใช้เวลาในการเดินทางเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 10 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้าน

4.1.2 ปัจจัยด้านอุทกวิทยา จะนำค่าปริมาณการไหลสูงสุด (Flood Peak : Q) ของพื้นที่มาจัดลำดับความเหมาะสมโดยใช้ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำแต่ละชนิด มาเป็นเกณฑ์ในการกำหนด วิธีการมีดังนี้

- นำเข้าฐานข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour.shp)
- หา พื้นที่รับน้ำ (Watershed Area : A) ใน Spatial Analyst - Hydrology Tool
- หาค่า Q ของจุด Outlet โดยกำหนด เป็นตารางกริดทุก 1 กิโลเมตร ซึ่งสูตรที่นำมาใช้จะขึ้นกับพื้นที่รับน้ำ (Watershed) คือ

1. ถ้า Watershed Area (A) มีค่าน้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร จะใช้สูตร Rational คือ

$$Q = 0.278CiA$$

- เมื่อ
- Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 - C = ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า
 - i = ปริมาณน้ำฝนที่ตกในขณะหนึ่งๆ หรือ ความเข้มของฝน (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)
 - A = พื้นที่รับน้ำ หรือ ลุ่มน้ำ (Watershed) (ตารางกิโลเมตร) (ที่มา : Philip B. Bedient; & Wayne C. Huber. 1992 : 395)

ซึ่งขั้นตอนการหาค่า Q ด้วยวิธี Rational ทำให้ดังนี้

- กำหนดจุด Outlet Point ที่ต้องการหาค่า Q
- หาค่า Tc จากสูตร

$$Tc = (0.868 L^3 / H)^{0.385}$$

- เมื่อ
- Tc = เวลาน้ำท่าสูงสุด (ชั่วโมง)
 - L = ระยะทางการไหลของน้ำจากจุดไกลสุดในเชิงชลศาสตร์ถึงทางออก (กิโลเมตร)
 - H = ความต่างระดับระหว่างจุดที่ไกลที่สุดถึงทางออก (เมตร) (วรารุณ วุฒินิชย์. 2533 : 7-9)

- เมื่อได้ค่า Tc มาแล้วจะนำมาหาค่า i จากกราฟความเข้มฝนของสถานีในพื้นที่ โดยการกำหนดค่ารอบปีการเกิดซ้ำอาจจะกำหนดโดยใช้ความสำคัญของอาคารระบายน้ำเป็นหลัก หรืออาจจะกำหนดโดยขนาดของลุ่มน้ำเป็นหลักซึ่งกรมทางหลวงได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ดังนี้

1. รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี สำหรับพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร หรือ สำหรับออกแบบท่อลอดกลม
2. รอบปีการเกิดซ้ำ 20 ปี สำหรับพื้นที่รับน้ำระหว่าง 25 – 1,000 ตารางกิโลเมตร หรือสำหรับออกแบบท่อลอดเหลี่ยม
3. รอบปีการเกิดซ้ำ 50 ปี สำหรับพื้นที่รับน้ำมากกว่า 1,000 ตารางกิโลเมตร หรือสำหรับออกแบบสะพาน (กรมทางหลวง. 2539 : 225)

แต่เนื่องจากในพื้นที่ที่ศึกษานั้นไม่มีสถานีฝน จึงจำเป็นต้องนำกราฟของสถานีฝนใกล้เคียงมาใช้ โดยอาศัยหลักการแบ่งพื้นที่ของ Thiessen polygon

- หาค่า C โดยอ่านจากค่า i ในตารางค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า (ภาพประกอบ 3.4) ซึ่งแต่ละ Band จะขึ้นกับลักษณะ Land use ในพื้นที่นั้น
- เมื่อได้ค่า C, i, A แล้วให้นำมาแทนค่าในสูตร $Q = 0.278CiA$

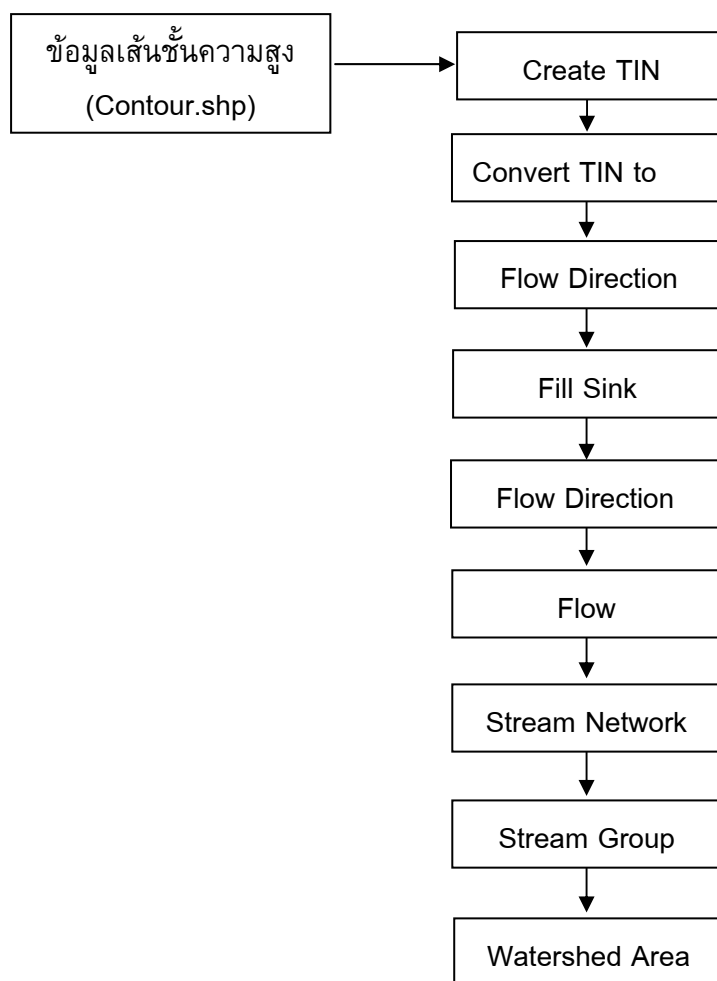
2. ถ้า Watershed Area (A) มีค่ามากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร จะใช้สูตร Specific Yield คือ

$$Q = A \times \text{Specific Yield}$$

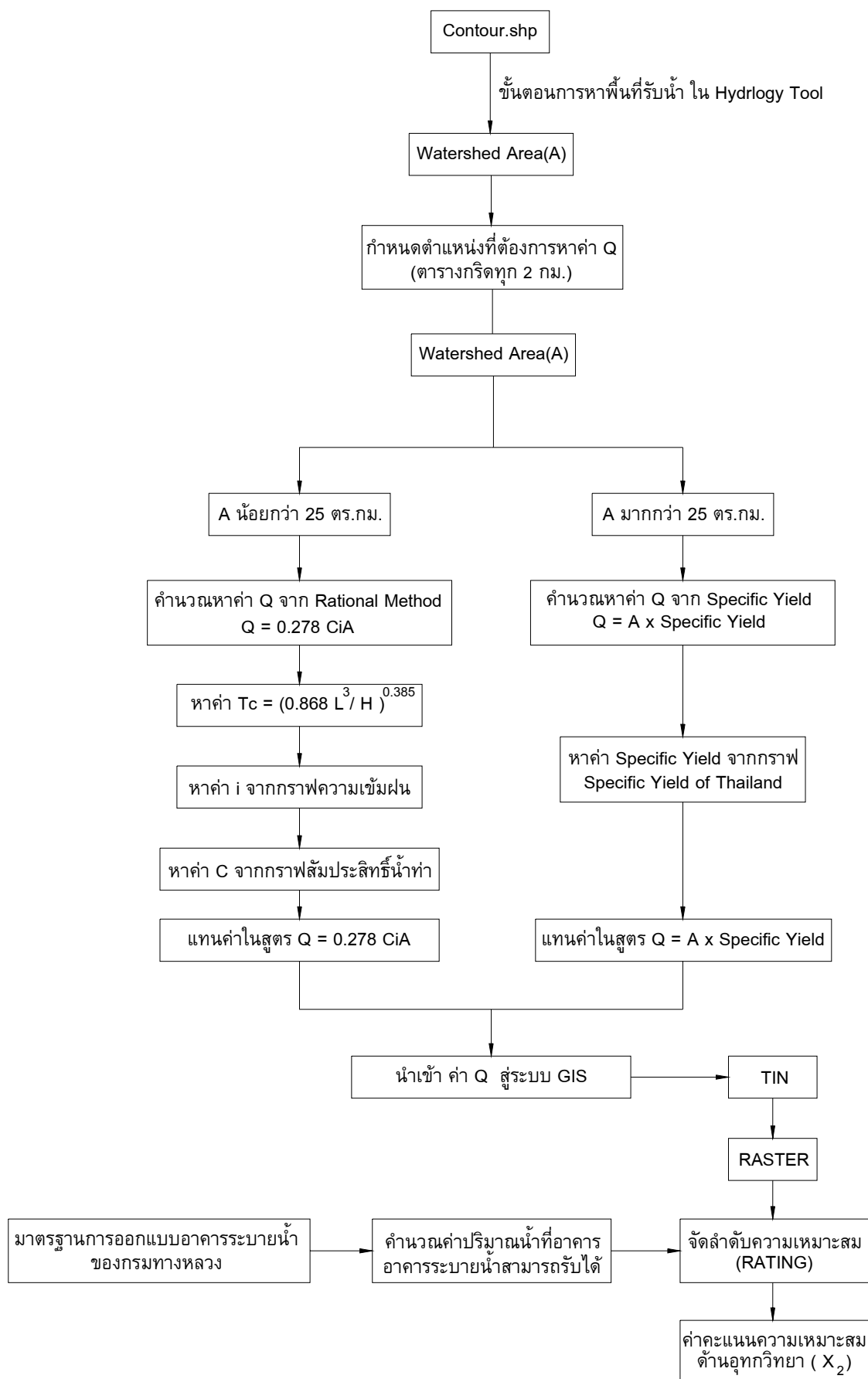
เมื่อ Q = ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
 A = พื้นที่รับน้ำ หรือ ลุ่มน้ำ (Watershed) (ตารางกิโลเมตร)(ที่มา : กรมทางหลวง.
 2539 : 229)

การหาค่า Q ด้วยวิธี Specific Yield ทำให้ดังนี้

- จากค่า Watershed Area (A) ที่หาได้ นำไปอ่านค่า Specific Yield จากกราฟ Specific Yields of Flow for River in Thailand
- นำค่า Q ที่คำนวณได้มานำเข้าสู่ระบบ GIS
- สร้างระบบโครงข่ายสามเหลี่ยม Triangulated Irregular Network (TIN) ของค่า Q แล้ว แปลงให้เป็น Raster
- คำนวณหาปริมาณน้ำที่อาคารระบายน้ำแต่ละชนิดจะรับได้ โดยใช้มาตรฐานอาคารระบายน้ำของกรมทางหลวง มาคำนวณจากสูตร $Q=VA$ โดยกำหนดให้ค่าความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (V) เท่ากับ 1.7-2.00 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของกรมทางหลวง และกำหนดให้พื้นที่หน้าตัดการระบายน้ำ (A) มีระดับเต็มท่อ
- จัดชั้นข้อมูลค่าปริมาณการไหลสูงสุดใหม่(Reclassify) โดยใช้ค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่อาคารระบายน้ำแต่ละประเภทสามารถรับได้ มาเป็นมาตรฐานในการจัดลำดับความเหมาะสม (Rating) ในด้านอุทกวิทยา เนื่องจากชนิดของอาคารระบายน้ำจะเป็นตัวกำหนดราคาค่าก่อสร้าง



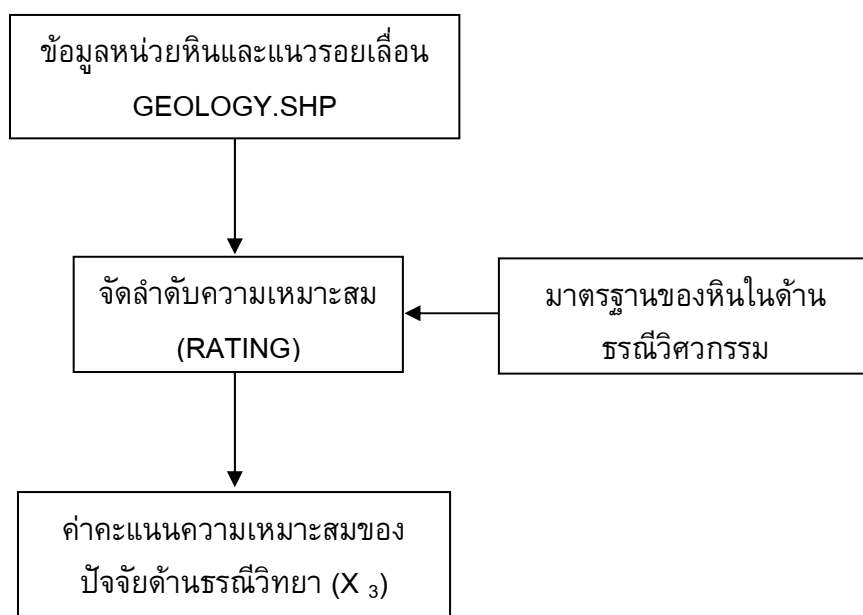
ภาพประกอบ 11 แสดงขั้นตอนการหาพื้นที่รับน้ำ



ภาพประกอบ 12 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านอุทกวิทยา

4.1.3 ปัจจัยด้านธรณี จะนำข้อมูลหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา มาจัดลำดับความเหมาะสมโดยใช้กำลังวัสดุ, ความพรุนของหินและแนวรอยเลื่อน มาเป็นเกณฑ์ในการกำหนด วิธีการมีดังนี้

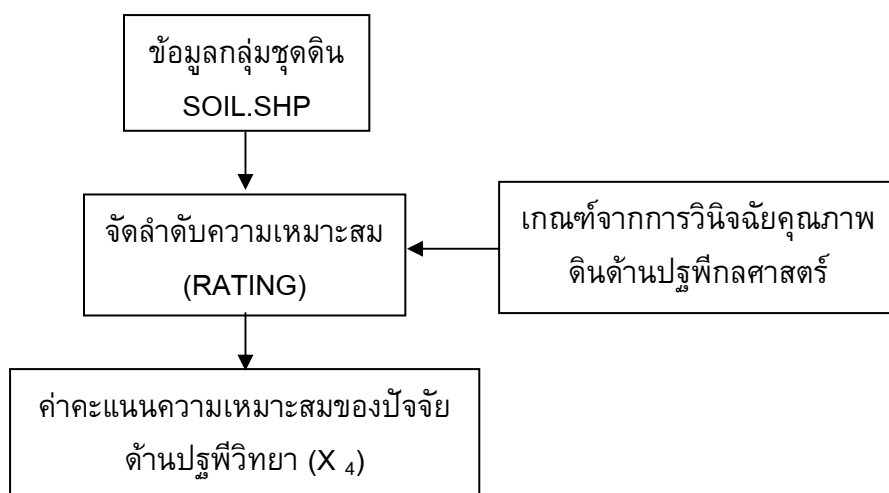
- นำเข้าข้อมูล Geology.shp
- แปลง ข้อมูล ให้เป็น Raster
- จัดชั้นข้อมูลชนิดของหินใหม่ (Reclassify) ตามคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมในเรื่องกำลังอัดวัสดุ, ความพรุนและแนวรอยเลื่อน เนื่องจากชนิดของหินฐานจะเป็นสิ่งกำหนดความคงทนของถนน ถ้าถนนมีความคงทนประมาณในการซ่อมบำรุงจะน้อย



ภาพประกอบ 13 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้าน

4.1.4 ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา จะนำข้อมูลกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา มาจัดลำดับความเหมาะสมโดยใช้ข้อมูลจากการวินิจฉัยคุณภาพดินด้านปฐพีกลศาสตร์ศาสตร์ วิธีการมีดังนี้

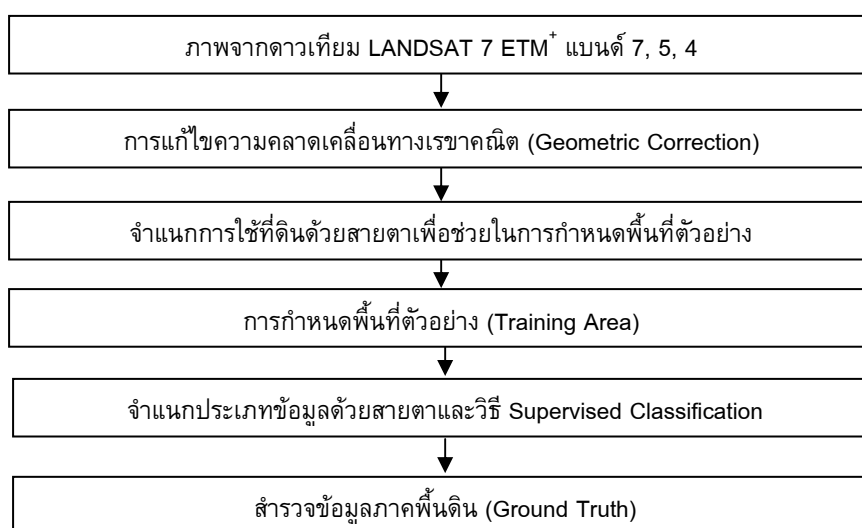
- นำเข้าข้อมูล Soil.shp
- การรวมกลุ่ม (Dissolve) ข้อมูลกลุ่มชุดดิน
- แปลงข้อมูล ให้เป็น Raster
- จัดชั้นข้อมูลกลุ่มชุดดินใหม่ (Reclassify) ตามการวินิจฉัยคุณภาพดินด้านปฐพีกลศาสตร์



ภาพประกอบ 14 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้าน

4.1.5 ปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน จะนำข้อมูลการใช้ที่ดิน และข้อมูลพื้นที่ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม มาจัดลำดับความเหมาะสม วิธีการมีดังนี้

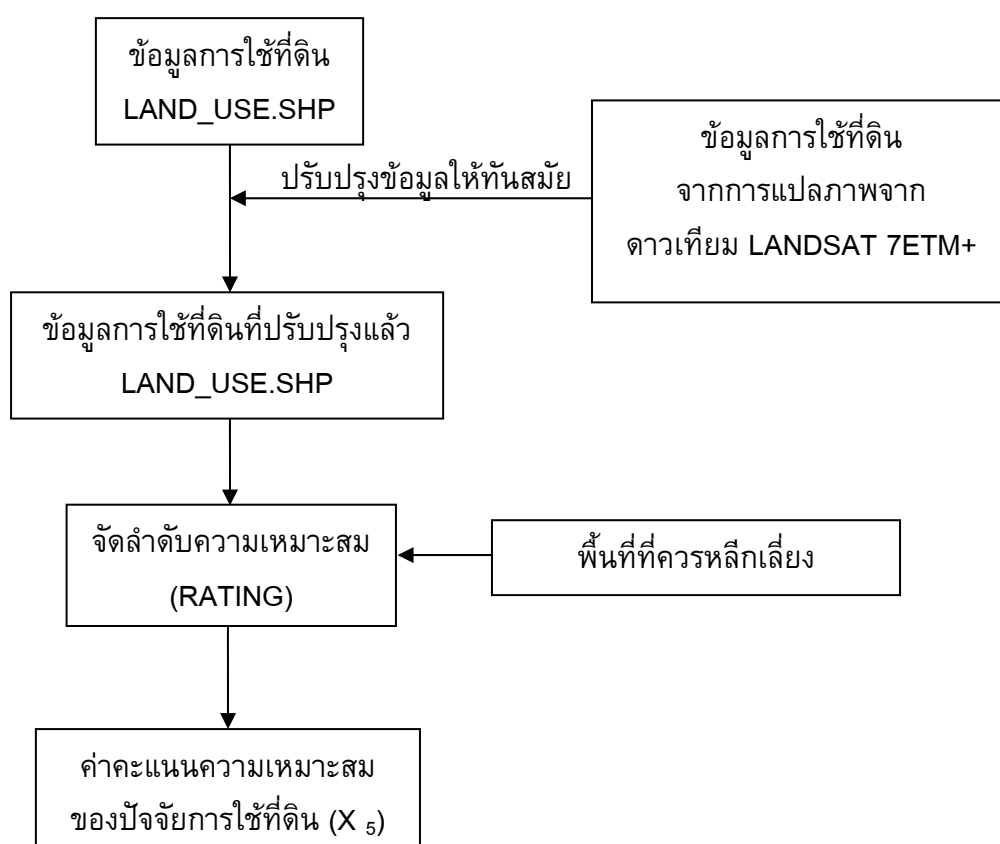
- แปลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ จากแบนด์ที่เหมาะสมคือ แบนด์ 7,5,4 ด้วยคอมพิวเตอร์โดยวิธี Supervised Classification ใน Program Envi



- นำข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพจากดาวเทียมมาปรับปรุงเพิ่มเติม ข้อมูลการใช้ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดินโดยเฉพาะพื้นที่ชุมชนที่เพิ่มมากขึ้น

- จัดชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินใหม่ (Reclassify) โดยกำหนดตามพื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยงในการวางแผนเส้นทาง ถ้ามีการสร้างทางในพื้นที่ดังกล่าวจะส่งผลกับราคาค่าก่อสร้าง (ค่าเวรคีน) หรือส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยพื้นที่ที่ควรหลีกเลี่ยงมีดังนี้

1. หลีกเลี่ยงพื้นที่ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมอนุรักษ์ตามกฎหมาย ได้แก่ พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1 และ 2 พื้นที่อุทยานแห่งชาติ พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และพื้นที่ป่าอนุรักษ์
2. หลีกเลี่ยงสถานที่สำคัญทางวัฒนธรรม โบราณสถาน วัด และโรงเรียน
3. หลีกเลี่ยงพื้นที่ปัจจุบันและที่วางแผนไว้ให้เป็นเมืองหรือชุมชนหนาแน่น



ภาพประกอบ 15 แสดงขั้นตอนการดำเนินการปัจจัยด้านการใช้

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรม ArcGIS 8.0 Extension Spatial Analyst เป็นการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยใช้มาตรฐาน ข้อพิจารณาและข้อกำหนดของการออกแบบแนวเส้นทาง มาเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับ

ความเหมาะสม (Rating) จัดลำดับความสำคัญ(Ranking) และถ่วงน้ำหนัก (Weighting) เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Evaluation : MCE) การจัดลำดับความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยจะออกมาในรูปค่าคะแนนของ Grid Cell จากนั้นจะนำค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยมารวมกัน โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนัก(Criterion Weighting Techniques) ในแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก ซึ่งเป็นวิธีตัดสินใจโดยใช้ปัจจัยในการพิจารณาหลายปัจจัย (Multi Criterion Decision Maker : MCDM)

ทั้งนี้ค่าถ่วงน้ำหนักสามารถหาได้โดย วิธีประเมินค่า (Rating Method หรือ Ratio Estimation Procedure) เป็นวิธีที่มีการกำหนดความสำคัญไว้ล่วงหน้า เช่น กำหนดค่าไว้ที่ 0 -100 โดยค่า 100 เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด และ 0 จะเป็นส่วนที่ไม่ให้ความสำคัญ ในการกำหนดลำดับความสำคัญและถ่วงน้ำหนัก จะหาได้จากการออกแบบประเมิน (ดังแสดงในภาคผนวก ก) กับวิศวกรงานทางที่มีประสบการณ์ในงานคัดเลือกแนวเส้นทางหลวง 5 ปีขึ้นไป จำนวน 44 คน (กรมทางหลวงจำนวน 20 คน, จากบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา จำนวน 24 คน) จากนั้นจะนำผลสรุปมาคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักตามวิธีประเมินค่า (Rating Method)

4.2.1 การคำนวณค่าความเหมาะสมรวม (Suitability) เมื่อคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยของแต่ละปัจจัยได้แล้ว จะนำมาหาค่าความเหมาะสมรวมจากแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก ที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบ MCE (Multiple Criteria Evaluation) คือ

$$S = W_i X_i \quad \text{หรือ}$$

$$S = W_1 X_1 + W_2 X_2 + W_3 X_3 + W_4 X_4 + W_5 X_5$$

เมื่อ

$$S = \text{ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมของพื้นที่}$$

$$W_1 = \text{ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยความชัน}$$

$$W_2 = \text{ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยอุทกวิทยา}$$

$$W_3 = \text{ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยธรณีวิทยา}$$

$$W_4 = \text{ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยปฐพีวิทยา}$$

$$W_5 = \text{ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยการใช้ที่ดิน}$$

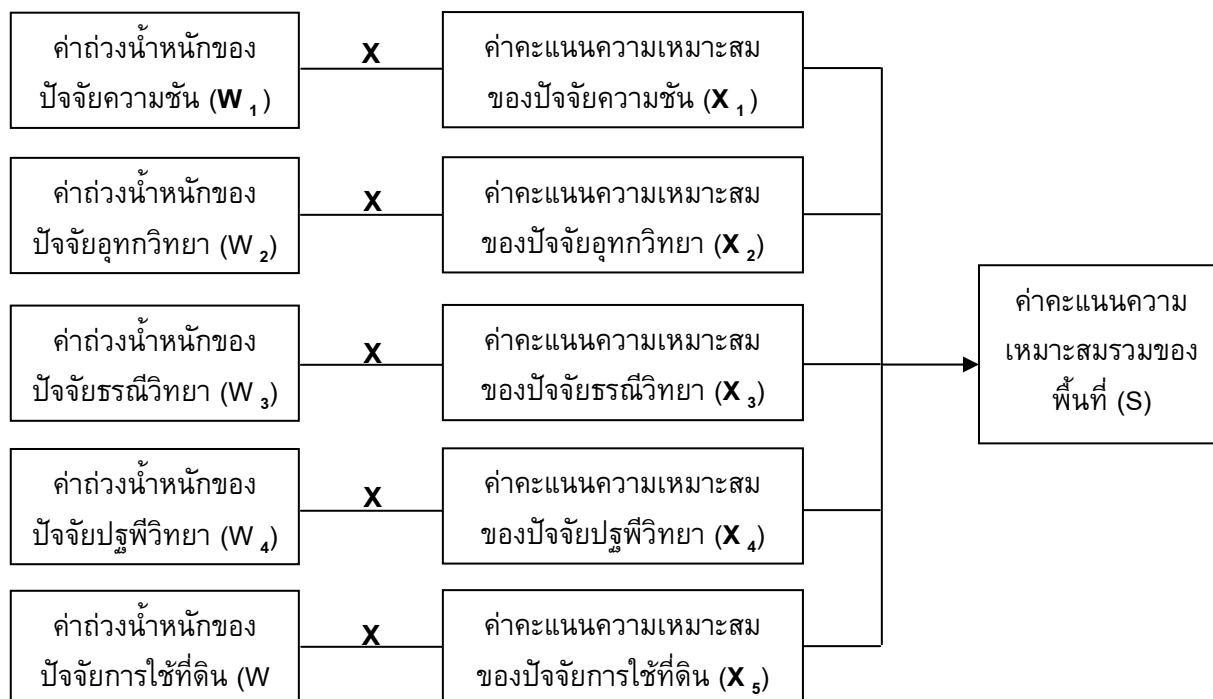
$$X_1 = \text{ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยความชัน}$$

$$X_2 = \text{ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยอุทกวิทยา}$$

$$X_3 = \text{ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยธรณีวิทยา}$$

$$X_4 = \text{ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยปฐพีวิทยา}$$

$$X_5 = \text{ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยการใช้ที่ดิน}$$



4.2.2 การจัดลำดับค่าคะแนนความเหมาะสม ตามวิธีของ กัลยา (2544 : 34-35) หาได้

จาก

1. หาค่าพิสัยของค่าคะแนนความเหมาะสมรวมของพื้นที่ โดยที่ค่าพิสัยคือผลต่างระหว่างคะแนนรวมแสดงค่าความเหมาะสมที่มีค่ามากที่สุดกับคะแนนรวมแสดงค่าความเหมาะสมที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้น

พิสัย (Range) = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมสูงสุด – ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมต่ำสุด

ถ้ามีข้อมูล N ค่า คือ $S_1, S_2, S_3, \dots, S_N$

และให้ $S_{\max}$ = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมสูงสุด = $\max(S_1, S_2, \dots, S_N)$

$S_{\min}$ = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมต่ำสุด = $\min(S_1, S_2, \dots, S_N)$

พิสัย = $R = S_{\max} - S_{\min}$

2. คำนวณหาความกว้างของชั้น (Class Interval : I)

$I = \text{ความกว้างของชั้น} / \text{จำนวนชั้น} = \text{พิสัย} / \text{จำนวนชั้น}$

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งชั้นความเหมาะสมออกเป็น 5 ชั้นคือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อยและเหมาะสมน้อยที่สุด

$I = S_{\max} - S_{\min} / 5$

3. คำนวณหาขีดจำกัดชั้น (Class Limit) โดยจะกำหนดให้ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก(ชั้นที่มีค่าต่ำสุด) ครอบคลุมข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด และให้ขีดจำกัดบนของชั้นสุดท้าย(ชั้นที่มีค่าสูงสุด) ครอบคลุมข้อมูลที่มีค่าสูงสุด หรืออาจใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก} = S_{\min} - (I \times 5 - \text{พิสัย}) / 2$$

4. คำนวณช่วงของค่าคะแนน โดยเริ่มจากขีดจำกัดล่างของชั้นที่ 1

ช่วงของค่าคะแนน ชั้นที่ 1 = เหมาะสมน้อยที่สุด

ช่วงของค่าคะแนน ชั้นที่ 2 = เหมาะสมน้อย

ช่วงของค่าคะแนน ชั้นที่ 3 = เหมาะสมปานกลาง

ช่วงของค่าคะแนน ชั้นที่ 4 = เหมาะสมมาก

ช่วงของค่าคะแนน ชั้นที่ 5 = เหมาะสมมากที่สุด

จากนั้นจะนำค่าความเหมาะสม(S) ที่ได้มา จัดชั้นความเหมาะสมใหม่ (Reclassify) จะได้ชั้นความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น

4.3 การคัดเลือกแนวเส้นทาง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการจัดชั้นความเหมาะสมใหม่มา เป็นฐานข้อมูลในการคัดเลือกแนวเส้นทางด้วย ArcGIS8.2 Extension Spatial Analyst ฟังก์ชัน Shortest Path เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

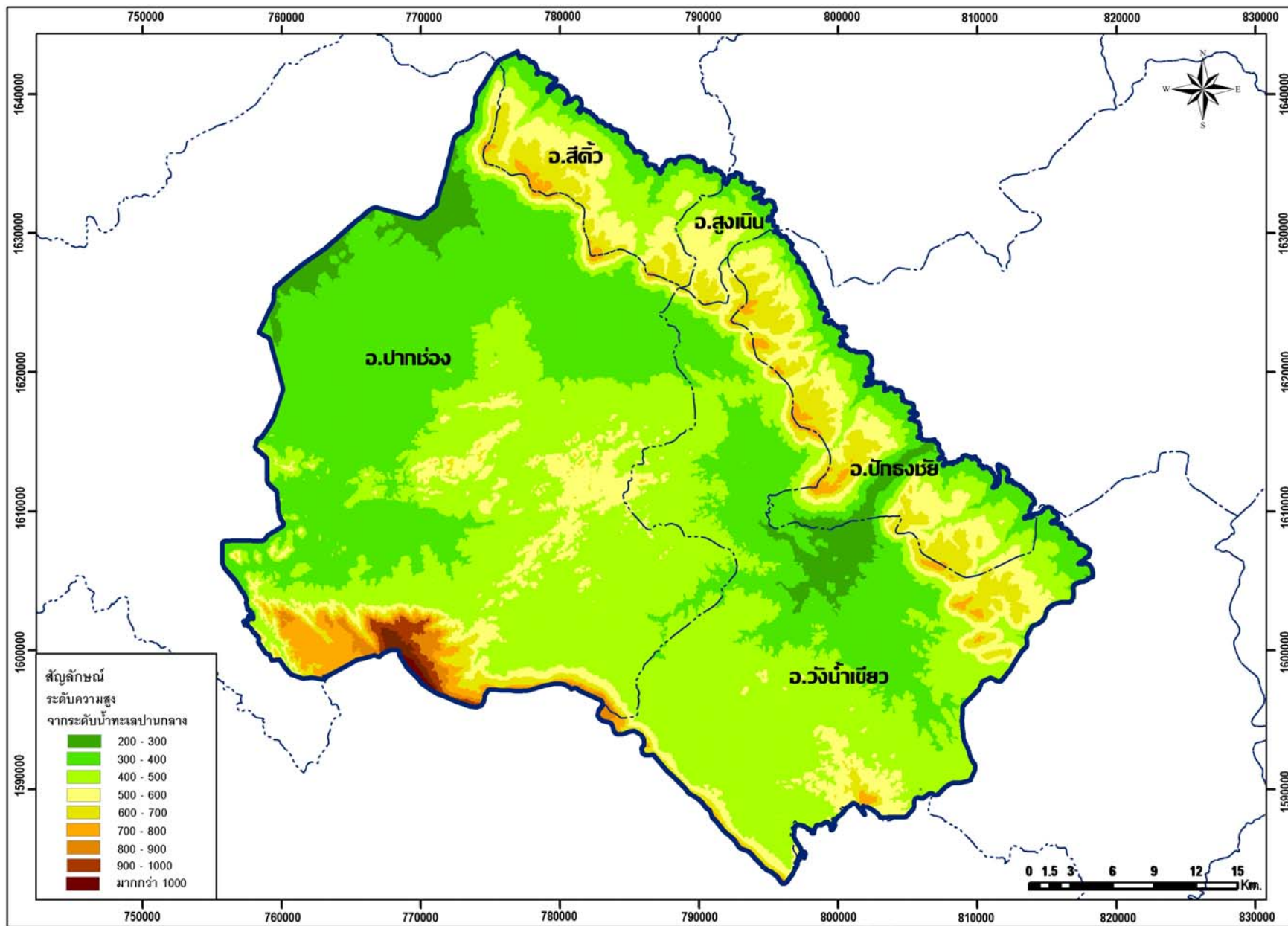
ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Evaluation : MCE) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการจัดลำดับความเหมาะสม (Rating) จากมาตรฐาน ข้อพิจารณาและข้อกำหนดของการออกแบบแนวเส้นทาง ส่วนการจัดลำดับความสำคัญ (Ranking) และถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ได้จากการประเมินความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้พิจารณาของวิศวกรงานทาง

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น กรณีศึกษาจาก อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ 5 ปัจจัย ได้แก่ ความชัน อุทกวิทยา ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยา และการใช้ที่ดิน ผลการศึกษามีดังนี้

1. ด้านความชัน

จากการศึกษาลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour) จุดความสูง (Spot Height) และการออกภาคสนาม (ภาคผนวก ข) พบว่าพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีระดับความสูงเฉลี่ยของพื้นที่อยู่ระหว่าง 300-500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 1,480 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 73.94 ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่ อำเภอปากช่องและ อำเภอวังน้ำเขียว ส่วนพื้นที่ที่มีความสูงเฉลี่ย 500-600 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 255 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 12.77 เป็นพื้นที่ภูเขาบริเวณขอบด้านตะวันออกเฉียงเหนือและด้านตะวันตกเฉียงใต้ อยู่ในพื้นที่ อำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้วอำเภอสูงเนิน และตำบลวังกะทะ อำเภอปากช่อง ดังแสดงในภาพประกอบ 16 ทั้งนี้ระดับต่ำสุดของพื้นที่อยู่ที่ คลองกิ ตำบลวังหมี อำเภอวังน้ำเขียว เท่ากับ 302 เมตรและระดับสูงสุดของพื้นที่อยู่ที่เขาแหลมเท่ากับ 1,326 เมตร ระดับความสูงในพื้นที่สามารถแสดงเป็นร้อยละ ดังตาราง 10

ความชันของพื้นที่เป็นสิ่งที่ต้องนำมาพิจารณาในการคัดเลือกแนวเส้นทาง เนื่องจากความชันมีผลต่อการก่อสร้าง ความสะดวกและปลอดภัยของผู้ใช้ทาง ถ้าความลาดชันน้อยก็สามารถก่อสร้างทางได้ง่าย มีความสะดวกปลอดภัยในการใช้ทาง หากความลาดชันสูงรถต้องสูญเสียพลังขับเคลื่อนเพิ่มขึ้น ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการใช้ทางเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความสะดวกปลอดภัยในการใช้ทางลดลง



ภาพประกอบ 16 แผนที่แสดงระดับความสูงของพื้นที่ศึกษา

ตาราง 10 แสดงระดับความสูงในพื้นที่ศึกษา

ระดับความสูง(เมตร)	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
200-300	67	3.35
300-400	678	33.87
400-500	802	40.07
500-600	255	12.77
600-700	126	6.28
700-800	46	2.31
800-900	14	0.68
900-1000	7	0.37
มากกว่า 1000	6	0.30
รวม	2,000	100.00

1.1 สภาพความชันของพื้นที่ จากผลการคำนวณค่าร้อยละของความชัน (Slope Percentage) ดังแสดงในตาราง 11 ซึ่งค่าร้อยละของความชันส่วนใหญ่ มีค่าเท่ากับ 0-2 คิดเป็นพื้นที่ 487 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 24.37 โดยส่วนใหญ่จะอยู่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ในเขตอำเภอปากช่อง รองลงมา มีค่าร้อยละของความชันมากกว่า 18 คิดเป็นพื้นที่ 363 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 18.15 ของพื้นที่ พบบริเวณขอบด้านตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษาซึ่งส่วนใหญ่เป็นภูเขา ดังแสดงในภาพประกอบ 17

ตาราง 11 แสดงร้อยละของความชันในพื้นที่ศึกษา

ร้อยละของความชัน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
0-2	487	24.37
2-4	263	13.12
4-6	200	10.01
6-8	173	8.63
8-10	140	7.02
10-12	113	5.67
12-14	101	5.07
14-16	88	4.40

ตาราง 11 (ต่อ)

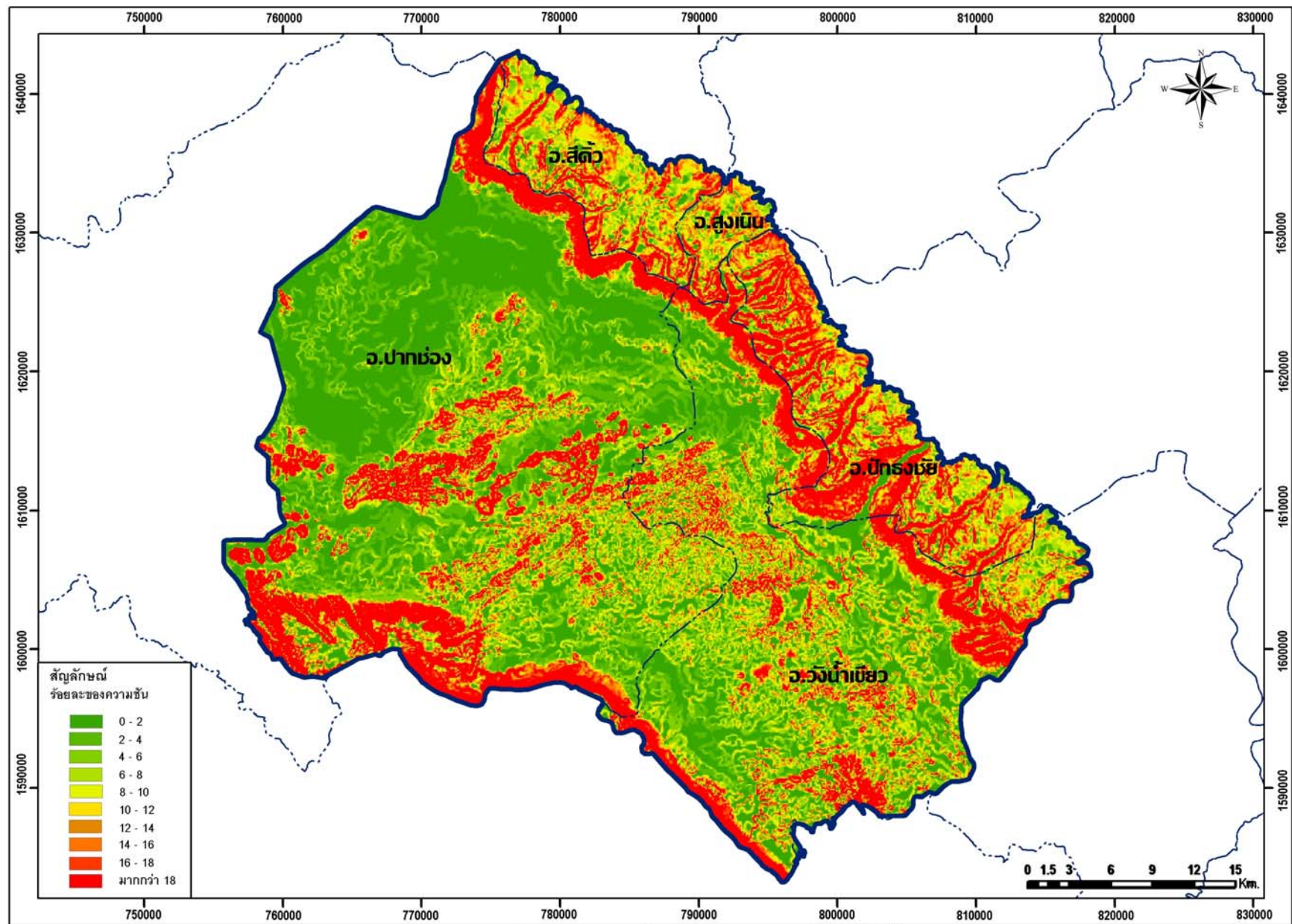
ร้อยละของความชัน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
16-18	71	3.56
มากกว่า 18	363	18.15
รวม	2,000	100.00

1.2 การจัดลำดับความเหมาะสมด้านความชัน ในการพิจารณาจัดลำดับความเหมาะสมของปัจจัยด้านความชัน โดยใช้เกณฑ์ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันสูงสุดกับความเร็วในการออกแบบ ดังแสดงในตาราง 12 โดยพิจารณาจากมาตรฐานทางหลวงที่ใช้ทำการศึกษา ซึ่งเป็นทางหลวงแผ่นดินมาตรฐานชั้นทาง 1 ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบเท่ากับ 90 กม./ชม. พบว่า ความลาดชันที่เหมาะสมมากในการออกแบบ มีค่าไม่เกิน 6% เนื่องจากความลาดชันดังกล่าวที่ความเร็ว 90 กม./ชม. ตามมาตรฐานในการออกแบบทางของ AAHSTO และกรมทางหลวง ยังถือว่ามีความเหมาะสมภูมิประเทศเป็นที่ราบ (Level) ส่วนความลาดชันที่มีค่าระหว่าง 6-7 % มีความเหมาะสมปานกลาง เนื่องจากในการออกแบบถือว่าลักษณะภูมิประเทศเป็นที่เนิน (Rolling) การขับเคลื่อนยานยนต์ต้องใช้พลังงานมากกว่าในที่ราบ ในทำนองเดียวกันความลาดชันที่มีค่าระหว่าง 7-9% ถือว่ามีความเหมาะสมภูมิประเทศเป็นภูเขา (Mountainous) ดังนั้นจึงมีค่าความเหมาะสมน้อยและถ้าความลาดชันมีค่ามากกว่า 9% จะมีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด เนื่องจากในการออกแบบจะต้องมีการปรับปรุงสภาพภูมิประเทศให้ได้ความลาดชันตามความเร็วในการออกแบบ

ตาราง 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ

ลักษณะภูมิประเทศ	ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ(กม./ชม.)								
	30	40	50	60	70	80	90	100	110
	ความลาดชัน(%)								
ที่ราบ(Level)	7	7	7	7	7	6	6	5	4
ที่เนิน(Rolling)	10	10	9	8	8	7	7	6	5
ภูเขา(Mountainous)	12	11	10	10	10	9	9	8	6

ที่มา : AASHTO.(1994). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. : 463.



ภาพประกอบ 17 แผนที่แสดงร้อยละของความสูงในพื้นที่ศึกษา

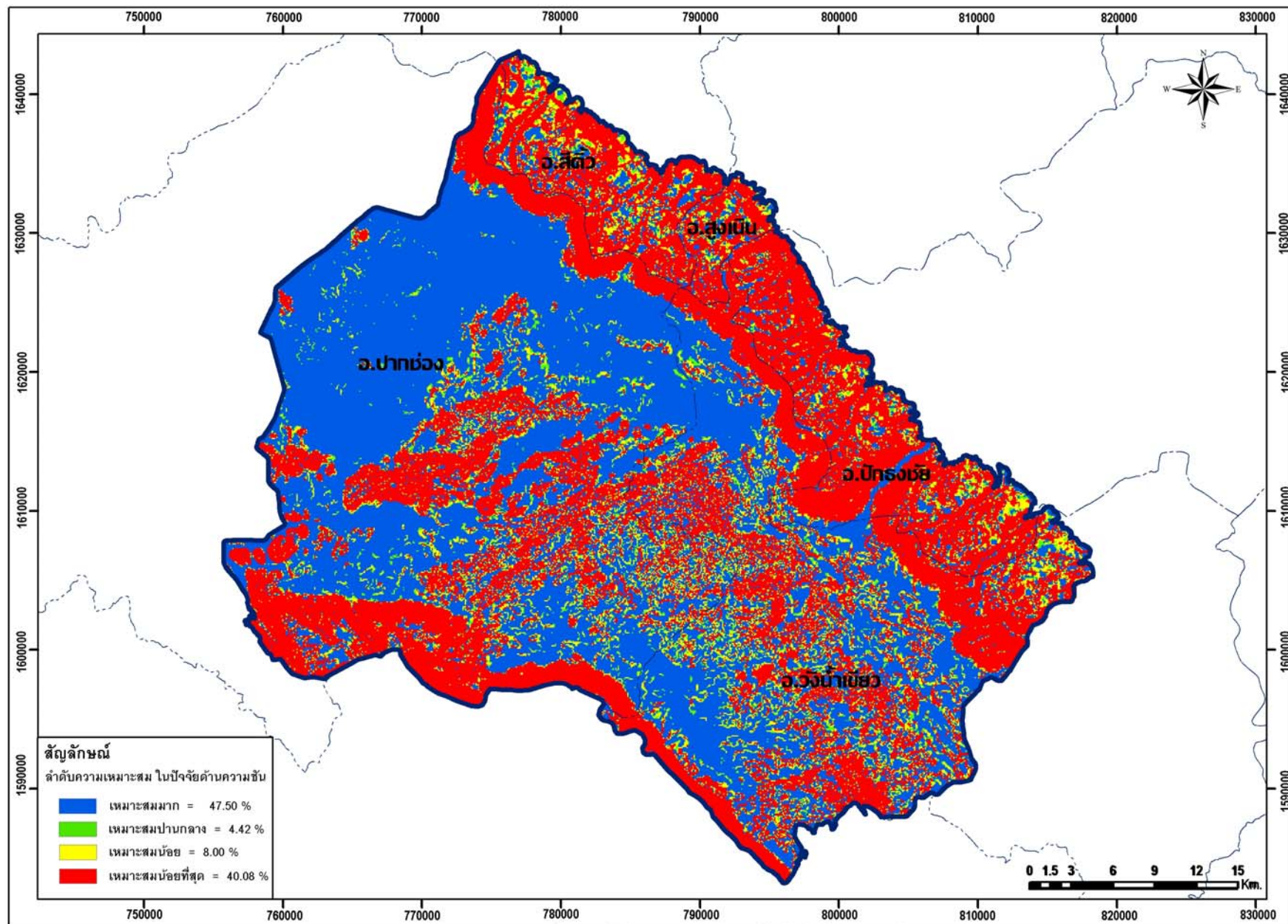
ดังนั้นการกำหนดค่าความเหมาะสมจากตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชัน สูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบสามารถจัดลำดับความเหมาะสม ได้ค่าความเหมาะสม 4 ระดับ ดังนี้

- | | | | |
|------------------------------|---------------------|-----|-------|
| 1. ค่าความลาดชัน 0 - 6 % | = เหมาะสมมาก | = 4 | คะแนน |
| 2. ค่าความลาดชัน 6 – 7 % | = เหมาะสมปานกลาง | = 3 | คะแนน |
| 3. ค่าความลาดชัน 7 – 9 % | = เหมาะสมน้อย | = 2 | คะแนน |
| 4. ค่าความลาดชัน มากกว่า 9 % | = เหมาะสมน้อยที่สุด | = 1 | คะแนน |

1.3 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านความชัน ดังแสดงในตาราง 13 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมมาก คิดเป็นพื้นที่ 950 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.50 ซึ่งเป็นที่ราบบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือ อยู่ในเขตตำบลหนองสาหร่าย ตำบลวังไทร ตำบลขงพระและตำบลคลองม่วง ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางจะกระจายอยู่ในพื้นที่เนิน คิดเป็นพื้นที่ 88 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 4.42 ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย จะกระจายอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ คิดเป็นพื้นที่ 160 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 8 และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด จะอยู่บริเวณขอบด้านตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษาซึ่งส่วนใหญ่เป็นภูเขา อยู่ในเขตตำบลตะขบ อำเภอปักธงชัย ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสีคิ้ว ตำบลโป่งตาลองและตำบลหมูสี อำเภอปากช่องและบริเวณตอนกลางพื้นที่ คิดเป็นพื้นที่ 802 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 40.08 ดังแสดงในภาพประกอบ 18

ตาราง 13 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านความชัน

ค่าความลาดชัน (%)	ลำดับความเหมาะสม	ค่าคะแนน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
0-6	เหมาะสมมาก	4	950	47.50
6-7	เหมาะสมปานกลาง	3	88	4.42
7-9	เหมาะสมน้อย	2	160	8.00
มากกว่า 9	เหมาะสมน้อยที่สุด	1	802	40.08
รวม			2,000	100.00



ภาพประกอบ 18 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านความชื้น

2. ด้านอุทกวิทยา

ในการคัดเลือกแนวเส้นทางซึ่งต้องนำมาพิจารณาในด้านอุทกวิทยา คือต้องมีการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา ซึ่งเป็นการคาดคะเนปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าหรือปริมาณน้ำหลาก และการออกแบบทางชลศาสตร์ โดยการนำค่าปริมาณน้ำหลากหรือปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่คำนวณได้มาออกแบบโครงสร้างของท่อลอดและสะพานให้เกิดความปลอดภัย มีความมั่นคงแข็งแรงและมีราคาค่าก่อสร้างไม่มาก

2.1 สภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ มีรูปแบบการไหลของลำน้ำแบบกิ่งไม้ (Dendritic Pattern) ซึ่งเป็นรูปแบบลำน้ำที่พบในพื้นที่หินอัคนี หินแปร และหินทราย ประกอบด้วยทางน้ำสายหลักที่มีน้ำไหลตลอดปี จำนวน 3 สายคือ ลำตะคอง มีต้นน้ำจากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ลำพระเพลิงและห้วยน้ำเค็ม มีต้นน้ำจากเทือกเขาตองพญาเย็น ส่วนทางน้ำที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี จำนวน 18 สาย ได้แก่ ห้วยหินลับ ห้วยยาง ห้วยแพ่ง คลองยาง คลองหินลาด คลองเสือ คลองกะโกรก คลองหินแก้ว คลองหินดำ คลองเรือ ห้วยจอก ในเขตอำเภอบางบาล และคลองกี้ คลองมะม่วง ห้วยคลองกุ่ม คลองไซกง คลองไผ่ คลองขามสีมา ลำตะคอง ในเขตอำเภอบางบาล และยังมีทางน้ำสายย่อยที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี อีกจำนวนมาก อ่างเก็บน้ำประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 2 แห่ง คือ อ่างเก็บน้ำเขื่อนลำพระเพลิง ตั้งอยู่บริเวณเขาไซในเขตอำเภอบึงขังชัยปราการชัย และอ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง 1 ตั้งอยู่ในเขต ตำบลวังหมี อำเภอบางบาล และส่วนหนองน้ำที่มีน้ำตลอดปีมีประมาณ 28 แห่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 20

2.2 ผลการคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (Flood Peak) ซึ่งหาได้จากวิธี Rational Method สำหรับพื้นที่รับน้ำไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร และวิธี Specific Yields of Flood ในพื้นที่รับน้ำมากกว่า 25 ตารางกิโลเมตร การคำนวณโดยใช้วิธี Rational Method จำเป็นต้องใช้ค่าความเข้มฝน แต่เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาไม่มีสถานีฝน จึงจำเป็นต้องใช้ค่าความเข้มฝนของสถานีฝนในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งมีทั้งหมด 11 สถานี ดังตาราง 14 มาแบ่งพื้นที่ของสถานีฝนโดยใช้วิธีการสร้าง Thiessen Polygon ผลที่ได้จากการแบ่งพื้นที่สถานีฝน แสดงไว้ในภาพประกอบ 19

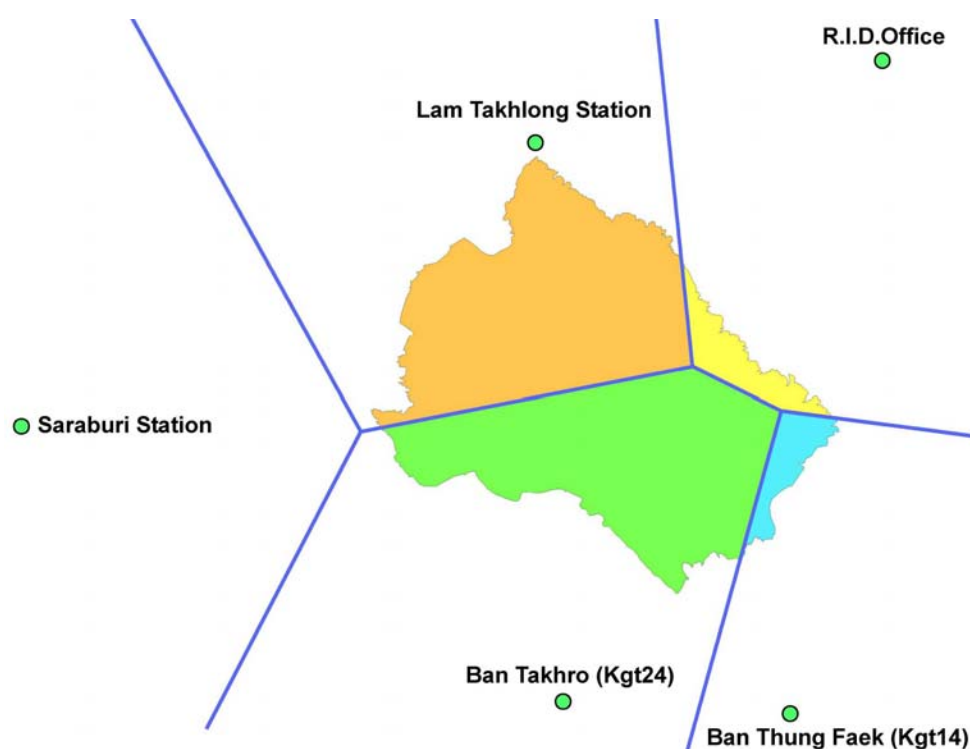
ตาราง 14 แสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของสถานีน้ำฝนบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา

Station	Latitude	Longitude	Northing	Easting	Record Period
Lam Prong Khunphet(E35)	15-45-00N	101-40-30E	1,742,795.696	786,979.225	1968-1984
Nakhon Ratchasima	14-58-10N	102-06-13E	1,656,979.999	834,185.246	1952-1984
R.I.D.Office	14-58-00N	102-00-35E	1,656,532.988	824,081.695	1957-1984
Lam Takhong(M368c)	14-52-06N	101-33-53E	1,645,045.270	776,309.468	1963-1984
Saraburi	14-31-35N	100-54-51E	1,606,504.549	706,601.050	1952-1984
Prachin Buri	14-03-00N	101-22-23E	1,554,241.538	756,611.706	1952-1980
A.Arangprathet	13-41-19N	102-30-21E	1,515,733.783	879,647.352	1952-1980

ตาราง 14 (ต่อ)

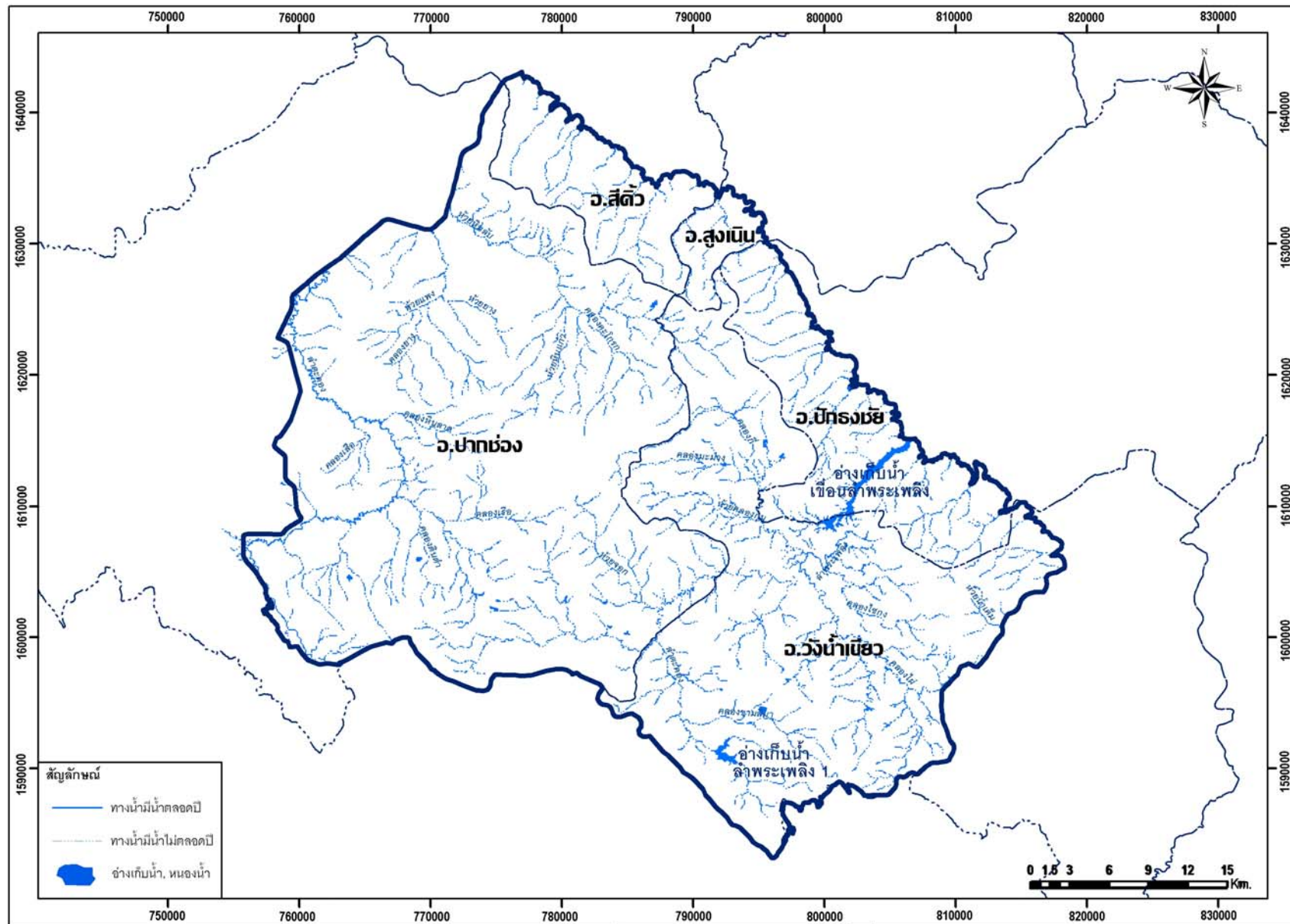
Station	Latttude	Longitude	Northing	Easting	Record Period
Ban Kaeng(Kgt12)	13-56-02N	101-58-41E	1,542,126.522	822,157.177	1970-1980
Ban Thung Faek(Kgt14)	14-09-30N	101-52-52E	1,566,847.741	811,369.395	1967-1980
Ban Kaeng Din So(Kgt14A)	14-03-46N	101-55-39E	1,556,329.625	816,513.114	1968-1980
Ban Takhro(Kgt24)	14-10-34N	101-35-30E	1,568,450.175	780,080.189	1972-1980

ที่มาของข้อมูล : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2531). *Rainfall Intensity-Duration Frequency Analysis for Various Regions of Thailand*. : 41-42, 66-67.

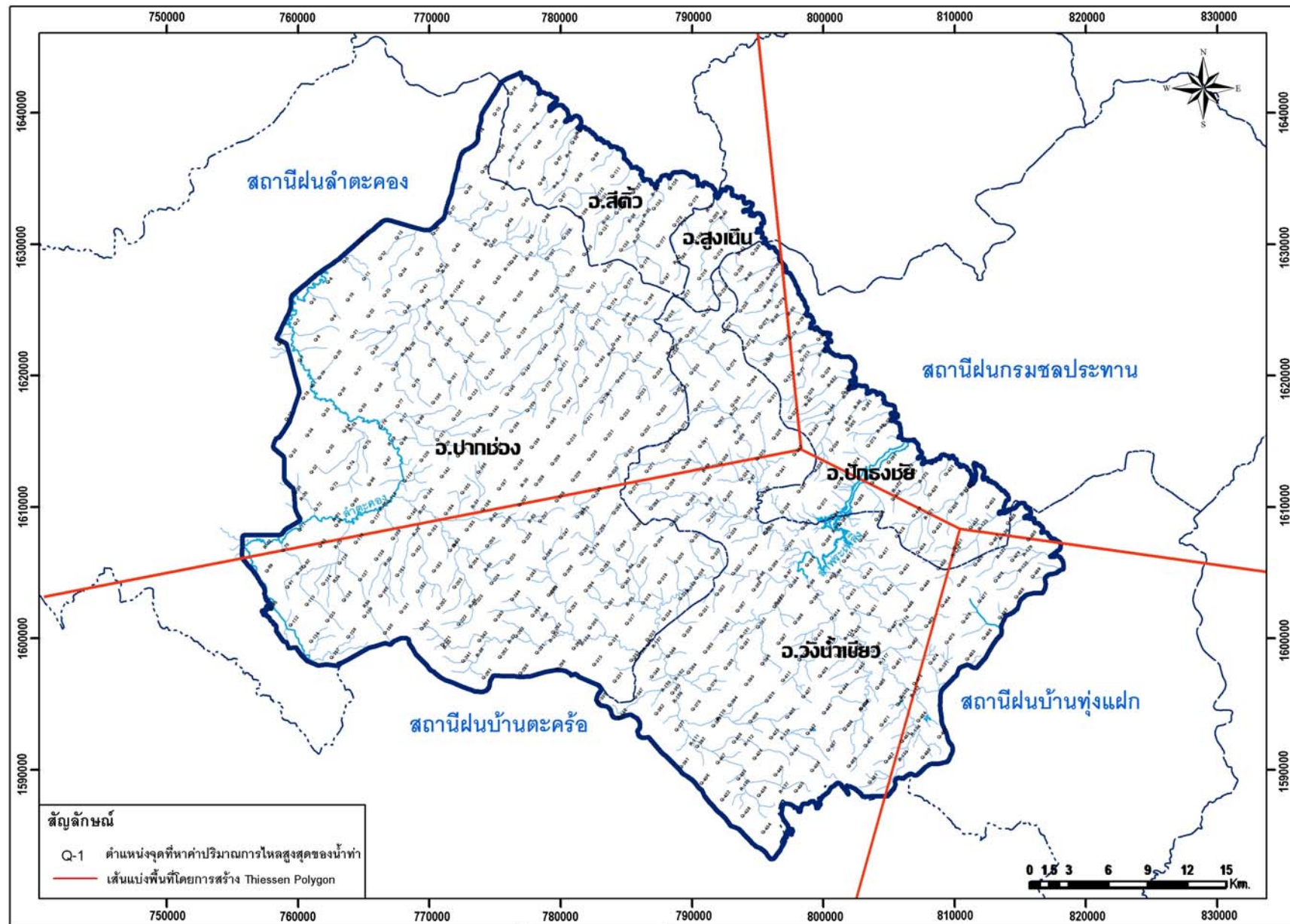


- ใช้ข้อมูลความเข้มฝนของสถานีน้ำฝนลำตะคอง (M38c) อำเภอสีคิ้ว จ.นครราชสีมา
- ใช้ข้อมูลความเข้มฝนของสถานีกรมชลประทาน อำเภอเมือง จ.นครราชสีมา
- ใช้ข้อมูลความเข้มฝนของสถานีน้ำฝนทุ่งแฝก (Kgt14) อำเภอกบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี
- ใช้ข้อมูลความเข้มฝนของสถานีน้ำฝนบ้านตะคร้อ (Kgt24) อำเภอประจันตคาม จ.ปราจีนบุรี

ภาพประกอบ 19 แสดงผลการแบ่งพื้นที่การใช้ค่าความเข้มฝนของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 20 แผนที่แสดงสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา

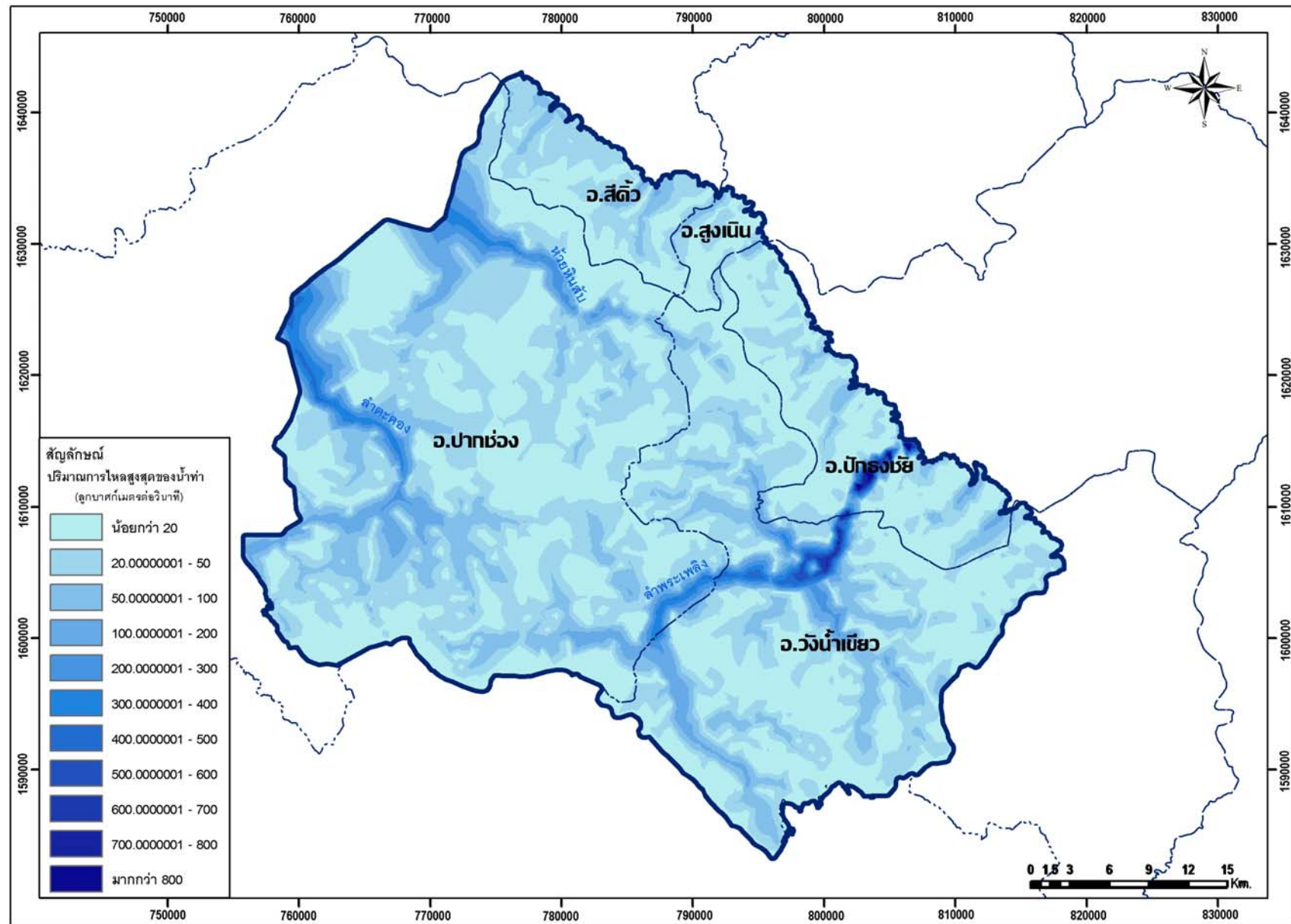


ภาพประกอบ 21 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดที่คำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า

ในการคำนวณค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (รายการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข) โดยการกำหนดจุดที่ต้องการหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าทุก 2 กิโลเมตร ทั้งหมด 490 จุด และเพิ่มจุดที่เป็นทางน้ำอีก 140 จุด ดังแสดงในภาพประกอบ 21 จุดที่ใช้ค่าความเข้มฝนของสถานีฝนลำตะคองมี 290 จุด จุดที่ใช้ค่าความเข้มฝนของสถานีกรมชลประทานมี 44 จุด จุดที่ใช้ค่าความเข้มฝนของสถานีฝนทุ่งแฝก 29 จุด และจุดที่ใช้ค่าความเข้มฝนของสถานีฝนบ้านตะคร้อ 267 จุด ผลการคำนวณค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า พบว่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าในพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นพื้นที่ 874 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 43.67 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความลาดชันสูง รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าระหว่าง 20-50 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นพื้นที่ 683 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 34.17 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณเส้นทางน้ำสายย่อย ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าระหว่าง 50-100 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นพื้นที่ 254 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 12.69 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณเส้นทางน้ำสายรอง ดังแสดงในตาราง 15 และภาพประกอบ 22

ตาราง 15 แสดงปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา

ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
น้อยกว่า 20	874	43.67
20-50	683	34.17
50-100	254	12.69
100-200	104	5.21
200-300	42	2.09
300-400	26	1.32
400-500	9	0.44
500-600	4	0.20
600-700	3	0.13
700-800	1	0.05
มากกว่า 800	1	0.02
รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 22 แผนที่แสดงปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า

2.3 ผลการคำนวณทางชลศาสตร์ ในการพิจารณาเลือกชนิดและขนาดของอาคารระบายน้ำ ผู้ออกแบบต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมทั้งด้านเศรษฐศาสตร์และความสามารถในการระบายน้ำ โดยคำนวณหาค่า Required Opening Area = ปริมาณการไหลสูงสุด (Q) / ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (V) กรมทางหลวงได้กำหนดให้ ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.7 ถึง 2.0 เมตรต่อวินาที เพื่อไม่ให้เกิดการตกตะกอนในอาคารระบายน้ำจนทำให้เกิดการอุดตันหรือไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะจนทำความเสียหายต่ออาคารระบายน้ำ ในขั้นตอนการปฏิบัติจะกำหนดให้ค่าความเร็วเฉลี่ยของน้ำ (V) เท่ากับ 1.7 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้อาคารระบายน้ำรับน้ำได้น้อยที่สุดในมาตรฐานที่กำหนด และกำหนดให้พื้นที่หน้าตัดการระบายน้ำมีระดับเต็มท่อ สรุปได้ดังนี้

1. ท่อกลม เนื่องจากท่อกลมขนาดใหญ่ที่สุดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ดังนั้นท่อกลมมีความสามารถในการระบายน้ำได้ไม่เกิน $\pi \times 0.75^2 \times 1.7 = 3$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อท่อหนึ่งแถว แต่สามารถวางท่อได้ 3 แถวต่อ 1 แห่ง ดังนั้นท่อกลมจึงสามารถรับน้ำได้ $3 \times 3 = 9$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

2. ท่อเหลี่ยม ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด 3.60×3.60 เมตร ดังนั้นท่อเหลี่ยมมีความสามารถในการระบายน้ำได้ไม่เกิน $3.60 \times 3.60 \times 1.7 = 22$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อท่อหนึ่งช่อง และในทำนองเดียวกันกับท่อกลม ท่อเหลี่ยมสามารถก่อสร้างได้ 3 ช่องต่อ 1 แห่ง ดังนั้นท่อเหลี่ยมจึงสามารถรับน้ำได้ $22.03 \times 3 = 66$ ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที สามารถสรุปได้ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ผลการคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดกับชนิดของอาคารระบายน้ำ

ปริมาณการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	ชนิดอาคารระบายน้ำ
น้อยกว่า 3	-
3-9	ท่อกลม
9 - 66	ท่อเหลี่ยม
มากกว่า 66	สะพาน

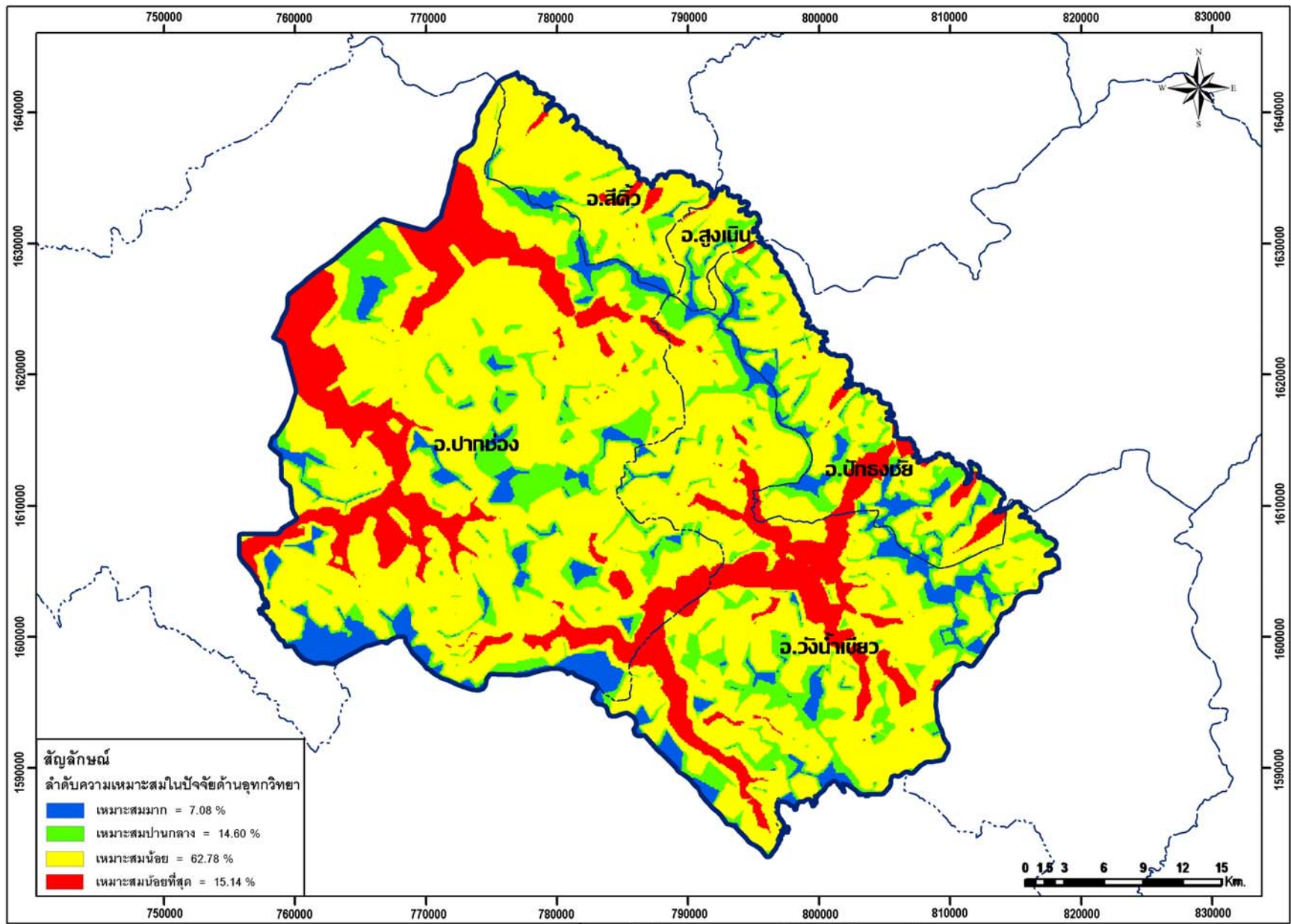
2.4 การจัดลำดับความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา ในการกำหนดชั้นความเหมาะสมทางด้านอุทกวิทยา สามารถนำค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่อาคารระบายน้ำชนิดนั้นรับได้มาเป็นตัวกำหนด เนื่องจากชนิดของอาคารระบายน้ำจะเป็นตัวกำหนดราคาก่อสร้าง ด้วยเหตุผลนี้ในการกำหนดชั้นความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา จึงแบ่งออกเป็น 3 ลำดับดังนี้

1. ปริมาณการไหลสูงสุด น้อยกว่า 3 = เหมาะสมมาก = 4 คะแนน
2. ปริมาณการไหลสูงสุด 3 – 9 = เหมาะสมปานกลาง = 3 คะแนน
3. ปริมาณการไหลสูงสุด 9 – 66 = เหมาะสมน้อย = 2 คะแนน
4. ปริมาณการไหลสูงสุด มากกว่า 66 = เหมาะสมน้อยที่สุด = 1 คะแนน

2.5 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านอุทกวิทยา ดังแสดงในตาราง 17 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 1,256 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 62.78 ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางจะกระจายอยู่ในพื้นที่เนิน คิดเป็นพื้นที่ 292 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 14.60 ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก จะอยู่บริเวณสันปันน้ำ คิดเป็นพื้นที่ 142 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 7.08 และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด จะอยู่บริเวณทางน้ำสายหลักคือลำตะคอง ลำพระเพลิง ห้วยหินสับและห้วยแพ่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 23

ตาราง 17 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านอุทกวิทยา

ปริมาณการไหลสูงสุด (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	ลำดับความ เหมาะสม	ค่า คะแนน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
น้อยกว่า 3	เหมาะสมมาก	4	142	7.08
3 - 9	เหมาะสมปานกลาง	3	292	14.60
9 - 66	เหมาะสมน้อย	2	1,256	62.78
มากกว่า 66	เหมาะสมน้อยที่สุด	1	311	15.54
รวม			2,000	100.00



ภาพประกอบ 23 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจุบันด้านอุทกวิทยา

3. ด้านธรณีวิทยา

ในการคัดเลือกแนวเส้นทางสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาคือสภาพธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่อให้แนวเส้นทางผ่านบริเวณหินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุด เพราะนอกจากจะทำให้อายุการใช้งานของเส้นทางคมนาคมยาวนานขึ้นแล้ว ยังมีส่วนช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและซ่อมแซมอีกด้วย จากข้อมูลธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาในระหว่าง ND47-8 พระนครศรีอยุธยา สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 สภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย ชุดหินโคราช, ชุดหินราชบุรี และหินอัคนี รายละเอียดมีดังนี้

1. ชุดหินโคราช (Khorat Group) โครงสร้างของชั้นหินมีลักษณะการสะสมตัวของตะกอนพื้นผิวดิน โดยมีช่วงอายุยุคจูแรสซิก (Jurassic) ถึงยุคครีเตเชียส (Cretaceous) ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายแป้ง หินทราย หินกรวดมน แทรกสลับกันเป็นชุดหนาๆ มีลักษณะเด่นคือ จะให้น้ำตาลแดงเกือบทั้งหมด บางที่เรียกว่า ชั้นหินตะกอนแดง (Red Bed) ความหนาของหมู่หินโคราชประมาณ 4,000 เมตร (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์ และชาญ ดันติสุกฤต. 2522 : 100)

ชุดหินโคราชที่พบในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยหน่วยหิน 4 หน่วย ดังนี้

หน่วยหินเสาขัว (Sao khua Formation) ประกอบด้วยชั้นหินทรายแป้ง หินโคลนและหินกรวดมนปนทราย มีชั้นหินค่อนข้างหนา หวดหินนี้มีประมาณ 512 เมตร

หน่วยหินพระวิหาร (Pra Wihan Formation) ประกอบด้วยหินทรายเนื้อควอตซ์สีขาว มีชั้นบาง ๆ ของหินทรายแป้งสีเทาดำแทรก หวดหินนี้มีความหนาประมาณ 56-136 เมตร

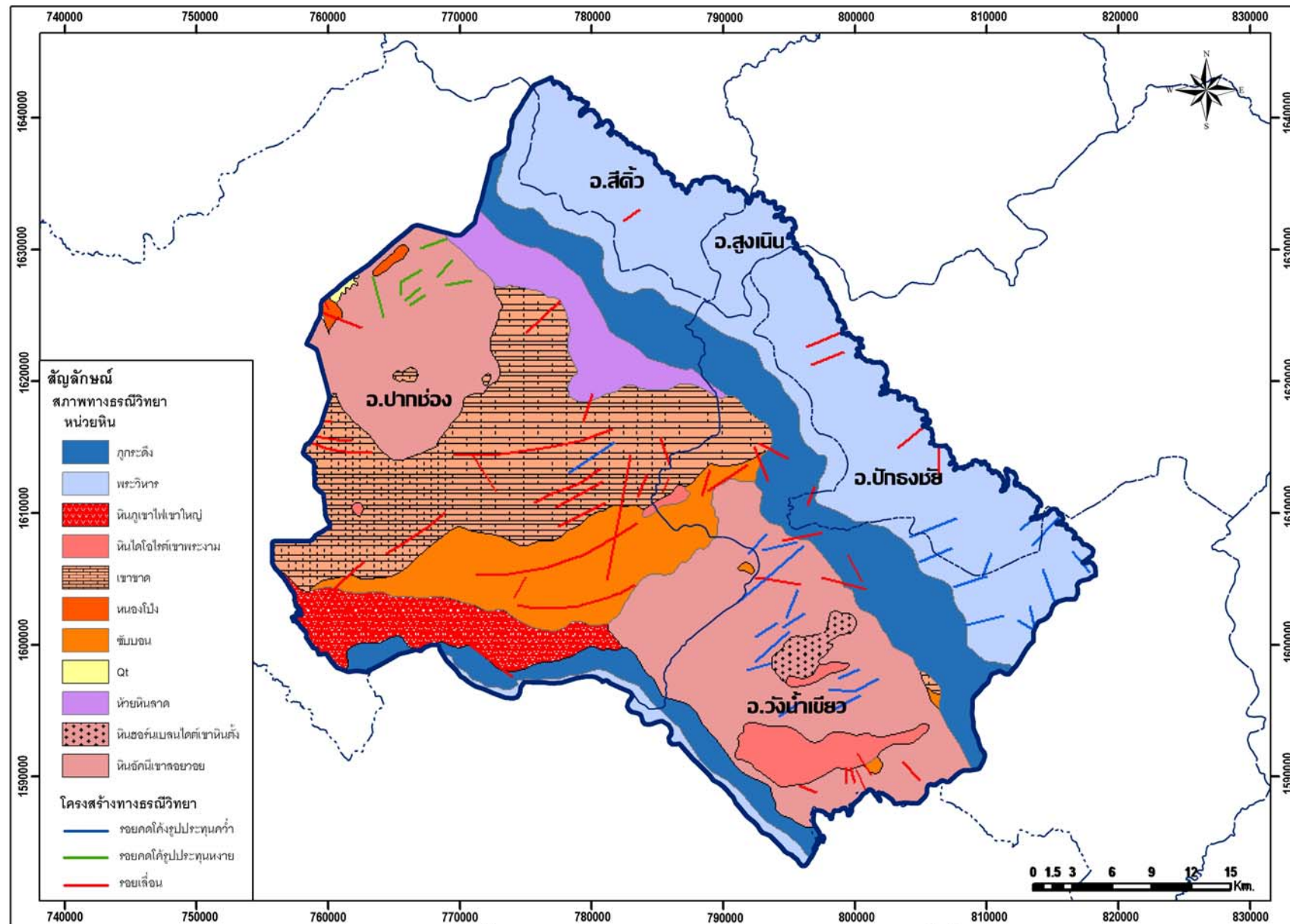
หน่วยหินภูกระดึง (Phu Kradung Formation) ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทรายสีเทาอมเขียว หินโคลน และหินกรวดมนเนื้อปูนผสม หวดหินนี้มีความหนาประมาณ 1,001 เมตร

หน่วยห้วยหินลาด (Huai Hin Lat Formation) ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดานสีเทา

2. หมู่หินราชบุรียุคเพอร์เมียน (The Rat Buri Group of Permian) หมู่หินราชบุรีประกอบด้วยชั้นหินปูน (Limestone) สีเทา - ขาว เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่สุดของหมู่หินนี้ (ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์ และชาญ ดันติสุกฤต. 2522 : 97)

ชุดหินราชบุรีที่พบในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยหน่วยหิน 3 หน่วย ดังนี้

หน่วยหินซับบอน (Sap Bon Formation) ประกอบด้วยหินดินดานสลับกับหินทรายแป้ง รวมทั้งหินทรายเล็กน้อย บางแห่งหินอาจแปรสภาพไปเป็นหินชนวน หินฟิไลต์และหินชีสต์



หน่วยหินเขาขาด (Khao Khad Formation) ประกอบด้วยหินปูนสีขาวเทา เกิดเป็นชั้นบาง ๆ ถึงหนามากและไม่เป็นชั้นก็มี บางแห่งลักษณะเป็นเนื้อดิน โดยมากมักมีชั้นหินเชิร์ตแทรกอยู่ทั่วไป และบางแห่งเป็นหินโดโลไมต์

หน่วยหินปางอโศก (Pang Asok Formation) ประกอบด้วยหินดินดาน หินดินดานกึ่งหินชนวน และหินชนวนชั้นบาง มีชั้นหินทรายและหินปูนแทรกเป็นกระเปาะบ้าง

หน่วยหินหนองโป่ง (Nong Pong Formation) ประกอบด้วยหินดินดาน สลับหินปูน บางช่วงหินดินดานมีจำนวนชั้นหนากว่าหินปูน บางช่วงหินปูนกลับมีจำนวนชั้นหนากว่าดินดาน

3. หินอัคนี

หินอัคนี เขาซอยวอย (Soi Woi Intrusives) ประกอบด้วย หินอัคนีที่แยกประเภทไม่ได้ ประกอบด้วยหินแกรนิตไดออไรต์ หินฮอร์นเบลนด์แกรนิต หินไบโอไทต์แกรนิต หินควอร์ตซ์มอนโซไนต์

หินฮอร์นเบลนด์ไดต์ เขาหินตั้ง (Hin Tang Hornblendite) เป็นฮอร์นเบลนด์ไดต์ ชนิดเนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ

หินภูเขาไฟเขาใหญ่ (Khao Yai Volcanics) เป็นหินภูเขาไฟที่แยกประเภทไม่ได้ ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินแทฟฟีชนิดที่มีส่วนประกอบของหินไรโอไลต์และหินแอนดีไซต์ กับหินกรวดภูเขาไฟและหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ

หินไดออไรต์ เขาพระงาม (Phra Ngam Diorite) เป็นหินไดออไรต์และหินฮอร์นเบลนด์ไดออไรต์

จากตาราง 18 และภาพประกอบ 24 หน่วยหินที่พบบ่อยที่สุดในพื้นที่คือหน่วยหินพระวิหาร ซึ่งพบเทือกเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ในเขต อำเภอปักธงชัย อำเภอสูงเนิน และอำเภอสีคิ้ว คิดเป็นพื้นที่ 516.93 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 25.84 รองลงมาจะเป็น หินอัคนี เขาซอยวอย ซึ่งจะพบในพื้นที่ ต.หนองสาหร่าย และ ต.ขวงพระ อำเภอปากช่อง และ ต.วังหมี ต.วังกะทะ ต.ระเริง และต.วังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว คิดเป็นพื้นที่ 467.69 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 23.38 และหน่วยหินเขาขาด ส่วนใหญ่พบใน ต.หมูสี ต.ขวงพระ และ ต.วังกะทะ อำเภอปากช่อง คิดเป็นพื้นที่ 360.36 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 18.02

ตาราง 18 แสดงหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา

หน่วยหิน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
พระวิหาร	516.93	25.84
หินอัคนี เขาซอยวอย	467.69	23.38
เขาขาด	360.36	18.02

ตาราง 18 (ต่อ)

หน่วยหิน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
ภูกระดึง	279.56	13.98
ซับบอน	153.89	7.69
หินภูเขาไฟเขาใหญ่	84.73	4.24
ห้วยหินลาด	70.28	3.50
หินไดโอล์ต์ เขาพระงาม	44.10	2.20
หินฮอร์นเบลนไตร์เขาหินตั้ง	14.32	0.72
หนองโป่ง	4.56	0.23
ปางอโศก	4.03	0.20
เสาขัว	0.06	0.00
รวม	2,000	100.00

3.2 โครงสร้างทางธรณีวิทยา ในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย แนวคดโค้งรูปประทุนหงาย แนวคดโค้งรูปประทุนคว่ำ และแนวรอยเลื่อน ดังแสดงในภาพประกอบ 24 และตาราง 19 รายละเอียดมีดังนี้

- 1. แนวคดโค้งรูปประทุนหงาย** จำนวน 7 แนว มีระยะทางรวม 14.70 กิโลเมตร ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ อำเภอปากช่อง
- 2. แนวคดโค้งรูปประทุนคว่ำ** จำนวน 26 แนว มีระยะทางรวม 69.71 กิโลเมตร ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ อำเภอวังน้ำเขียว
- 3. แนวรอยเลื่อน** จำนวน 46 แนว มีระยะทางรวม 199.54 กิโลเมตร กระจายอยู่ในพื้นที่ อำเภอปากช่องและ อำเภอวังน้ำเขียว

ตาราง 19 แสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่พบในพื้นที่ศึกษา

โครงสร้างทางธรณีวิทยา	จำนวน	ระยะทาง(กิโลเมตร)
รอยคดโค้งรูปประทุนหงาย	7 แนว	14.70
รอยคดโค้งรูปประทุนคว่ำ	25 แนว	69.71
แนวรอยเลื่อน	46 แนว	199.54
รวม	78 แนว	269.25

การศึกษาครั้งนี้ใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาถึงสภาพทางธรณีของหน่วยหิน ในเรื่อง กำลังวัสดุและความพรุนของหิน ส่วนการพิจารณาโครงสร้างทางธรณีวิทยาจะให้ความสำคัญเฉพาะ โครงสร้างที่เป็นแนวรอยเลื่อนเท่านั้น

3.3 การจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยาโดยใช้กำลังวัสดุของหิน

ตาราง 20 การจำแนกประเภทของหินอินแทคโดยอาศัยกำลังวัสดุ
(Deere and Miller. 1966)

กลุ่ม	ชื่อของกลุ่ม	กำลังวัสดุอัดแกนเดียว		หินที่พบ
		psi	MN/m ²	
ก	กำลังวัสดุสูงมาก	มากกว่า 32,000	มากกว่า 220	ควอร์ตไซต์ ไดอะเบส หินอัคนี หินแปรบางชนิด
ข	กำลังวัสดุสูง	16,000-32,000	110-220	หินทราย หินดินดานที่จับยึดแน่น หินปูน หินโดโลไมต์
ค	กำลังวัสดุปานกลาง	8,000-16,000	55-110	หินดินดานส่วนใหญ่ หินตะกอน ที่มีรูพรุนสูง หินชีสต์
ง	กำลังวัสดุดำ	4,000-8,000	28-55	หินทรายที่จับยึดหลวม หินทัฟฟ์
จ	กำลังวัสดุดำมาก	น้อยกว่า 4,000	น้อยกว่า 28	หินดินดานที่มีแร่ดินเหนียวสูง หินที่มีการแปรเปลี่ยนทางเคมี

ที่มา : สง่า ตั้งชวล. (2537). ธรณีวิศวกรรมขั้นพื้นฐาน. : 149.

เมื่อใช้เกณฑ์การจำแนกหินโดยใช้กำลังวัสดุ ดังแสดงในตาราง 20 สามารถจัดลำดับความเหมาะสมได้ 3 ลำดับตามกลุ่มกำลังวัสดุ เนื่องจากไม่พบหินที่มีกำลังวัสดุดำและหินที่มีกำลังวัสดุดำมากในพื้นที่ศึกษา การจัดลำดับความเหมาะสมมีดังนี้

1. กำลังวัสดุสูงมาก = เหมาะสมมากที่สุด = 4 คะแนน ได้แก่ หินอัคนีเขา
สอยวอย, หินฮอร์นเบลนไดร์เขาหินตั้ง, หินภูเขาไฟเขาใหญ่และหินไดโอไรต์เขาพระงาม

2. กำลังวัสดุสูง = เหมาะสมมาก = 3 คะแนน ได้แก่ หน่วยหิน
พระวิหาร, หน่วยหินเขาขาด, หน่วยหินห้วยหินลาดและหน่วยหินหนองโป่ง

3. กำลังวัสดุปานกลาง = เหมาะสมปานกลาง = 2 คะแนน ได้แก่ หน่วยหิน
เสาขัว, หน่วยหินภูกระดึง, หน่วยหินซับบอนและหน่วยหินปางอโศก

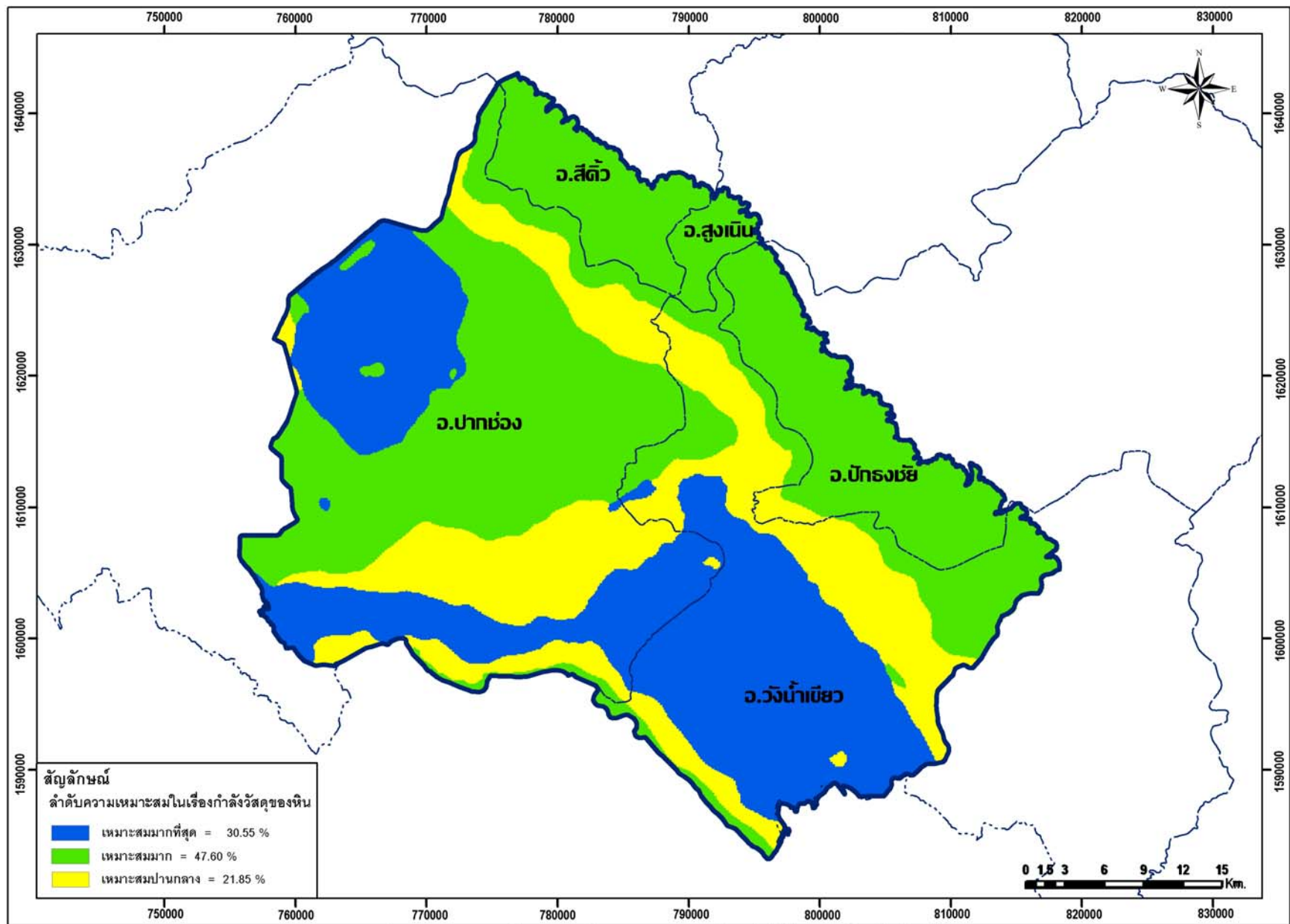
ตาราง 21 แสดงความเหมาะสมตามหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับกำลังวัสดุ

หน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา	ประเภทหิน	ความเหมาะสม
เสาข้าว	หินทรายแป้ง หินโคลนและหินกรวดมนปนทราย	เหมาะสมปานกลาง
พระวิหาร	หินทราย	เหมาะสมมาก
ภูกระดึง	หินทรายแป้ง หินทราย หินโคลน หินกรวดมนเนื้อปูนผสม	เหมาะสมปานกลาง
ห้วยหินลาด	หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน	เหมาะสมมาก
ชัยบอน	หินดินดานสลับหินทรายแป้ง	เหมาะสมปานกลาง
เขาขาด	หินปูน	เหมาะสมมาก
ปางอโศก	หินดินดาน	เหมาะสมปานกลาง
หนองโป่ง	หินดินดานสลับหินปูน	เหมาะสมมาก
หินอัคนีเขาสอยวอย	แกรโนไดโอไรต์ หินฮอร์นเบลนแกรนิต	เหมาะสมมากที่สุด
หินฮอร์นเบลนไทรเซาหินตั้ง	หินฮอร์นเบลน	เหมาะสมมากที่สุด
หินภูเขาไฟเขาใหญ่	หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์	เหมาะสมมากที่สุด
หินไดโอไรต์เขาพระงาม	ไดโอไรต์	เหมาะสมมากที่สุด

3.4 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยาโดยใช้กำลังวัสดุของหิน ดังแสดงในตาราง 22 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมมาก คิดเป็นพื้นที่ 952 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.60 ซึ่งมีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินทราย พบในบริเวณภูเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ อยู่ในเขตอำเภอปักธงชัย อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน และบริเวณกลางพื้นที่ในเขตอำเภอปากช่อง ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เป็นบริเวณที่มีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินอัคนี อยู่ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่ายและตำบลชนงพระ อำเภอปากช่องและพื้นที่ตำบลวังหมีและตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว คิดเป็นพื้นที่ 611 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 30.56 ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง เป็นพื้นที่ที่มีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินดินดานและหินทรายแป้ง อยู่บริเวณที่ราบเชิงเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือและแนวตอนกลางของพื้นที่ คิดเป็นพื้นที่ 437 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 21.85 ดังแสดงในภาพประกอบ 25

ตาราง 22 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับกำลัง
วัสดุ

ลำดับความเหมาะสม	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของ พื้นที่
เหมาะสมมากที่สุด	611	30.56
เหมาะสมมาก	952	47.60
เหมาะสมปานกลาง	437	21.85
รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 25 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสมด้านกำลังวัสดุของหิน ในพื้นที่ศึกษา

3.5 การจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยาโดยใช้ความพรุนของหิน

ตาราง 23 แสดงค่าความพรุนและสัมประสิทธิ์ของความซาบซึมได้ของหิน

ชนิดของวัสดุ Type of Material	ความพรุน (%) Porosity (%)	สัมประสิทธิ์ของความซาบซึมได้ เมตร/วินาที
หินอัคนี (Igneous Rock)		
บะซอลต์ (Basalt)	1-3	10^{-7} ถึง 10^{-6}
ไดโอไรต์ (Diorite)	0.1-0.5	10^{-9} ถึง 10^{-7}
แกรนิต (Granite)	0.1-0.5	10^{-8} ถึง 10^{-7}
ไซอีไนต์ (Syenite)	1-4	10^{-7} ถึง 10^{-5}
หินตะกอน (Sedimentary Rock)		
หินโดโลไมต์ (Dolomite)	ไม่มีข้อมูล	10^{-11} ถึง 10^{-9}
หินปูน (Limestone)	5-15	10^{-6} ถึง 10^{-3}
หินทราย (Sandstone)	4-20	10^{-6} ถึง 10^{-4}
หินดินดาน (Shale)	5-20	10^{-6} ถึง 10^{-5}
หินแปร (Metamorphic Rock)		
หินไนส์ (Gneiss)	ไม่มีข้อมูล	10^{-6} ถึง 10^{-5}
หินอ่อน (Marble)	2-4	10^{-7} ถึง 10^{-6}
ควอร์ตไซต์ (Quartzite)	0.2-0.6	10^{-9} ถึง 10^{-7}
หินชีสต์ (Schist)	ไม่มีข้อมูล	10^{-7} ถึง 10^{-6}
หินชนวน (Slate)	0.1-1	10^{-9} ถึง 10^{-6}

ที่มา : สง่า ตั้งชาวล. (2537). ธรณีวิศวกรรมชั้นพื้นฐาน. : 285.

เมื่อใช้เกณฑ์การจำแนกหินโดยใช้ความพรุนของหินดังแสดง ในตาราง 23 สามารถจัดลำดับความเหมาะสมได้ 3 ลำดับตามค่าร้อยละของความพรุน ดังนี้

1. ค่าร้อยละของความพรุน น้อยกว่า 1 = เหมาะสมมาก = 3 คะแนน
2. ค่าร้อยละของความพรุน ระหว่าง 1-5 = เหมาะสมปานกลาง = 2 คะแนน
3. ค่าร้อยละของความพรุน มากกว่า 5 = เหมาะสมน้อย = 1 คะแนน

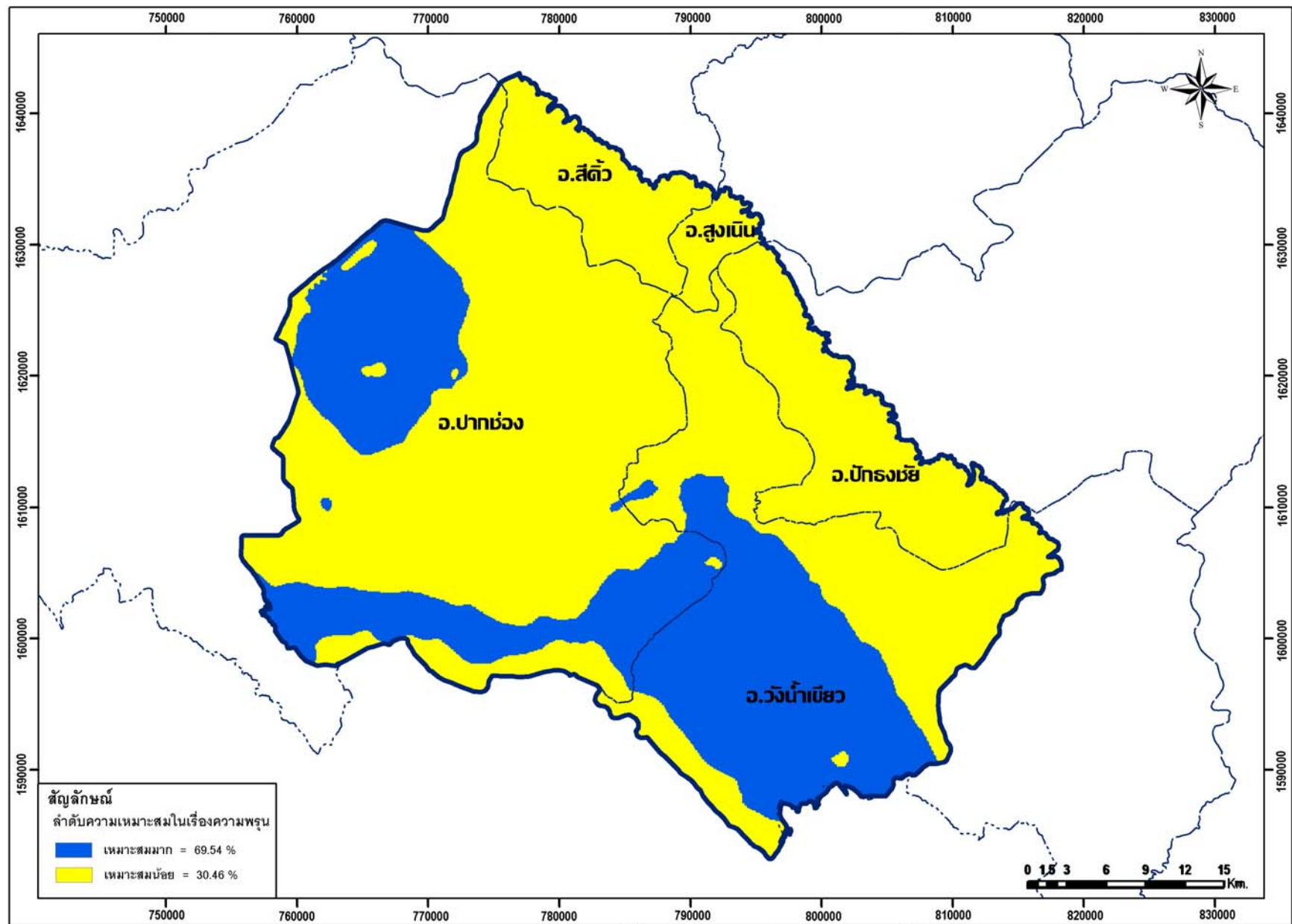
และสามารถจัดลำดับความเหมาะสมของหน่วยหินที่พบในพื้นที่ ได้ดังนี้

1. เหมาะสมมาก = 3 คะแนน ได้แก่ หินไดโอไรต์เขาพระงาม, หินอัคนีเขาสอยวอย, หินฮอร์นเบลนไตร์เขาหินตั้งและหินภูเขาไฟเขาใหญ่
2. เหมาะสมน้อย = 1 คะแนน ได้แก่ หน่วยหินเสาขัว, หน่วยหินพระวิหาร, หน่วยหินภูกระดึง, หน่วยหินชัยบอน, หน่วยหินเขาขาด, หน่วยหินปางอโศก, หน่วยหินห้วยหินลาดและหน่วยหินหนองโป่ง

ตาราง 24 แสดงความเหมาะสมของหน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับร้อยละของความพรุน

หน่วยหินที่พบในพื้นที่ศึกษา	ประเภทหิน	ความเหมาะสม
เสาข้าว	หินทรายแป้ง หินโคลนและหินกรวดมนปนทราย	เหมาะสมน้อย
พระวิหาร	หินทราย	เหมาะสมน้อย
ภูกระดึง	หินทรายแป้ง หินทราย หินโคลน หินกรวดมนเนื้อปูนผสม	เหมาะสมน้อย
ห้วยหินลาด	หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน	เหมาะสมน้อย
ซับบอน	หินดินดานสลับหินทรายแป้ง	เหมาะสมน้อย
เขาขาด	หินปูน	เหมาะสมน้อย
ปางอโศก	หินดินดาน	เหมาะสมน้อย
หนองโป่ง	หินดินดานสลับหินปูน	เหมาะสมน้อย
หินอัคนีเขาสอยวอย	แกรโนไดโอไรต์ หินฮอร์นเบลนแกรนิต	เหมาะสมมาก
หินฮอร์นเบลนใต้เขาหินตั้ง	หินฮอร์นเบลน	เหมาะสมมาก
หินภูเขาไฟเขาใหญ่	หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินทัฟฟ์	เหมาะสมมาก
หินไดโอไรต์เขาพระงาม	ไดโอไรต์	เหมาะสมมาก

3.6 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยาโดยใช้ความพรุนของหิน ดังแสดงในตาราง 25 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย เนื่องจากหินในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นหินทรายซึ่งมีค่าร้อยละของความพรุนมาก คิดเป็นพื้นที่ 1,391 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 69.54 อยู่บริเวณด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ในเขตอำเภอปักธงชัย อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนินและบริเวณกลางพื้นที่ในเขตอำเภอปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียวและตำบลหนองสาหร่าย ตำบลชนงพระ อำเภอปากช่อง คิดเป็นพื้นที่ 609 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 30.46 ดังแสดงในภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสมด้านความพรุนของหิน

ตาราง 25 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมของหน่วยพื้นที่พบในพื้นที่ศึกษาเมื่อเทียบกับความ
พูนของหิน

ลำดับความเหมาะสม	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
เหมาะสมมาก	609	30.46
เหมาะสมน้อย	1,391	69.54
รวม	2,000	100.00

3.7 การจัดลำดับความเหมาะสมของโครงสร้างทางธรณีวิทยาโดยใช้แนวรอยเลื่อน

จากโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาซึ่งประกอบด้วย แนวคดโค้งรูปประทุน
หงาย, แนวคดโค้งรูปประทุนคว่ำ และแนวรอยเลื่อน ที่แสดงไว้ในข้อ 3.2 โดยการศึกษาครั้งนี้จะ
พิจารณาเฉพาะแนวรอยเลื่อนเท่านั้น เนื่องจากถ้ามองรอยเลื่อนมีการเคลื่อนตัว แนวถนนที่ก่อสร้างไว้จะ
ถูกกระทบกระเทือน แรงเคลื่อนสามารถทำให้แนวถนนฉีกขาดออกจากกันได้ ดังนั้นในการ
กำหนดค่าคะแนนของโครงสร้างทางธรณีวิทยา จะกำหนดเพื่อนำค่าคะแนนไปลบออกจากค่าความ
เหมาะสมของสภาพทางธรณีวิทยาซึ่งประกอบด้วยกำลังวัสดุและความพูน โดยจะกำหนดให้แนว
รอยเลื่อนมีค่าคะแนน เท่ากับ 1 เท่านั้น เพราะแนวรอยเลื่อนที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษาเป็นแนวรอย
เลื่อนที่ไม่ใช่แนวรอยเลื่อนที่ยังมีพลัง (Active Fault) จึงไม่ส่งผลกับถนนมากนัก

3.8 การจัดลำดับความเหมาะสมด้านธรณีวิทยา โดยการนำค่าคะแนนของสภาพทาง
ธรณีวิทยาซึ่งประกอบด้วยกำลังวัสดุและความพูนมารวมกัน จากนั้นจะนำค่าคะแนนของโครงสร้าง
ทางธรณีวิทยามาลบออก โดยค่าคะแนนรวมสูงสุดเท่ากับ 7 คะแนน ค่าคะแนนรวมต่ำสุดเท่ากับ 2
คะแนน การจัดลำดับความเหมาะสมจะแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเท่ากัน คือ

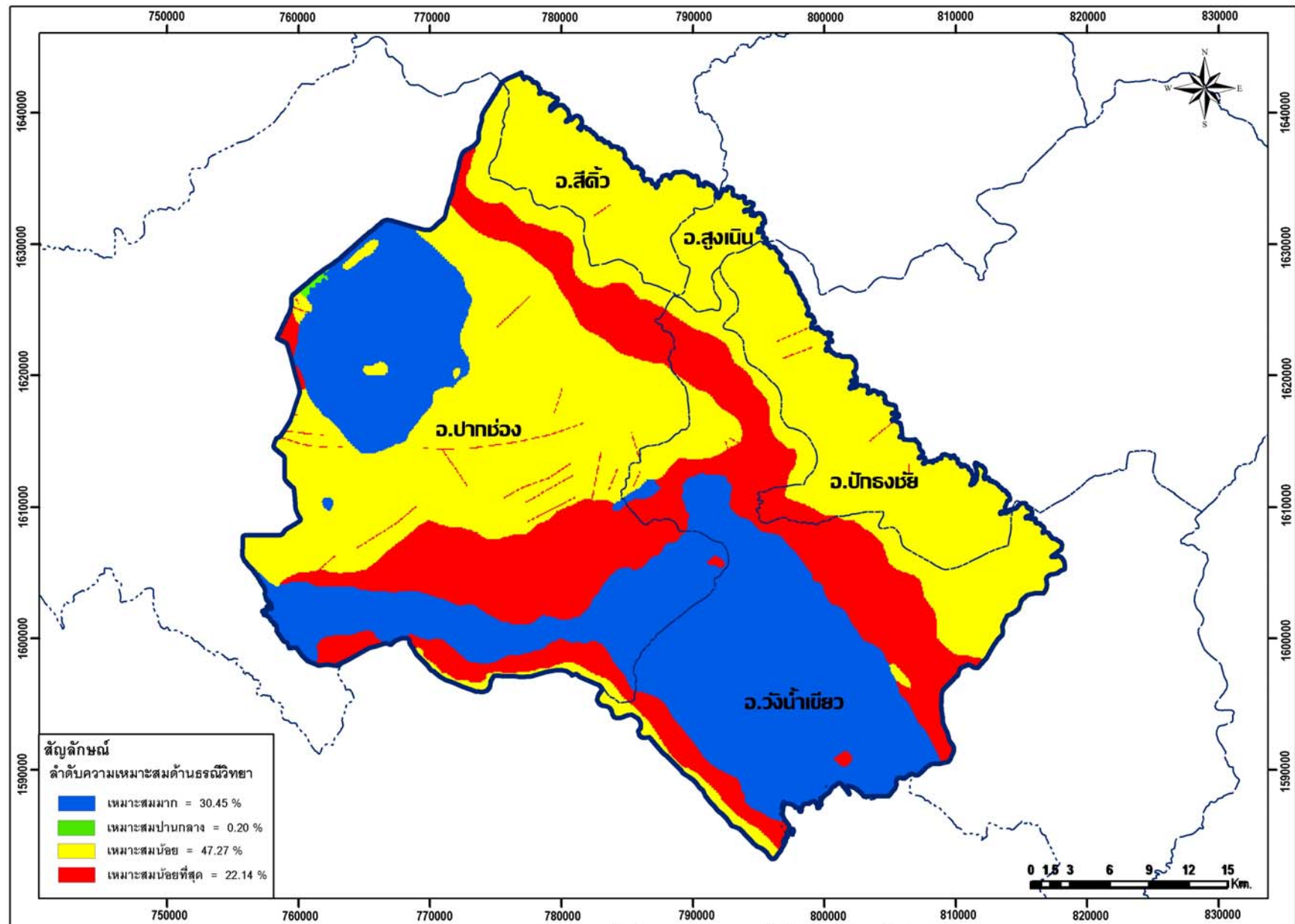
- | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----|-------|
| 1. ค่าคะแนนรวม 5.75 - 7 | = เหมาะสมมาก | = 4 | คะแนน |
| 2. ค่าคะแนนรวม 4.5 – 5.75 | = เหมาะสมปานกลาง | = 3 | คะแนน |
| 3. ค่าคะแนนรวม 3.25 – 4.5 | = เหมาะสมน้อย | = 2 | คะแนน |
| 4. ค่าคะแนนรวม 2 – 3.25 | = เหมาะสมน้อยที่สุด | = 1 | คะแนน |

3.9 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านธรณีวิทยา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความ
เหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 944 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.21 อยู่ในบริเวณภูเขาด้าน
ตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ในพื้นที่ อำเภอปักธงชัย อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนินและบริเวณกลาง
พื้นที่ในเขตตำบลวังกะทะ ตำบลขนางพระ ตำบลวังไทร ตำบลหมูสี ตำบลคลองม่วง อำเภอปากช่อง
พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก อยู่ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย ตำบลขนางพระ อำเภอปากช่อง และ
พื้นที่ตำบลวังหมี ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว คิดเป็นพื้นที่ 609 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ

30.45 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 4 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.20 และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด จะอยู่บริเวณเชิงเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่เป็นแถบลงมาบริเวณกลางพื้นที่มาถึงบริเวณเชิงเขาด้านตะวันตกเฉียงใต้ ในเขตตำบลหมูสี ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง คิดเป็นพื้นที่ 443 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 22.14 ดังแสดงในตาราง 26 และภาพประกอบ 27

ตาราง 26 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านธรณีวิทยา

ลำดับความเหมาะสม	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
เหมาะสมมาก	609	30.45
เหมาะสมปานกลาง	4	0.20
เหมาะสมน้อย	944	47.20
เหมาะสมน้อยที่สุด	443	22.14
รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 27 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านธรณีวิทยา

4. ด้านปฐพีวิทยา

ในการคัดเลือกแนวเส้นทาง สิ่งที่ต้องพิจารณาคือคุณสมบัติของดินคันทาง เพราะดินคันทางมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิประเทศ บางพื้นที่ดินคันทางมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมสูง สามารถรับน้ำหนักได้ดี ส่งผลให้ผิวทางแข็งแรงทนทาน ใช้งานได้นานปี มีค่าบำรุงรักษาต่ำ ถ้าดินคันทางมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำ จะสิ้นเปลืองค่าก่อสร้าง อายุการใช้งานจะสั้นและใช้งบประมาณค่าบำรุงรักษาสูงมาก

4.1 สภาพทางปฐพีวิทยาของพื้นที่ แบ่งตามสภาพภูมิประเทศโดยกรมพัฒนาที่ดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ดินในพื้นที่ราบต่ำและดินในพื้นที่ดอน

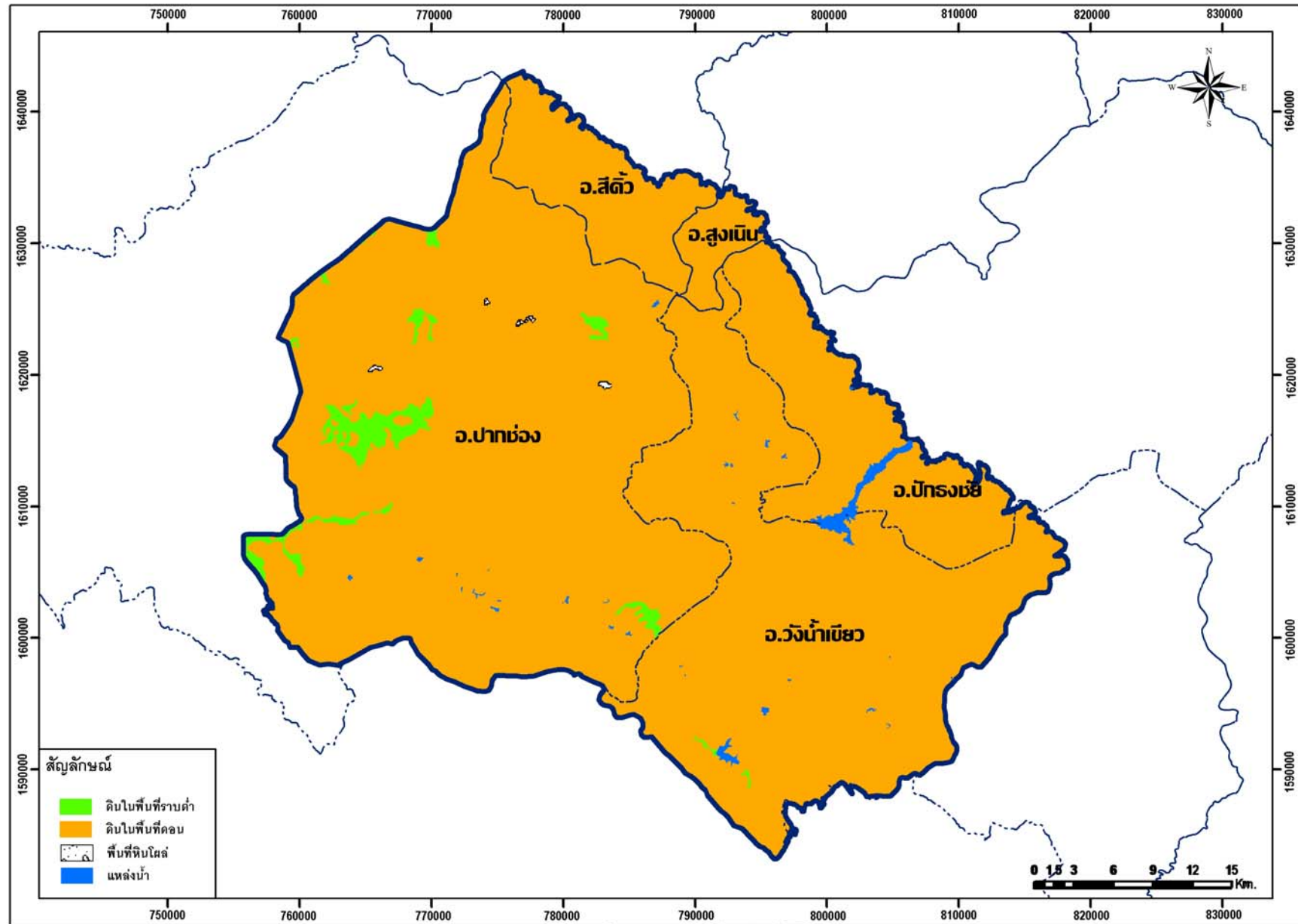
- ดินในพื้นที่ราบต่ำ เกิดจากตะกอนที่น้ำพัดพามาทับถม เป็นลานตะพักลำน้ำระดับต่ำและที่ราบท่วมถึง สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงเกือบราบเรียบ มีความลาดเทไม่เกิน 2 % ดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินที่ 1, 7, 17, 19, 25 และ 59

- ดินในพื้นที่ดอน เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินดินดาน หินปูน หินแกรนิต หินบะซอลต์ แอนดีไซต์ เป็นลานตะพักลำน้ำระดับกลางถึงสูงและพื้นที่ที่เหลื่อค้างจากการกร่อน (Erosion Surface) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินภูเขา ค่าความลาดเทอยู่ระหว่าง 2-20 % ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินที่ 28, 29, 31, 33, 35, 36, 38, 40, 41, 44, 46, 47, 48, 52, 55, 56, 61 และ 62

จากข้อมูลกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา พบว่าดินในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มดินที่พบในที่ดอน คิดเป็นพื้นที่ 1,961 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 98.05 ส่วนดินที่พบในที่ราบต่ำนั้น พบเพียง 31 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 1.53 ซึ่งพบบริเวณที่ราบของลำตะคอง ดังแสดงในตาราง 27 และภาพประกอบ 28

ตาราง 27 แสดงกลุ่มดินที่พบในพื้นที่ศึกษา แบ่งตามสภาพภูมิประเทศ

กลุ่มดิน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
ดินในพื้นที่ราบต่ำ	29.5	1.47
ดินในพื้นที่ดอน	1,961	98.05
พื้นที่หินโผล่	1	0.05
แหล่งน้ำ	8.5	0.43
รวม	2,000	100.00

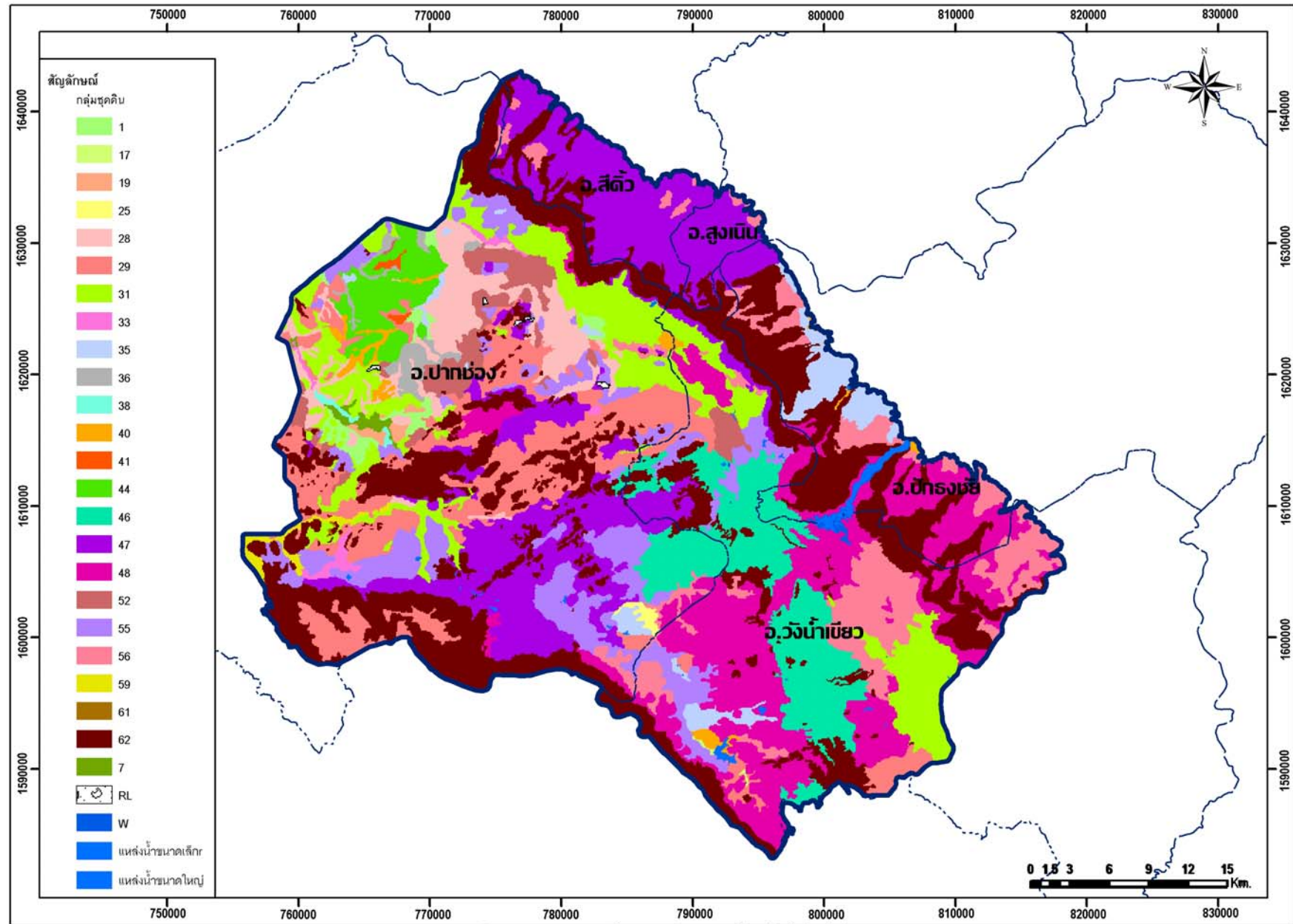


ภาพประกอบ 28 แผนที่แสดงกลุ่มดินที่พบในพื้นที่พื้นที่ศึกษา

4.2 กลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 24 กลุ่มชุดดิน (รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก) โดยกลุ่มชุดดินที่พบมากได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62, 47, 48, 29 และ 31 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่พบในที่ดอน พบมากบริเวณพื้นที่ที่ราบลอนคลื่นถึงเนินภูเขา ในเขตอำเภอปรางค์ชัย อำเภอสีคิ้วและอำเภอสองเนิน ตำบลโป่งตาลองและตำบลวังกะทะ อำเภอปากช่อง ตำบลวังหมี อำเภอวังน้ำเขียว ดังแสดงในตาราง 28 และภาพประกอบ 29

ตาราง 28 แสดงกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา

กลุ่มชุดดิน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็น % ของพื้นที่
1	15	0.76
7	5	0.24
17	1	0.05
19	4	0.20
25	3	0.15
28	74	3.69
29	179	8.96
31	167	8.36
33	8	0.39
35	44	2.21
36	15	0.74
38	2	0.11
40	15	0.75
41	2	0.11
44	41	2.06
46	138	6.89
47	282	14.11
48	251	12.52
52	48	2.39
55	136	6.79
56	123	6.16
59	7	0.37
61	0	0.01
62	431	21.56
พื้นที่หินโผล่	1	0.05
แหล่งน้ำ	7	0.43
รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 29 แผนที่แสดงกลุ่มชุดดินในพื้นที่พื้นที่ศึกษา

4.3 การจัดลำดับความเหมาะสมด้านปฐพีวิทยา จะใช้เกณฑ์จากการวินิจฉัยคุณภาพดินด้านปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย ที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน รายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ง ซึ่งได้แบ่งระดับความเหมาะสมของดินสำหรับการใช้เป็นเส้นทางแนวถนนไว้ 4 ระดับ ดังแสดงในตาราง 29

ตาราง 29 แสดงการจัดลำดับความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินเพื่อนำมาใช้เป็นเส้นทางแนวถนนโดยกรมพัฒนาที่ดิน

การใช้ประโยชน์	เหมาะสมดี	เหมาะสมปานกลาง	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง
การใช้เป็นเส้นทางแนวถนน	กลุ่มชุดดินที่ 34 35, 39, 40, 42 43, 44, 45, 46 และ 56	กลุ่มชุดดินที่ 19 24, 32, 33, 36 38, 47, 48, 49 50 และ 53	กลุ่มชุดดินที่ 4 5, 6, 7, 8, 15 16, 17, 18, 20 21, 22, 25, 26 27, 28, 29, 30 31, 51, 52, 54 และ 55	กลุ่มชุดดินที่ 1 2, 3, 9, 10 11, 12, 13, 14 57 และ 58

เมื่อนำการจัดลำดับจากตาราง 29 มาจัดลำดับความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา จะได้ผลดังแสดงในตาราง 30

ตาราง 30 แสดงการจัดลำดับความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา

กลุ่มชุดดิน	ลำดับความเหมาะสม
กลุ่มชุดดินที่ 35,40,44,46,56	เหมาะสมมาก
กลุ่มชุดดินที่ 19,33,36,38,41,47,48	เหมาะสมปานกลาง
กลุ่มชุดดินที่ 7,17,25,28,29,31,52,55,56	เหมาะสมน้อย
กลุ่มชุดดินที่ 1, 59,61,62	เหมาะสมน้อยที่สุด

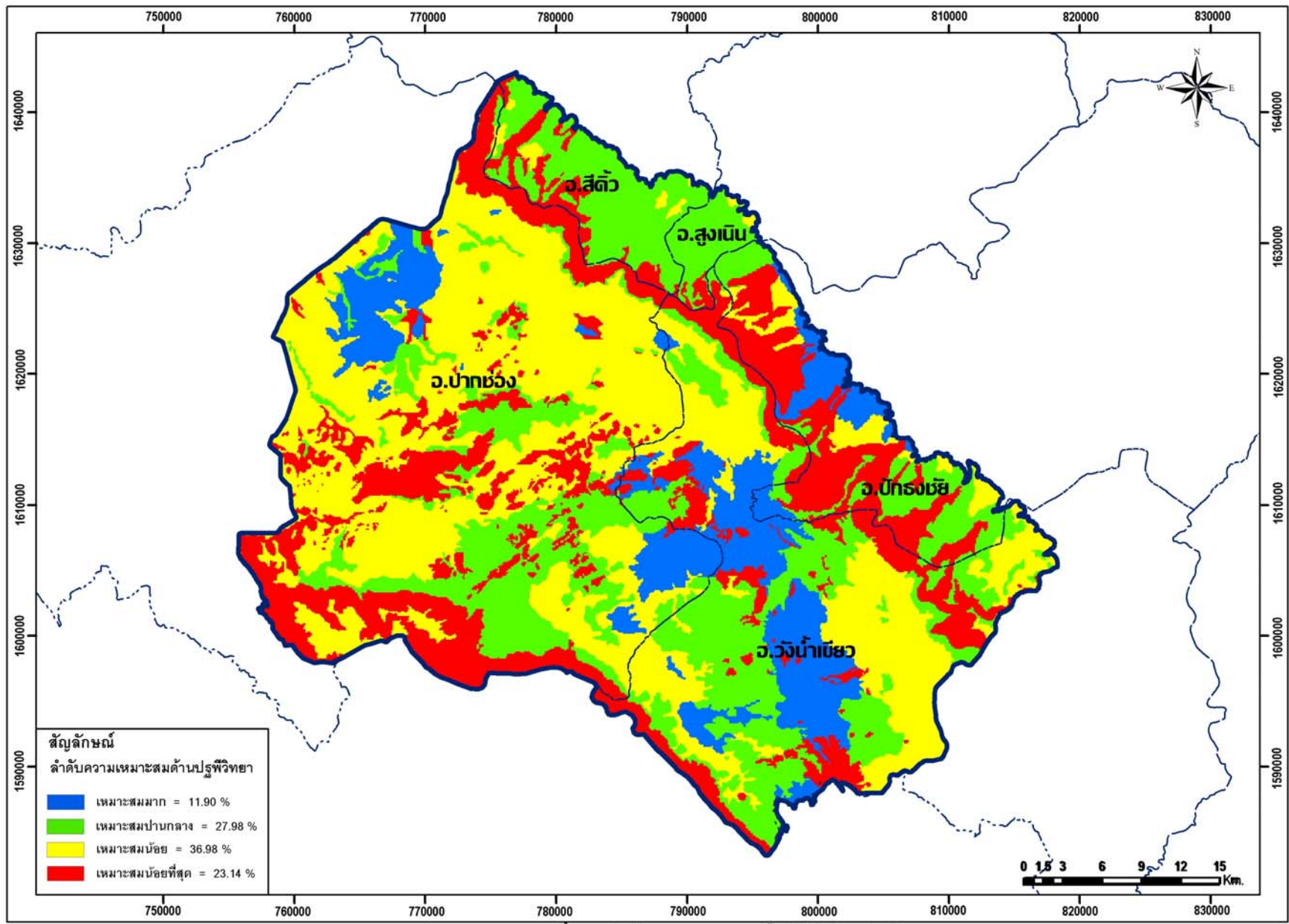
ดังนั้นการกำหนดค่าความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา สามารถจัดลำดับความเหมาะสมได้ 4 ระดับ ดังนี้

1. กลุ่มชุดดินที่ 35, 40, 44, 46 = เหมาะสมมาก = 4 คะแนน
2. กลุ่มชุดดินที่ 19, 33, 36, 38, 41, 47, 48 = เหมาะสมปานกลาง = 3 คะแนน
3. กลุ่มชุดดินที่ 7, 17, 25, 28, 29, 31, 52, 55 = เหมาะสมน้อย = 2 คะแนน
4. กลุ่มชุดดินที่ 1, 59, 61, 62 = เหมาะสมน้อยที่สุด = 1 คะแนน

4.4 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านปฐพีวิทยา ดังแสดงในตาราง 31 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 740 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 36.98 เป็นดินในกลุ่ม CL, CH ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแข็ง ศักยภาพการยึดและหดตัวสูง การระบายน้ำไม่ดี ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ อำเภอปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง เป็นดินในกลุ่ม ML ซึ่งเป็นทรายแข็ง ศักยภาพการยึดและหดตัวปานกลาง การระบายน้ำไม่ดี คิดเป็นพื้นที่ 560 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 27.98 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 463 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 23.14 ซึ่งเป็นดินที่มีปริมาณหินพื้นผิวอยู่บนดินจำนวนมาก พบในบริเวณภูเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือและภูเขาด้านตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก คิดเป็นพื้นที่ 238 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 11.90 เป็นดินในกลุ่ม SW, SP และ SM ซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย ศักยภาพการยึดและหดตัวต่ำ การระบายน้ำดี ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ อำเภอวังน้ำเขียว และตำบลหนองสรวง อำเภอปากช่อง ดังแสดงในภาพประกอบ 30

ตาราง 31 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านปฐพีวิทยา

ลำดับความเหมาะสม	ค่าคะแนน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
เหมาะสมมาก	4	238	11.90
เหมาะสมปานกลาง	3	560	27.98
เหมาะสมน้อย	2	740	36.98
เหมาะสมน้อยที่สุด	1	463	23.14
	รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 30 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านปฐพีวิทยา

5. ด้านการใช้ที่ดิน

ในการคัดเลือกแนวเส้นทาง สิ่งที่ต้องพิจารณาคือเรื่องราคาที่ดิน เนื่องจากการตัดเส้นทางเข้าใกล้ชุมชนหรือเข้าไปในชุมชนจะพบปัญหาเรื่องที่ดินมีราคาสูง หรือถ้าแนวเส้นทางตัดผ่านพื้นที่ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ดังแสดงในภาคผนวก จ) ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการดำเนินการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

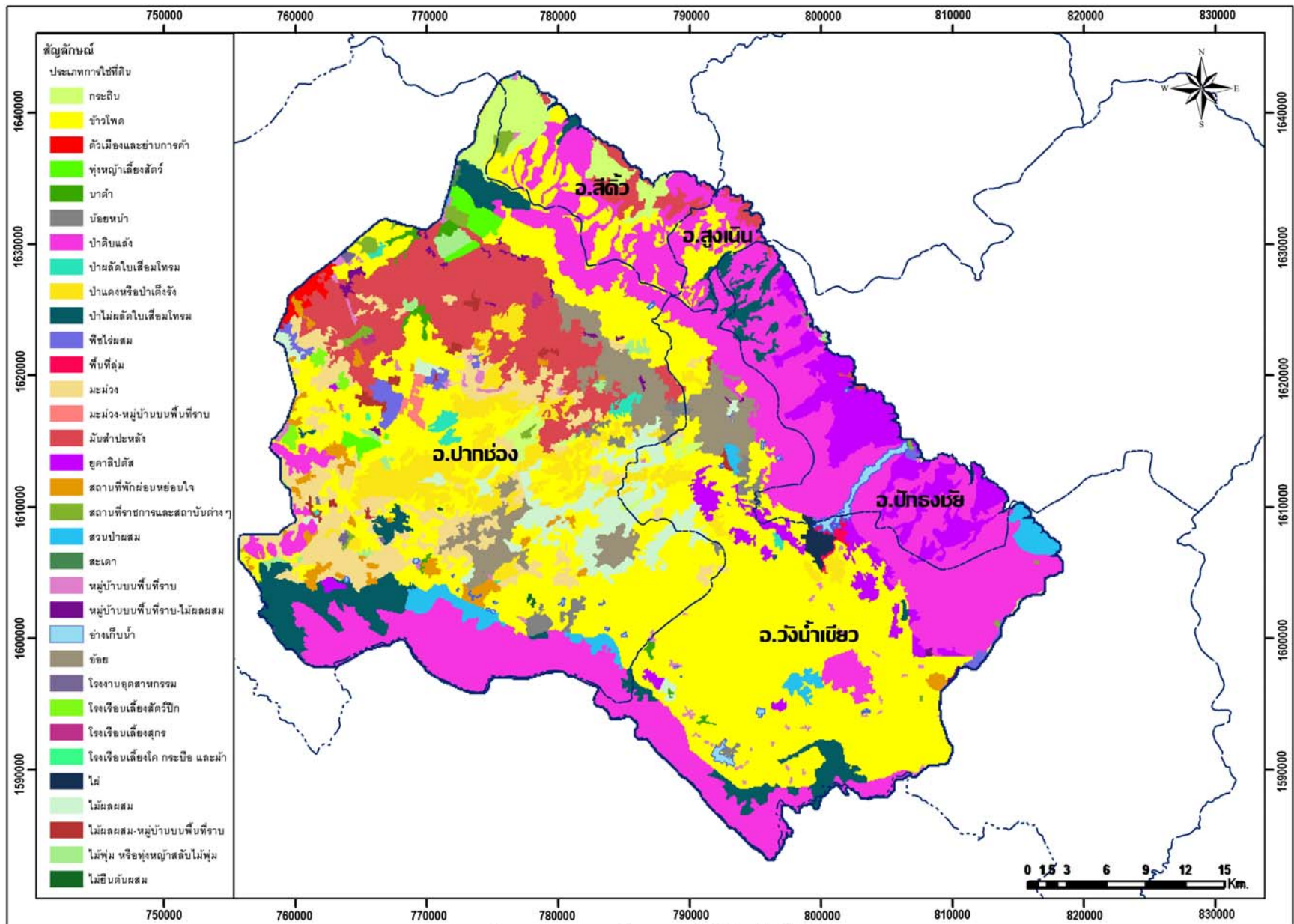
5.1 สภาพการใช้ที่ดิน ผลจากการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน และจากการแปลภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ Band 754 (ภาคผนวก ฉ) เพื่อปรับปรุงข้อมูลพื้นที่ชุมชนให้มีความทันสมัย พบว่าพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ใช้เพาะปลูกพืชไร่ ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ดังแสดงในภาพประกอบ 31 เมื่อนำข้อมูลการใช้ที่ดินมาจำแนกประเภทใหม่เพื่อแบ่งกลุ่มการใช้ประโยชน์ที่ดินให้ชัดเจนขึ้น ดังนี้

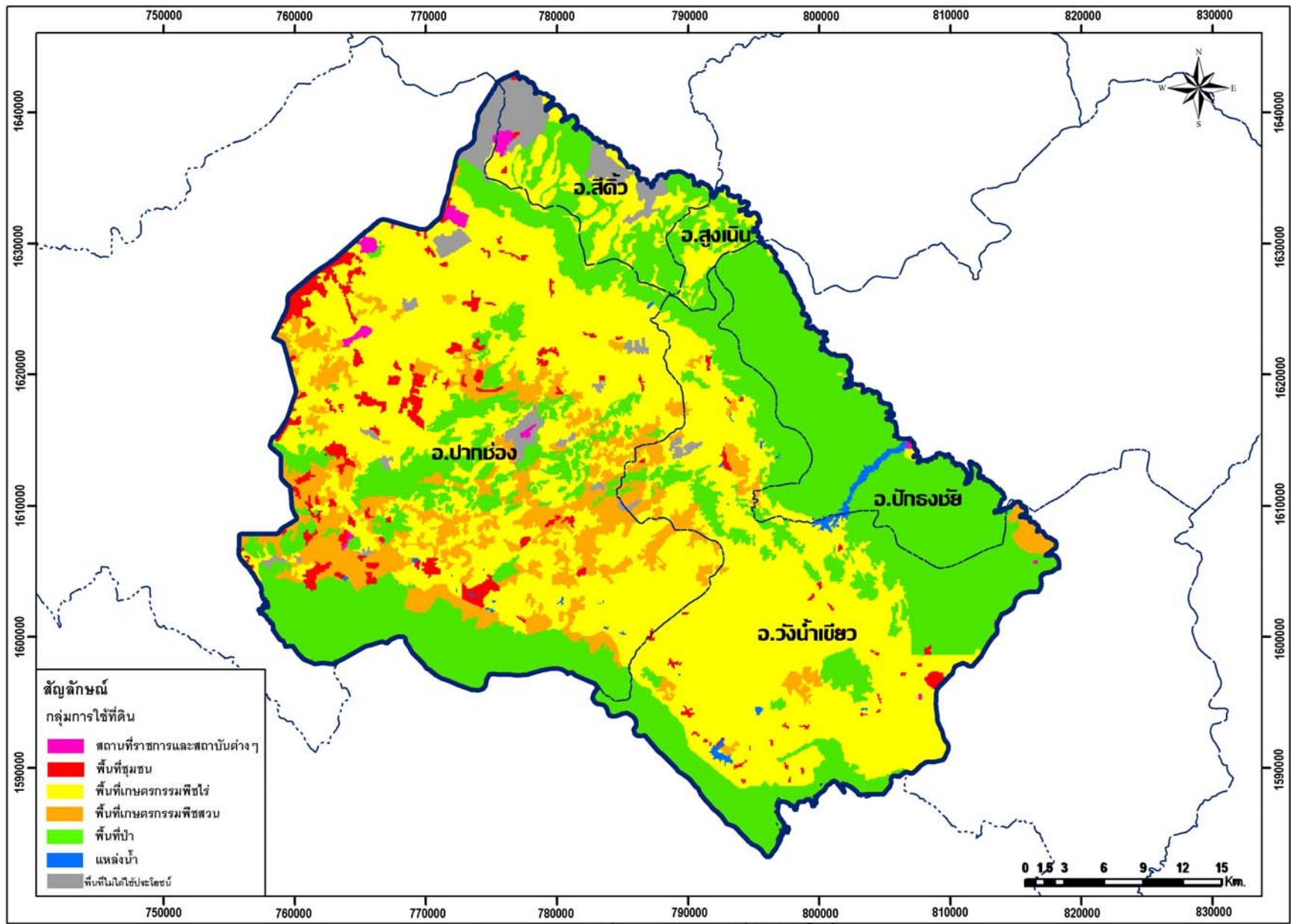
1. พื้นที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ
2. พื้นที่ชุมชน
3. พื้นที่เกษตรกรรมพืชไร่
4. พื้นที่เกษตรกรรมพืชสวน
5. พื้นที่ป่า
6. แหล่งน้ำ
7. พื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์

ผลการจำแนกการใช้ที่ดิน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมพืชไร่ คิดเป็นพื้นที่ 933.30 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 46.66 รองลงมาเป็นพื้นที่ป่า ซึ่งประกอบด้วยป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าแดงและป่าเสื่อมโทรม คิดเป็นพื้นที่ 745.36 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 37.25 ดังแสดงในตาราง 32 และ ภาพประกอบ 32

ตาราง 32 แสดงกลุ่มการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา

กลุ่มการใช้ที่ดิน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ	8.71	0.44
พื้นที่ชุมชน	53.06	2.65
พื้นที่เกษตรกรรมพืชไร่	933.63	46.67
พื้นที่เกษตรกรรมพืชสวน	197.19	9.86
พื้นที่ป่า	745.36	37.25
แหล่งน้ำ	8.50	0.43
พื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์	54.03	2.70
รวม	2,000	100.00



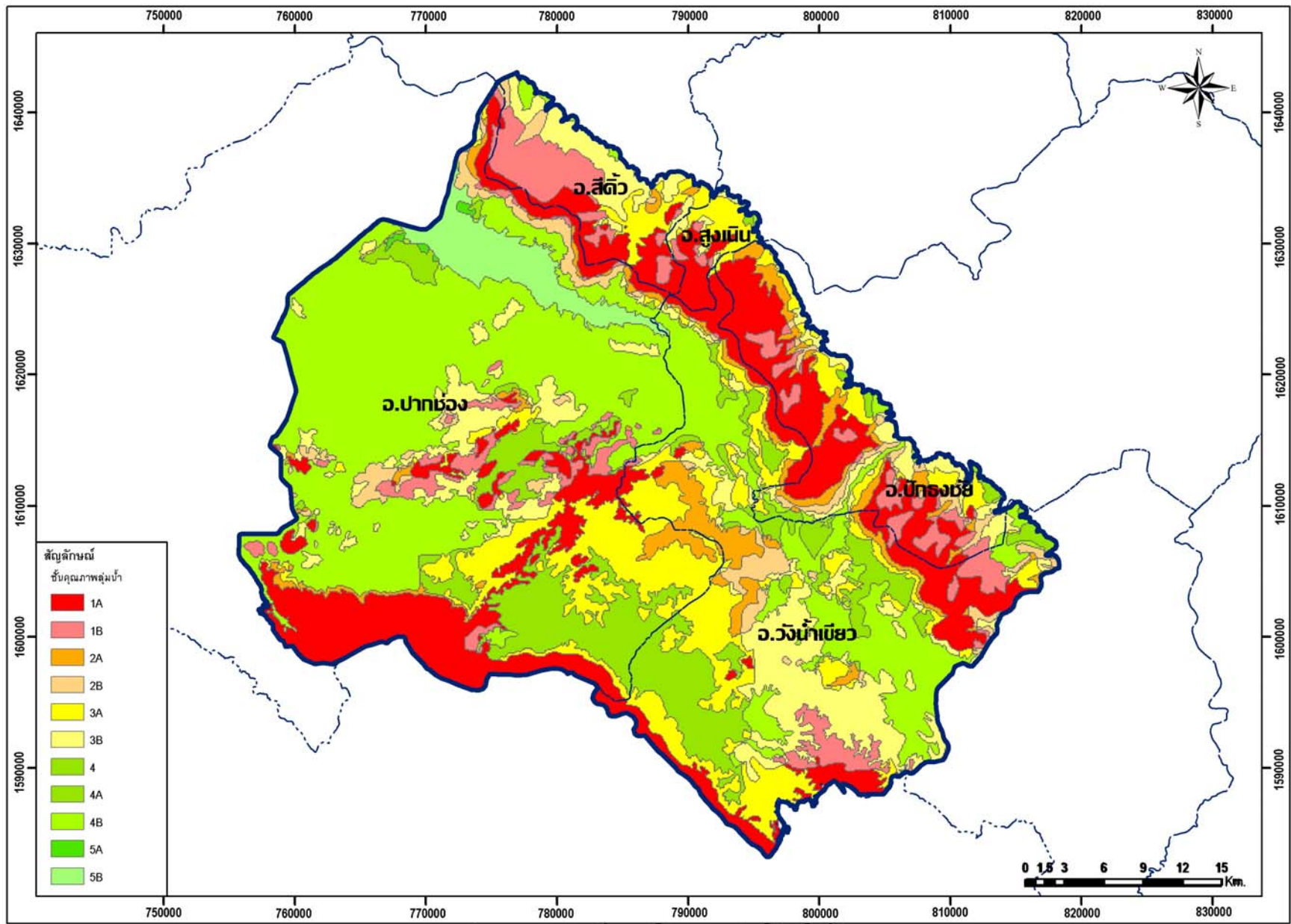


5.2 พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ตามมติคณะรัฐมนตรี เรื่องการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมูล-ชี ในวันที่ 12 กรกฎาคม 2531 โดยพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 4B ซึ่งเป็นพื้นที่ภายในลุ่มน้ำที่สภาพป่าได้ถูกบุกรุกแผ้วถางเป็นที่ใช้ประโยชน์ เพื่อกิจการพืชไร่เป็นส่วนใหญ่ (เกษม จันทรแก้ว. 2539 : 522) คิดเป็นพื้นที่ 588 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 29.39 รองลงมา เป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1A เป็นพื้นที่ภายในลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ที่ยังคงมีสภาพป่าสมบูรณ์ปรากฏอยู่ในปี พ.ศ.2528 ซึ่งจำเป็นต้องสงวนไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารและเป็นทรัพยากรป่าไม้ของประเทศ (เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์.2545?) คิดเป็นพื้นที่ 365 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 18.24 ดังแสดงในตาราง 33 และภาพประกอบ 34

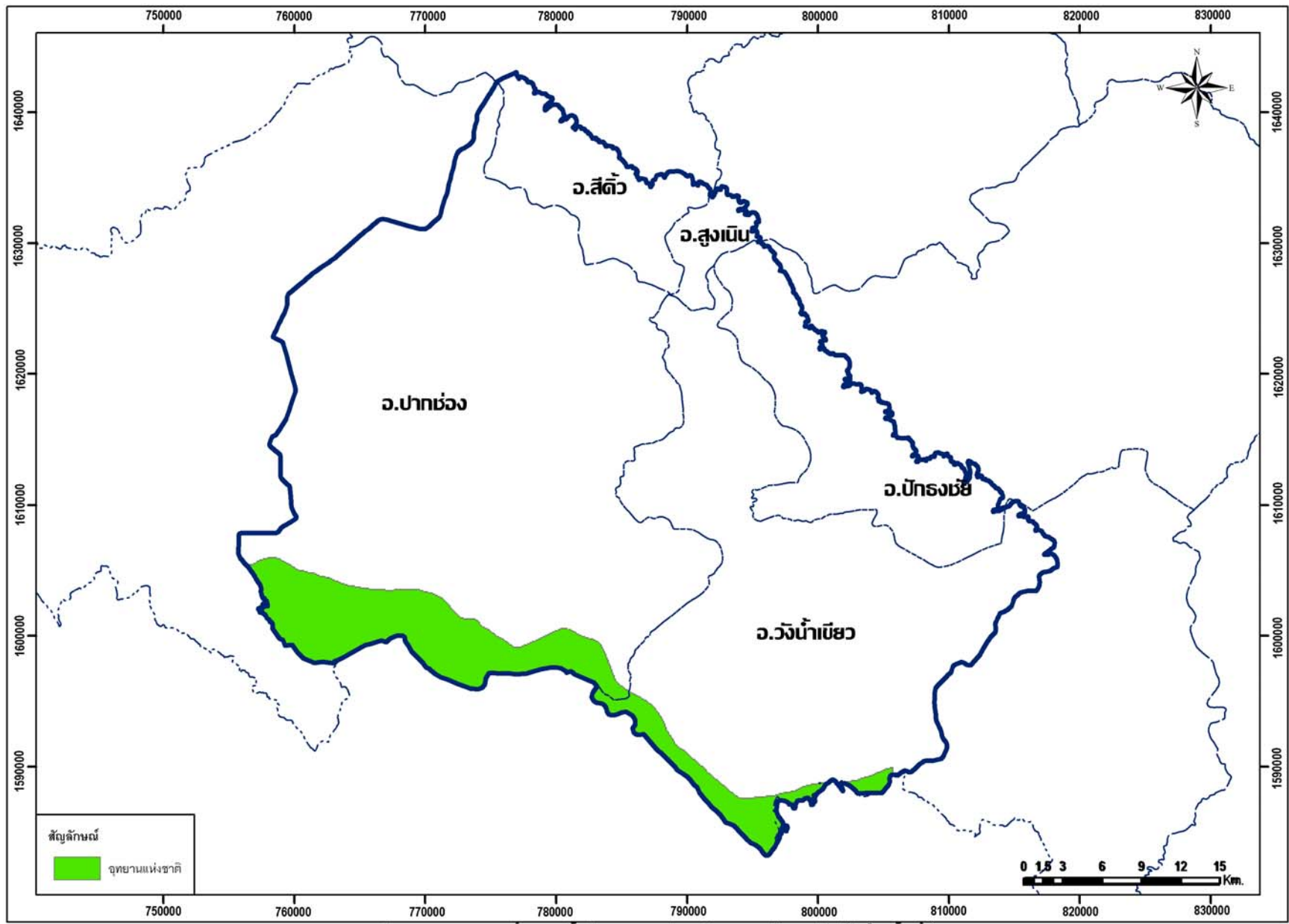
ตาราง 33 แสดงชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ในพื้นที่ศึกษา

ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
1A	365	18.24
1B	126	6.29
2A	87	4.34
2B	64	3.22
3A	268	13.41
3B	224	11.21
4A	220	10.99
4B	588	29.39
5A	2	0.12
5B	56	2.79
รวม	2,000	100.00

5.3 พื้นที่อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ในพื้นที่ศึกษามีเพียงแห่งเดียว คืออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาประมาณ 164 ตารางกิโลเมตร ในพื้นที่ตำบลหมูสี ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่องและตำบลวังหมี ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว ดังแสดงในภาพประกอบ 34



ภาพประกอบ 33 แผนที่แสดงชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา



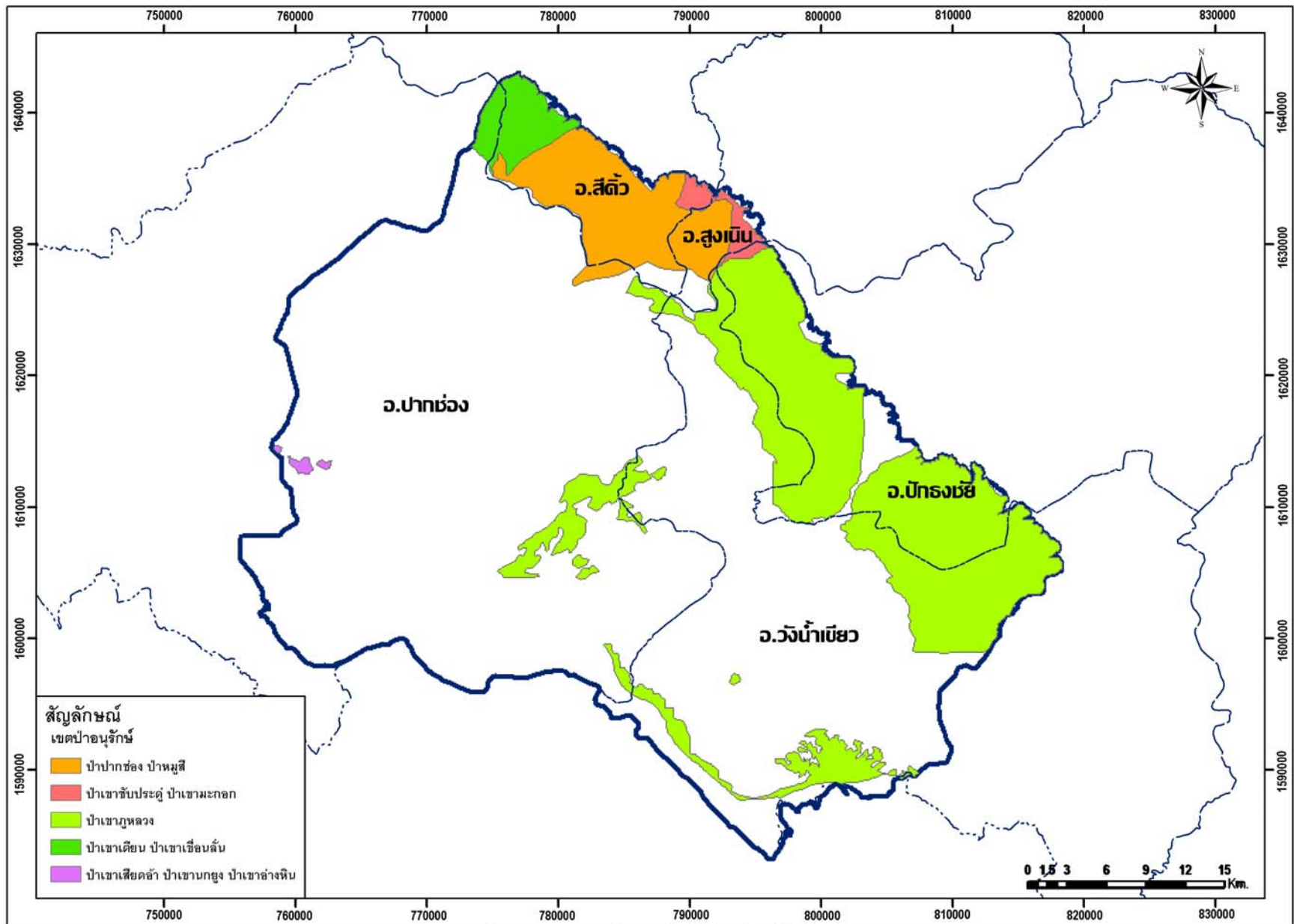
ภาพประกอบ 34 แผนที่แสดงพื้นที่อุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์ป่าในพื้นที่ศึกษา

5.4 พื้นที่ป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ป่าอนุรักษ์ประมาณ 520 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตป่าเขาภูหลวง ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ตำบลตะขบ ตำบลลำนางแก้ว อำเภอปากธงชัย และตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว คิดเป็นพื้นที่ 367 ตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในเขตป่าเขาเตียน ป่าเขาเขื่อนลั่น ป่าเขาซับประดู่ ป่าเขามะกอก ป่าเขาเสียดำ ป่าหานายูง ป่าเขาอ่างหิน ป่าปากช่องและป่าหมีสี ดังแสดงในตาราง 34 และภาพประกอบ 35

ตาราง 34 แสดงเขตป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่ศึกษา

เขตป่าอนุรักษ์	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
ป่าเขาเตียน ป่าเขาเขื่อนลั่น	32	1.61
ป่าเขาซับประดู่ ป่าเขามะกอก	13	0.65
ป่าเขาภูหลวง	367	18.35
ป่าเขาเสียดำ ป่าหานายูง ป่าเขาอ่างหิน	3	0.12
ป่าปากช่อง ป่าหมีสี	105	5.27
รวม	520	26.00

5.5 แหล่งโบราณสถาน จากการตรวจสอบ พบว่าในพื้นที่ศึกษาไม่มีโบราณสถานที่ขึ้นทะเบียนโดยกรมศิลปากร



ภาพประกอบ 35 แผนที่แสดงพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่ศึกษา

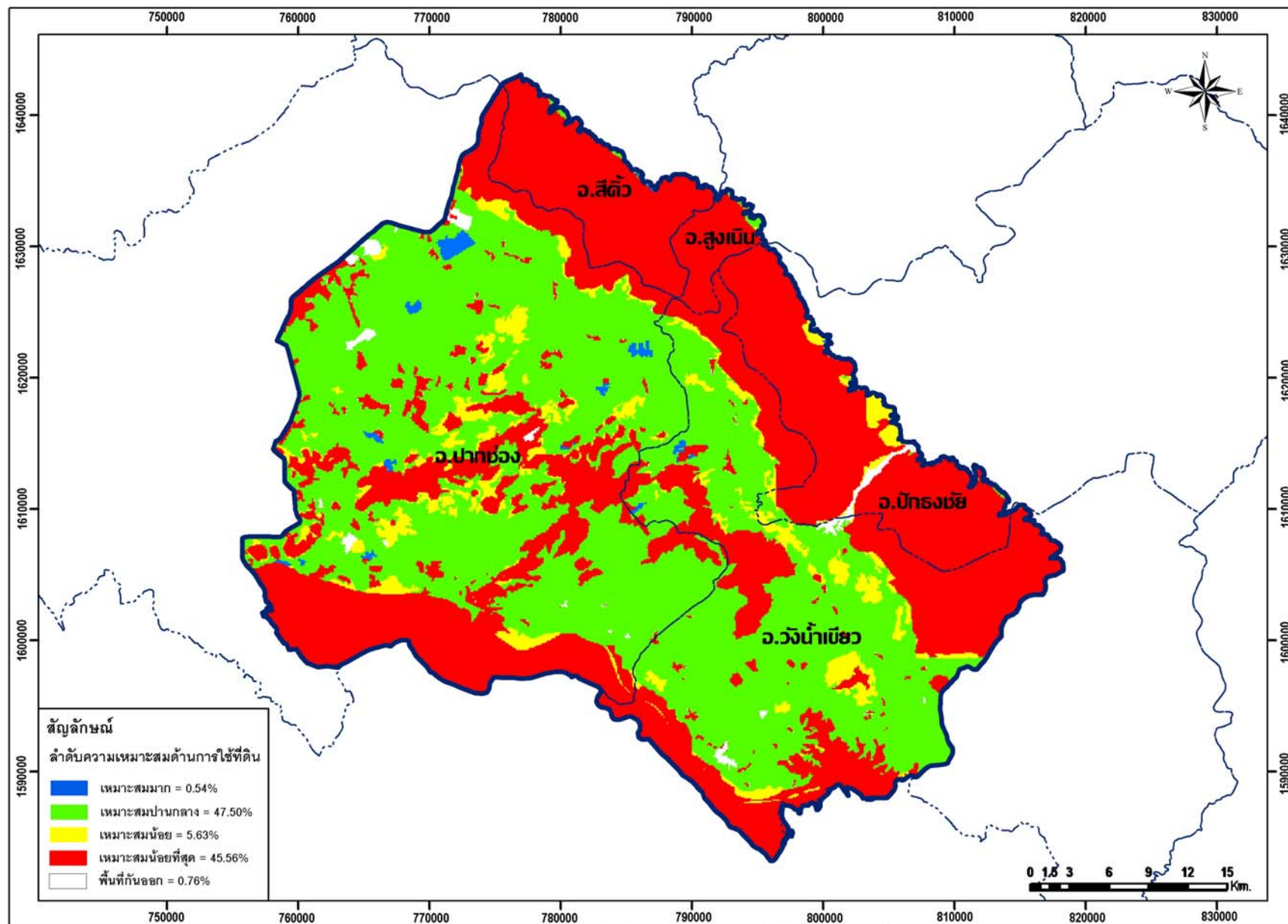
5.6 การจัดลำดับความเหมาะสมด้านการใช้ที่ดิน โดยใช้เกณฑ์จากกรมทางหลวงและพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 (ภาคผนวก ข) สามารถจัดลำดับความเหมาะสม (Rating) ได้ 4 ระดับ ดังนี้

1. พื้นที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ = เหมาะสมมาก = 4 คะแนน
2. พื้นที่เกษตรกรรม = เหมาะสมปานกลาง = 3 คะแนน
3. พื้นที่ป่า = เหมาะสมน้อย = 2 คะแนน
4. พื้นที่อุทยานแห่งชาติ = เหมาะสมน้อยที่สุด = 1 คะแนน
พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า, พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1 และ 2, พื้นที่ป่าอนุรักษ์, พื้นที่ชุมชน, แหล่งน้ำขนาดเล็ก
5. พื้นที่แหล่งน้ำขนาดใหญ่และพื้นที่ราชการและสถาบัน = พื้นที่กันออก

5.7 ผลการจัดลำดับความเหมาะสมด้านการใช้ที่ดิน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 950 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.50 อยู่ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด คิดเป็นพื้นที่ 912 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 45.56 ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1 และ 2 บริเวณเทือกเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ดังแสดงในตาราง 35 และภาพประกอบ 36

ตาราง 35 แสดงผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา ในปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน

ลำดับความเหมาะสม	ค่าคะแนน	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละของพื้นที่
เหมาะสมมาก	4	11	0.54
เหมาะสมปานกลาง	3	950	47.50
เหมาะสมน้อย	2	113	5.63
เหมาะสมน้อยที่สุด	1	912	45.56
พื้นที่กันออก	-	15	0.76
	รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 36 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสม ในปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน

6. ผลการกำหนดลำดับความสำคัญและถ่วงน้ำหนัก จากแบบประเมินกับวิศวกรงานทางที่มีประสบการณ์ในงานคัดเลือกแนวเส้นทางหลวง 5 ปีขึ้นไป จำนวน 44 คน (ดังแสดงในภาคผนวก ฉ) พบว่า ปัจจัยด้านความชันและปัจจัยด้านการใช้ที่ดินมีความสำคัญลำดับ 1 มีค่าคะแนนเท่ากับ 30 ปัจจัยอุทกวิทยามีความสำคัญลำดับ 2 มีค่าคะแนนเท่ากับ 20 ปัจจัยธรณีวิทยาและปัจจัยปฐพีวิทยามีความสำคัญลำดับ 3 มีค่าคะแนนเท่ากับ 10 เมื่อนำมาหาค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีประเมินค่า (Rating Method) ได้ผลดังแสดงในตาราง 36

ตาราง 36 แสดงลำดับความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละปัจจัย

ปัจจัยที่ใช้ศึกษา	ลำดับความสำคัญ	ค่าคะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
ปัจจัยความชัน	1	30	0.3
ปัจจัยอุทกวิทยา	2	20	0.2
ปัจจัยธรณีวิทยา	3	10	0.1
ปัจจัยปฐพีวิทยา	3	10	0.1
ปัจจัยการใช้ที่ดิน	1	30	0.3
	รวม	100	1.0

เมื่อนำค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละปัจจัยมาสร้างแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก (Weighted Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่วิเคราะห์โดยให้คะแนนตัวแปรตามเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาสามารถเขียนในรูปสมการต่อไปนี้

$$S = 0.3X_1 + 0.2X_2 + 0.1X_3 + 0.1X_4 + 0.3X_5$$

เมื่อ

S = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวมของพื้นที่

X_1 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านความชัน

X_2 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านอุทกวิทยา

X_3 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านธรณีวิทยา

X_4 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านปฐพีวิทยา

X_5 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน

7. ผลการจัดลำดับความเหมาะสมรวม จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก ในข้อ 4.6 พบว่า ค่าคะแนนรวมสูงสุดเท่ากับ 4.00 และค่าคะแนนรวมต่ำสุดเท่ากับ 1.00 คะแนน เมื่อแบ่งจำนวนชั้นความเหมาะสมออกเป็น 5 ชั้นเท่าๆ กัน จะได้ช่วงความเหมาะสมดังนี้

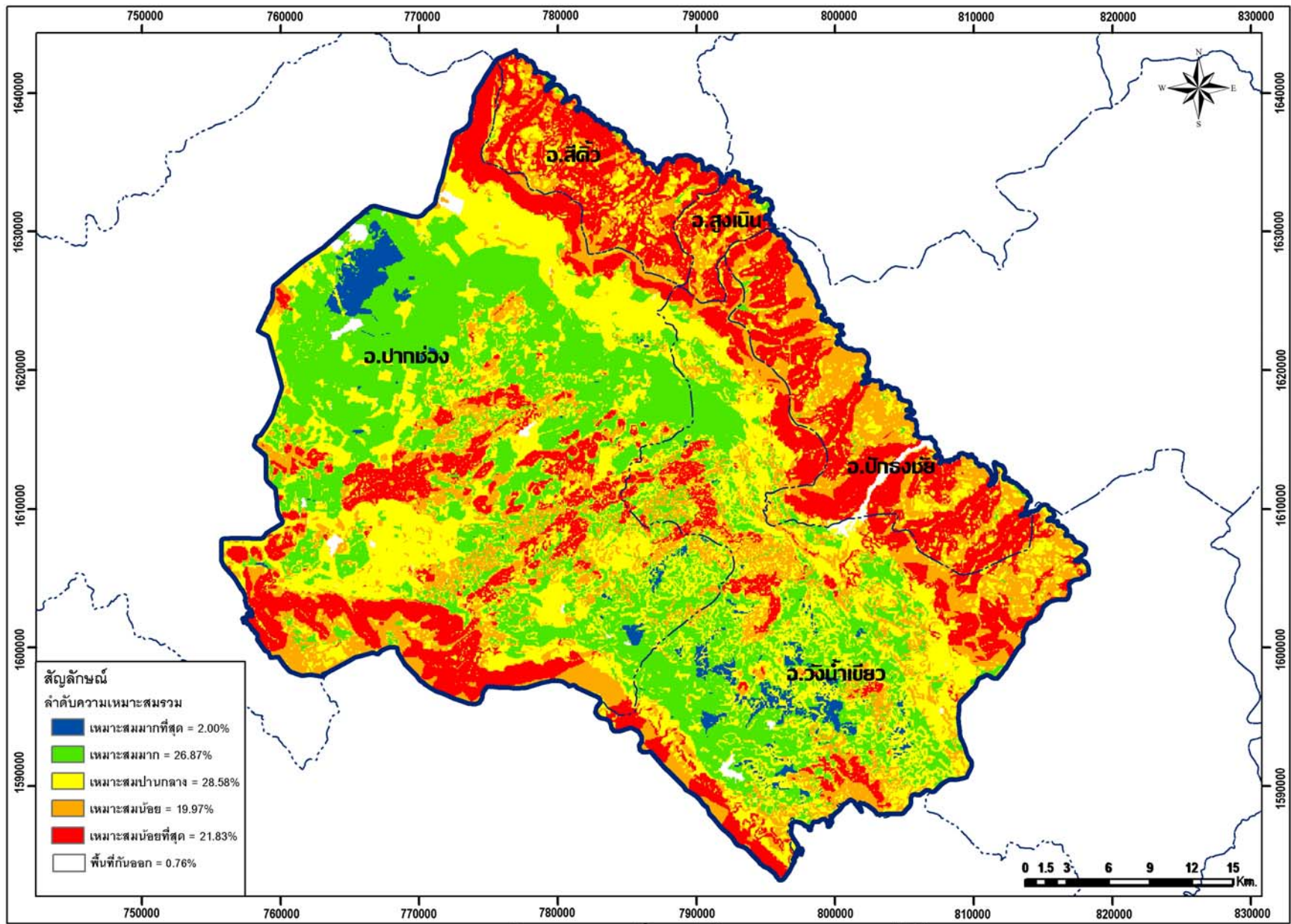
ตาราง 37 แสดงลำดับความเหมาะสมและค่าความเหมาะสมรวม

ค่าความเหมาะสมรวม	ลำดับความเหมาะสมรวม	ค่าคะแนนใหม่
1.00 - 1.60	เหมาะสมน้อยที่สุด	1
1.60 - 2.20	เหมาะสมน้อย	2
2.20 - 2.80	เหมาะสมปานกลาง	3
2.80 - 3.40	เหมาะสมมาก	4
3.40 - 4.00	เหมาะสมมากที่สุด	5

การจัดลำดับความเหมาะสมจากค่าความเหมาะสมรวมของพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมปานกลางและเหมาะสมมาก คิดเป็นพื้นที่ 1,102 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 55.11 เป็นพื้นที่ที่มีค่าร้อยละของความลาดชันไม่เกิน 6 และเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในตำบลขนงพระ ตำบลวังไทร ตำบลหนองสาหร่าย ตำบลคลองม่วง อำเภอปากช่อง รองลงมาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดและเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 843 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 42.13 ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่คุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1 ซึ่งเป็นที่มีความลาดชันสูง ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด มีเพียง 40 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 2 เท่านั้น ดังแสดงในตาราง 38 และภาพประกอบ 37

ตาราง 38 แสดงลำดับความเหมาะสมรวมของพื้นที่ศึกษา

ลำดับความเหมาะสม	พื้นที่(ตารางกิโลเมตร)	คิดเป็นร้อยละ ของพื้นที่
เหมาะสมมากที่สุด	40	2.00
เหมาะสมมาก	538	26.87
เหมาะสมปานกลาง	572	28.58
เหมาะสมน้อย	399	19.97
เหมาะสมน้อยที่สุด	437	21.83
พื้นที่ก้นออก	15	0.76
รวม	2,000	100.00



ภาพประกอบ 37 แผนที่แสดงลำดับความเหมาะสมรวมทุกปัจจัย

8. ผลการคัดเลือกแนวเส้นทาง จากการนำค่าความเหมาะสมรวมของพื้นที่มาหาแนวเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งเริ่มต้นโครงการที่อำเภอปากช่อง และสิ้นสุดโครงการที่อำเภอวังน้ำเขียว โดยใช้ Function Shortest Path ใน Spatial Analyst นั้น ต้องจัดลำดับความเหมาะสมรวมให้เป็นค่าของ Grid Cell ใหม่ เพื่อให้เป็นไปตามการทำงานของโปรแกรม ดังนี้

เหมาะสมน้อยที่สุด	ค่าของ Grid Cell ในการทำ Shortest Path	=	5
เหมาะสมน้อย	ค่าของ Grid Cell ในการทำ Shortest Path	=	4
เหมาะสมปานกลาง	ค่าของ Grid Cell ในการทำ Shortest Path	=	3
เหมาะสมมาก	ค่าของ Grid Cell ในการทำ Shortest Path	=	2
เหมาะสมมากที่สุด	ค่าของ Grid Cell ในการทำ Shortest Path	=	1

จากการคำนวณหาแนวเส้นทางที่เหมาะสม โดยใช้ Function Shortest Path พบว่ามีแนวทางที่เหมาะสม 2 แนวทาง โดยค่า Grid Cell รวมของแนวเส้นทางทั้ง 2 มีค่าเท่ากันคือ 133.60

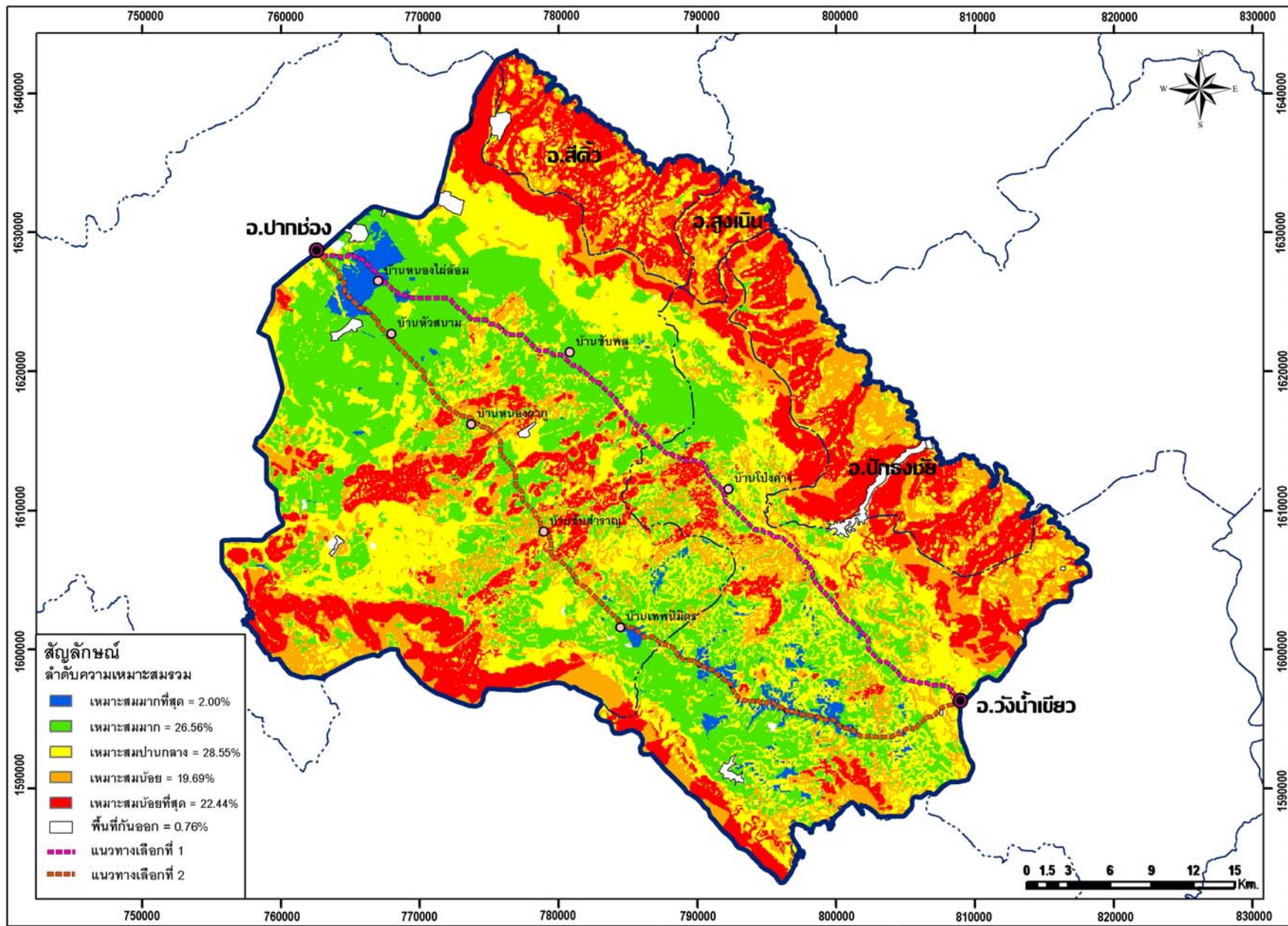
แนวเส้นทางที่ 1 เริ่มต้นจาก อำเภอปากช่อง ผ่านบ้านหนองล้อมไผ่ บ้านซับพลู บ้านโป่งค่าง สิ้นสุดที่อำเภอวังน้ำเขียว รวมระยะทางประมาณ 61.80 กิโลเมตร

แนวเส้นทางที่ 2 เริ่มต้นจาก อำเภอปากช่อง ผ่านบ้านหัวสนาม บ้านหนองตาภู บ้านซับสำราญ บ้านเทพนิมิตร สิ้นสุดที่อำเภอวังน้ำเขียว รวมระยะทางประมาณ 66.83 กิโลเมตร

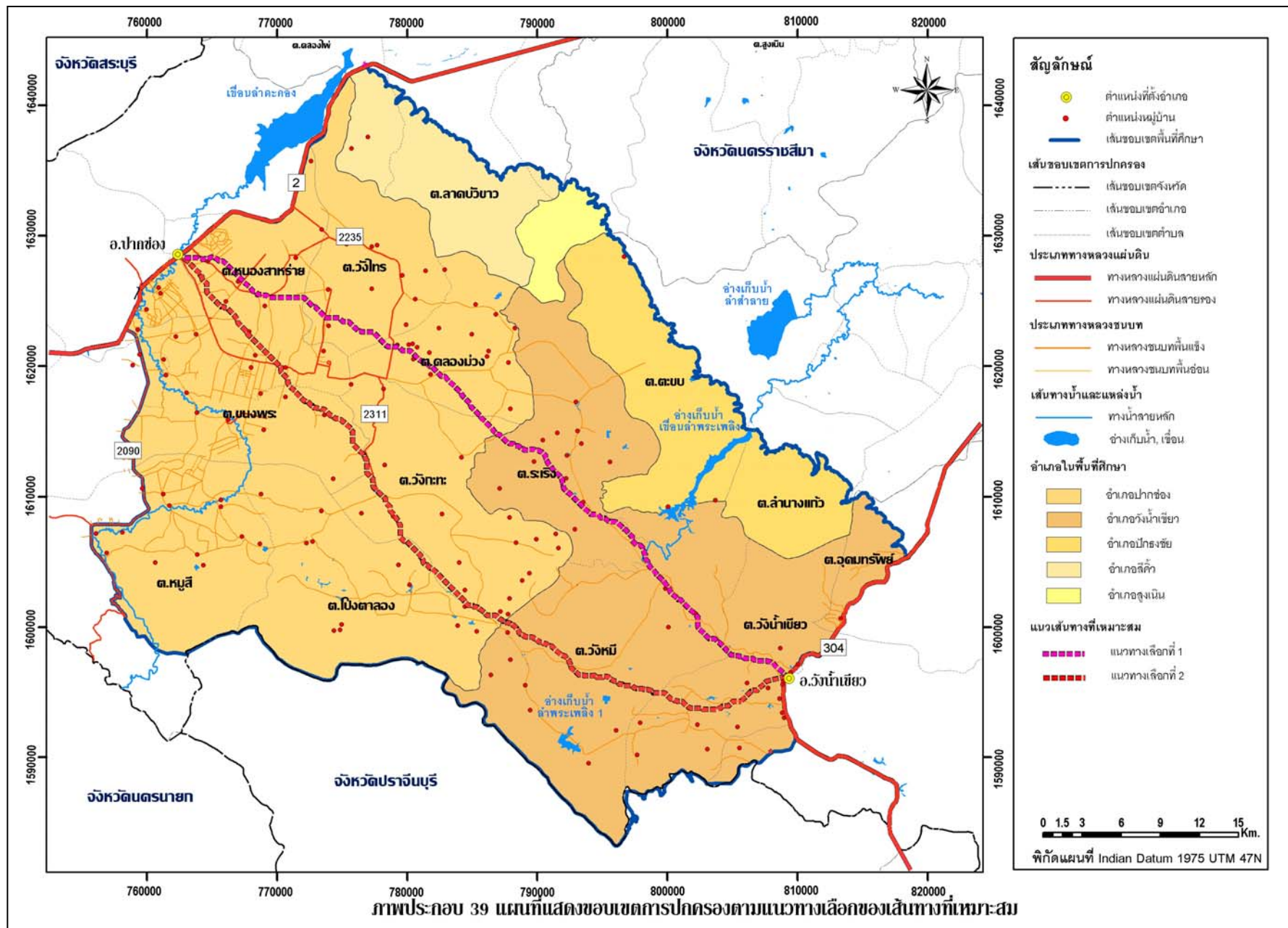
เมื่อนำแนวทางเลือกทั้ง 2 แนวทางมาพิจารณาพบว่า แนวเส้นทางที่ 1 มีระยะทางสั้นกว่าแนวทางที่ 2 เป็นระยะทาง 5.03 กิโลเมตร แต่แนวเส้นทางที่ 2 จะผ่านไปในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากกว่าแนวทางที่ 1 ซึ่งแนวเส้นทางทั้ง 2 แนวส่วนใหญ่จะผ่านไปในพื้นที่ที่เหมาะสมมาก โดยแนวทางที่ 1 ผ่านพื้นที่เหมาะสมมากเป็นระยะทาง 41.56 กิโลเมตร ส่วนแนวทางที่ 2 ผ่านพื้นที่เหมาะสมมากเป็นระยะทาง 32.34 กิโลเมตร ดังแสดงในตาราง 39 และภาพประกอบ 38-39

ตาราง 39 แสดงลำดับความเหมาะสมต่อระยะทางของแนวทางเลือก

แนวทางเลือกที่ 1						
ลำดับความ เหมาะสม	ค่า Grid Cell ในการทำ Shortest Path	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่า Grid Cell x ระยะทาง	ค่า คะแนน	ค่าคะแนน x ระยะทาง	คิดเป็น ร้อยละ
เหมาะสมน้อยที่สุด	5	0.20	0.98	1	0.20	0.32
เหมาะสมน้อย	4	2.95	11.82	2	5.91	4.78
เหมาะสมปานกลาง	3	10.29	30.88	3	30.88	16.65
เหมาะสมมาก	2	41.56	83.12	4	166.24	67.25
เหมาะสมมากที่สุด	1	6.80	6.80	5	33.98	11.00
รวม		61.80	133.60		237.20	100.00
แนวทางเลือกที่ 2						
ลำดับความ เหมาะสม	ค่า Grid Cell ในการทำ Shortest Path	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่า Grid Cell x ระยะทาง	ค่า คะแนน	ค่าคะแนน x ระยะทาง	คิดเป็น ร้อยละ
เหมาะสมน้อยที่สุด	5	0.22	1.10	1	0.22	0.32
เหมาะสมน้อย	4	4.40	17.60	2	8.80	6.49
เหมาะสมปานกลาง	3	9.68	29.03	3	29.04	14.27
เหมาะสมมาก	2	32.34	64.68	4	129.36	47.68
เหมาะสมมากที่สุด	1	21.19	21.19	5	105.97	31.24
รวม		67.83	133.60		273.39	100.00



ภาพประกอบ 38 แผนที่แสดงแนวทางการเลือกของเส้นทางที่เหมาะสม



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมงานทาง ในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น จาก อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา
2. เพื่อจัดลำดับความเหมาะสมและหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงเบื้องต้น จาก อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

สมมุติฐานในการวิจัย

1. พื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นส่วนใหญ่ น่าจะเป็นพื้นที่ที่มีค่าคะแนนความเหมาะสมมาก
2. พื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นส่วนใหญ่ น่าจะอยู่ในบริเวณที่ราบ
3. พื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น น่าจะมีหลายแนวทางเลือก
4. แนวทางหลวงเบื้องต้น น่าจะประกอบด้วยพื้นที่ที่มีค่าความเหมาะสมหลายลำดับต่อเนื่องกัน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ, ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากหน่วยงานราชการ, ภาพจากดาวเทียม, ข้อมูลภาคสนาม และข้อมูลจากแบบประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เครื่องกวาดภาพ, เครื่องคอมพิวเตอร์, เครื่องพิมพ์, เครื่องมือหาค่าพิกัดจากดาวเทียมขนาดมือถือ, กล้องถ่ายภาพดิจิทัล, ArcGIS8.2, AutoCAD และ Envi3.6

การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการ, การสร้างฐานข้อมูลใหม่จากข้อมูลของหน่วยงานราชการ, การสำรวจและเก็บรวบรวมจากพื้นที่ศึกษา และข้อมูลในการถ่วงน้ำหนักจากการออกแบบประเมินกับวิศวกรงานทาง

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้มาตรฐาน ข้อพิจารณาและข้อกำหนดของการออกแบบแนวเส้นทางมาเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับความเหมาะสม โดยปัจจัยด้านความชันใช้ความลาดชันสูงสุดกับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ ปัจจัยด้านอุทกวิทยาใช้ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าและ

ความสามารถในการระบายน้ำของอาคารระบายน้ำแต่ละชนิด ปัจจัยด้านธรณีวิทยาใช้กำลังวัสดุของหิน, ความพรุนของหินและแนวรอยเลื่อน ปัจจัยด้านปฐพีวิทยาใช้ข้อมูลจากการวินิจฉัยคุณภาพดินด้านปฐพีกลศาสตร์ ปัจจัยการใช้ที่ดินใช้พื้นที่ควรหลีกเลี่ยงของกรมทางหลวงและพื้นที่ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเรื่องกำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การจัดลำดับความสำคัญ(Ranking) และถ่วงน้ำหนัก (Weighting) ได้จากการออกแบบประเมินกับวิศวกรงานทาง เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองแบบที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Model) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย (Multi-Criteria Evaluation : MCE) การจัดลำดับความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยจะออกมาในรูปค่าคะแนนความเหมาะสม จากนั้นจะนำค่าคะแนนความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยมารวมกัน โดยใช้หลักการถ่วงน้ำหนัก(Criterion Weighting Techniques) ในแบบจำลองแบบที่ถ่วงน้ำหนัก แล้วทำการจัดลำดับค่าคะแนนความเหมาะสมรวม ออกเป็น 5 ชั้น คือ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อยและเหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นจะนำค่าคะแนนความเหมาะสมมาจัดชั้นความเหมาะสมใหม่ (Reclassify) จะได้ชั้นความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น แล้วทำการคัดเลือกแนวเส้นทาง โดยนำข้อมูลที่ได้จากการจัดชั้นความเหมาะสมใหม่มาเป็นฐานข้อมูลในการคัดเลือกแนวเส้นทางด้วย ArcGIS8.2 Extension Spatial Analyst ฟังก์ชัน Shortest Path เพื่อให้ได้แนวทางที่ดีที่สุดในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น

สรุปผลการวิจัย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล สามารถนำมาช่วยในงานด้านวิศวกรรมงานทาง โดยการจัดลำดับความเหมาะสมของพื้นที่และการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น จากอำเภอปากช่อง ถึงอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดนครราชสีมา ได้เป็นอย่างดี ความสามารถของเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ ArcGIS8.2 Extension Spatial Analyst ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ สามารถทำการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัยโดยการถ่วงน้ำหนัก และยังสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาคัดเลือกแนวเส้นทางที่ดีที่สุด โดยใช้ฟังก์ชัน Shortest Path ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้แนวเส้นทางที่ได้มาจะช่วยวิศวกรในการตัดสินใจคัดเลือกแนวทาง สามารถนำค่าคะแนนความเหมาะสม ระยะทาง และข้อมูลเชิงพื้นที่ของแนวทางเลือกมาเปรียบเทียบกันได้อย่างชัดเจน และเนื่องจากข้อมูลการใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นการปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลจากการแปลความหมายภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ จึงเป็นการเพิ่มความถูกต้องให้กับข้อมูลการใช้ที่ดิน ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ความถูกต้องของข้อมูลถือเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ถ้าข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องหรือมีการเปลี่ยนแปลงไปจากความเป็นจริงมาก จะทำให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ขาดความถูกต้องไปด้วย

ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น กรณีศึกษาจาก อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ 5 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยด้านความชัน ปัจจัยด้านอุทกวิทยา ปัจจัยด้านธรณีวิทยา ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา และปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ผลการจัดลำดับความเหมาะสมในปัจจัยด้านความชัน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมมาก คิดเป็นพื้นที่ 950 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.50 เป็นที่ราบมีความลาดชันไม่เกิน 6% บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือ อยู่ในเขตตำบลหนองสอห้วย ตำบลวังไทร ตำบลขงพระและตำบลคลองม่วง ปัจจัยด้านอุทกวิทยา พื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 1,256 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 62.78 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าระหว่าง 9-66 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ปัจจัยด้านธรณีวิทยา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 944 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.21 สภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินทรายและหินปูน อยู่ในบริเวณภูเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ในพื้นที่ อำเภอปักธงชัย อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนิน และบริเวณกลางพื้นที่ในเขตตำบลวังกะทะ ตำบลขงพระ ตำบลวังไทร ตำบลหมูสี ตำบลคลองม่วง อำเภอปากช่อง ปัจจัยด้านปฐพีวิทยา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 740 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 36.98 จัดเป็นดินในกลุ่ม CL และ CH ตามการจำแนกดินตามระบบ USC ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ศักยภาพการยึดและหดตัวสูง การระบายน้ำไม่ดี ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่อำเภอปากช่อง และปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 950 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 47.50 อยู่ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม

2. จากการออกแบบประเมินวิศวกรรมเรื่องการให้ความสำคัญของปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการคัดเลือกแนวเส้นทางพบว่าปัจจัยด้านความชันและปัจจัยด้านการใช้ที่ดินมีความสำคัญอันดับ 1 หรือร้อยละ 30 โดยความชันมีผลต่อการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการใช้ทาง ความสะดวกและปลอดภัยของผู้ใช้ทาง ส่วนการใช้ที่ดินมีผลต่อราคาประเมินที่ดิน หรือถ้าแนวทางตัดผ่านพื้นที่ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม จะมีผลต่อมูลค่าการก่อสร้างโครงการและส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมได้ง่าย ปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับ 2 หรือร้อยละ 20 คือปัจจัยด้านอุทกวิทยา ทั้งนี้การวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา จะเป็นการคาดคะเนปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า เพื่อนำมาออกแบบอาคารระบายน้ำเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อโครงสร้างถนน มีความมั่นคงแข็งแรงและราคาค่าก่อสร้าง ส่วนปัจจัยด้านธรณีวิทยาและปัจจัยด้านปฐพีวิทยานั้น มีความสำคัญอันดับ 3 หรือร้อยละ 10 สภาพและโครงสร้างทางธรณีวิทยามีผลต่อความแข็งแรง อายุการใช้งานของเส้นทาง ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและซ่อมแซม ส่วนสภาพทางปฐพีวิทยามีผลต่อการรับน้ำหนักของการจราจร ความแข็งแรงทนทานของคันทาง ค่าก่อสร้าง ค่าบำรุงรักษา อายุการใช้งาน

ซึ่งผลการสร้างแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก สามารถเขียนในรูปสมการ ดังต่อไปนี้

$$S = 0.3X_1 + 0.2X_2 + 0.1X_3 + 0.1X_4 + 0.3X_5$$

เมื่อ

S = ค่าคะแนนความเหมาะสมรวม

X_1 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านความชัน

X_2 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านอุทกวิทยา

X_3 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านธรณีวิทยา

X_4 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านปฐพีวิทยา

X_5 = ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัยด้านการใช้ที่ดิน

3. ผลการจัดลำดับความเหมาะสมรวมโดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ทั้ง 5 ปัจจัย พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมปานกลางและเหมาะสมมาก คิดเป็นพื้นที่ 1,102 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 55.11 เป็นพื้นที่ที่มีค่าร้อยละของความลาดชันไม่เกิน 6 และเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในตำบลหนองพระ ตำบลวังไทร ตำบลหนองสาหร่าย ตำบลคลองม่วง อำเภอปากช่อง รองลงมาเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดและเหมาะสมน้อย คิดเป็นพื้นที่ 843 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 42.13 ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่คุณภาพลุ่มน้ำชั้น 1 บริเวณแนวภูเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นที่มีความลาดชันสูง ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด มีเพียง 40 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 2 ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง

4. ผลการคัดเลือกแนวเส้นทาง จากการนำค่าความเหมาะสมรวมของพื้นที่มาหาแนวเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งเริ่มต้นโครงการที่อำเภอปากช่อง และสิ้นสุดโครงการที่อำเภอมโนรมย์ พบว่ามีแนวทางที่เหมาะสม 2 แนวทาง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน 3 ที่ว่าพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น มีหลายแนวทางเลือก และแต่ละแนวเส้นทางจะอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมหลายลำดับต่อเนื่องกัน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน 4 ที่ว่าแนวทางหลวงเบื้องต้น จะประกอบด้วยพื้นที่ที่มีค่าความเหมาะสมหลายลำดับต่อเนื่องกัน ดังนี้

แนวเส้นทางที่ 1 เริ่มต้นจาก อำเภอปากช่อง ผ่านบ้านหนองล่อไม้ บ้านชัยพลู บ้านโป่งค่าง สิ้นสุดที่อำเภอมโนรมย์ โดยแนวเส้นทางจะอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดระยะทาง 6.80 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากระยะทาง 41.56 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 67.25 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่ายและตำบลคลองม่วง อำเภอปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางระยะทาง 10.29 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 16.65 ในพื้นที่ตำบลระเริง ตำบลวังหมีและตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยระยะทาง 2.95 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 4.78 ในพื้นที่ตำบลระเริง อำเภอวังน้ำเขียว และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดระยะทาง 0.2 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 0.32 ในพื้นที่ตำบลระเริง อำเภอวังน้ำเขียว รวมระยะทางทั้งหมด 61.80 กิโลเมตร ค่าคะแนนรวมเท่ากับ 237.20 คะแนน

แนวเส้นทางที่ 2 เริ่มต้นจาก อำเภอปากช่อง ผ่านบ้านหัวสนาม บ้านหนองตากู บ้านชัยสำราญ บ้านเทพนิมิตร สิ้นสุดที่อำเภอวังน้ำเขียว โดยแนวเส้นทางอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดระยะทาง 21.19 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 31.24 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง และตำบลวังหมี อำเภอวังน้ำเขียว พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากระยะทาง 32.34 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47.68 ในพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย อำเภอปากช่อง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางระยะทาง 9.68 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 14.27 ในตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยระยะทาง 4.4 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 6.49 ในตำบลขงพระ และตำบลวังกะทะ อำเภอปากช่อง และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดระยะทาง 0.22 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 0.32 ในพื้นที่ตำบลโป่งตาลอง อำเภอปากช่อง รวมระยะทางทั้งหมด 66.83 กิโลเมตร ค่าคะแนนรวมเท่ากับ 273.39 คะแนน

เมื่อนำแนวทางเลือกทั้ง 2 แนวทางมาพิจารณาพบว่า แนวทางส่วนใหญ่จะอยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากทั้ง 2 แนวทาง โดยแนวทางที่ 1 อยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากเป็นระยะทาง 41.56 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 67.25 ส่วนแนวทางที่ 2 อยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากระยะทาง 32.34 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47.68 และเมื่อพิจารณาพื้นที่แนวทางที่อยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีค่าความลาดชันไม่เกิน 6% สอดคล้องกับสมมุติฐานข้อ 1 และ 2 ที่ว่าพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้นส่วนใหญ่ เป็นพื้นที่ที่มีค่าคะแนนความเหมาะสมมากและอยู่ในบริเวณที่ราบ และเมื่อเปรียบเทียบเรื่องระยะทางและความเหมาะสมของทั้ง 2 แนวทาง พบว่าระยะทางแนวเส้นทางที่ 1 จะได้เปรียบกว่าแนวทางที่ 2 เนื่องจากมีระยะทางสั้นกว่า 5.03 กิโลเมตร แต่ในลำดับความเหมาะสมของพื้นที่แนวเส้นทางที่ 2 จะได้เปรียบกว่าแนวทางที่ 1 เนื่องจากมีค่าคะแนนความเหมาะสมมากกว่า 36.19 คะแนน

อภิปรายผล

1. การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกแนวทางที่แตกต่างจากวิธีการเดิม ที่ใช้การตัดสินใจโดยใช้ประสบการณ์และพิจารณาของวิศวกรในการคัดเลือกแนวทาง ผลที่ได้จากการตัดสินใจของวิศวกรแต่ละคนจึงไม่เหมือนกัน และไม่สามารถบอกได้ว่าแนวทางใดเป็นแนวทางที่ดีที่สุด แต่การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการคัดเลือกแนวทางนี้ เป็นวิธีการที่คัดเลือกโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่มาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ ซึ่งข้อมูลนี้ถือเป็นข้อเท็จจริงในพื้นที่ซึ่งถูกกำหนดความเหมาะสมโดยใช้เกณฑ์ทางวิศวกรรม เพราะฉะนั้นการตัดสินใจในการคัดเลือกแนวเส้นทางออกมาจึงอยู่บนพื้นฐานของหลักเกณฑ์และข้อกำหนดที่เป็นไปตามหลักการและทฤษฎี ดังนั้นผลที่ได้จากการคัดเลือกแนวทางโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นี้ จึงเป็นแนวทางที่ดีที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดและสามารถแสดงผลออกมาได้ชัดเจน ซึ่งวิธีการนี้ถ้ามีการกำหนดผู้คัดเลือกหลายคนคำตอบในการคัดเลือกของ

ทุกคนจะเหมือนกันเพราะคำตอบที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไม่มีเรื่องของความรู้สึกมาช่วยในการตัดสินใจมีแต่ข้อมูลเชิงพื้นที่และเกณฑ์ทางวิศวกรรมเท่านั้น และยังสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยหรือหลักเกณฑ์ ข้อกำหนดต่างๆ ในการพิจารณาได้ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษานั้น

2. ในการกำหนดค่าความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทางภูมิศาสตร์ โดยวิศวกรผู้ประเมินกำหนดให้ ปัจจัยด้านความชันและปัจจัยด้านการใช้ที่ดินมีความสำคัญอันดับ 1 หรือร้อยละ 30 ปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับ 2 หรือร้อยละ 20 คือปัจจัยด้านอุทกวิทยา ส่วนปัจจัยด้านธรณีวิทยาและปัจจัยด้านปฐพีวิทยา มีความสำคัญอันดับ 3 หรือร้อยละ 10 แต่ในการกำหนดค่าความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักจะแตกต่างกันไปขึ้นกับสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ เนื่องจากสภาพพื้นที่แต่ละที่จะมีเงื่อนไขในการพิจารณาแตกต่างกัน เช่นการคัดเลือกแนวเส้นทางในพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาที่มีความลาดชันสูง และมีพื้นที่ป่ามาก การให้ค่าความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักในปัจจัยด้านความชันและการใช้ที่ดินเป็นพิเศษ ส่วนการคัดเลือกแนวเส้นทางในพื้นที่ราบภาคกลางซึ่งปัจจัยด้านความชันของพื้นที่ไม่เป็นอุปสรรคในการคัดเลือกแนวเส้นทาง แต่ปัจจัยที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษคือด้านปฐพีวิทยาเนื่องจากดินบริเวณที่ราบภาคกลาง ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนปากแม่น้ำซึ่งเป็นดินที่มีส่วนประกอบของดินเหนียว (Clay) เป็นจำนวนมาก และดินเหนียวนี้เองเป็นดินที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมต่ำ เป็นดินที่มีปัญหาเนื่องจากความสามารถในการรับน้ำหนักของการจราจรต่ำ ศักยภาพในการยึดและหดตัวของดินสูง ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้มีผลต่อความแข็งแรงและทนทานของถนนเป็นอย่างมาก หรือการคัดเลือกแนวเส้นทางในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีราคาที่ดินสูง การใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีผลต่อราคาค่าเวนคืนมาก การพิจารณากำหนดค่าความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนัก จึงต้องพิจารณาในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพิเศษ ดังนั้นในการกำหนดค่าความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทางภูมิศาสตร์จึงมีความจำเป็นที่ต้องให้ผู้ทำแบบประเมินได้ทราบถึงสภาพทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ ก่อนทำแบบประเมินเพื่อให้ได้ผลการประเมินที่ถูกต้องกับสภาพพื้นที่ที่จะทำการคัดเลือกแนวทาง

3. จากการพิจารณาผลการจัดลำดับความเหมาะสมในแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยด้านความชัน ปัจจัยด้านธรณีวิทยาและปัจจัยด้านปฐพีวิทยา เป็นปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ยากหรือใช้เวลาระยะในการเปลี่ยนแปลงยาวนาน จึงมีความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ค่อนข้างสูงและตรงกับสภาพภูมิประเทศจริง ดังนั้นผลการจัดลำดับความเหมาะสมของปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย นี้ จึงมีความถูกต้องค่อนข้างสูงและสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน ส่วนปัจจัยด้านอุทกวิทยา ที่ผลการจัดลำดับความเหมาะสมของพื้นที่ส่วนใหญ่มีความเหมาะสมน้อย คือเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าระหว่าง 9-66 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นพื้นที่ 1,256 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 62.78 ถ้าพิจารณาจากสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่แล้วพบว่า มีรูปแบบการไหลของลำน้ำคล้ายเส้นของใบไม้ (Dendritic Pattern) ซึ่งเป็นรูปแบบลำน้ำที่มีการระบายน้ำได้ดี ประกอบด้วยทางน้ำสายหลักที่มีน้ำไหลตลอดปี มีเพียง 3 สายคือ ลำตะคอง ลำพระเพลิงและห้วยน้ำเค็ม และทางน้ำส่วนใหญ่ในพื้นที่เป็นทางน้ำที่มีน้ำไหลไม่ตลอดปี มีจำนวน 18 สาย พื้นที่ส่วน

ใหญ่จึงน่าจะมีความเหมาะสมปานกลาง แต่จากการคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่ต้องใช้ ข้อมูลกราฟความชันของสถานีที่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาไม่มีสถานีฝน ด้วยเหตุนี้ถ้าพิจารณาถึงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา ที่มีเทือกเขาขวางกั้นทั้งในด้านตะวันออก เหนือและด้านตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งอยู่ในทิศทางที่กั้นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเทือกเขานี้จึงส่งผลกับปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ทำให้พื้นที่นี้เป็นเขาเงาฝน ทำให้ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ศึกษาน่าจะมีปริมาณน้อยกว่าบริเวณสถานีฝนที่ใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา เนื่องจากการทำการเกษตรกรรมในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นการปลูกพืชไร่ที่มีความต้องการน้ำไม่มาก ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการจัดลำดับความเหมาะสมของปัจจัยด้านอุทกวิทยาจึงขึ้นกับความถูกต้องของข้อมูลฝน ที่นำมาคำนวณค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าในพื้นที่ด้วย ส่วนปัจจัยด้านการใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ในการจัดลำดับความเหมาะสมต้องพิจารณาถึงความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ว่าตรงตามสภาพความเป็นจริงในพื้นที่หรือไม่ ซึ่งข้อมูลการใช้ที่ดินที่สำคัญและมีการเปลี่ยนแปลงมากคือพื้นที่ชุมชน และในการปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดิน โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลจากการแปลภาพจากดาวเทียม จะช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงานอย่างมาก แต่สิ่งที่ละเลยไม่ได้คือการออกภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อให้ผลที่ได้มีความถูกต้องมากที่สุด

4. การพิจารณาผลการจัดลำดับความเหมาะสมในการคัดเลือกแนวเส้นทาง ซึ่งให้ความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักกับปัจจัยด้านความชันและปัจจัยด้านการใช้ที่ดินเป็นอันดับ 1 ดังนั้นพื้นที่ที่เหมาะสมมากส่วนใหญ่มักจะอยู่ในที่ราบที่มีความชันไม่มากนักคือมีความชันไม่เกิน 6% และอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม แต่หากการศึกษาครั้งนี้ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านอุทกวิทยามากกว่า พื้นที่ที่เหมาะสมมากจะอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงชัน เนื่องจากในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะมีการระบายน้ำได้ดี ค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่าจะน้อยกว่าในที่ราบ ส่วนการเพิ่มความสำคัญให้กับปัจจัยด้านธรณีวิทยาและปัจจัยด้านประเพณีวิทยา จะไม่ส่งผลต่อการจัดลำดับความเหมาะสมของพื้นที่ที่เหมาะสมมากนัก เนื่องจากลักษณะทางธรณีวิทยาและประเพณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา เป็นพื้นที่ที่มีโครงสร้างทางธรณีสัณฐานแบบเดียวกัน คือเป็นลานตะพักลำน้ำระดับกลางถึงสูงและเป็นพื้นที่ที่หลีกเลี่ยงจากการกร่อน (Erosion Surface) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินภูเขา ส่วนขอบของพื้นที่ศึกษาจะเป็นภูเขา จึงทำให้ลักษณะทางธรณีวิทยาและประเพณีวิทยาไม่แตกต่างกันมาก

5. การพิจารณาความถูกต้องของแบบจำลองแบบเทียบน้ำหนัก ซึ่งกระทำโดยการตรวจสอบผลในภาคสนาม พบว่าค่าความเหมาะสมรวมที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองนี้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศจริงในพื้นที่ (ดังแสดงในภาคผนวก ข) พื้นที่ที่เหมาะสมมากที่สุด ซึ่งอยู่ด้านซ้ายของถนนมิตรภาพประกอบ พื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ราบและไม่มีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เป็นพื้นที่ราบหรือเป็นที่เนินเล็กน้อยและส่วนใหญ่ใช้เพาะปลูกพืชไร่ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง เป็นพื้นที่ลูกเนินและใช้เพาะปลูกพืชไร่ ยกเว้นในพื้นที่ราบเชิงเขาตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ ในเขตบ้านกุดโง้ง บ้านวังสีสด บ้านศาลเจ้า ซึ่งเป็นพื้นที่ราบแต่มีความเหมาะสมทางด้านธรณีวิทยาและประเพณีวิทยาน้อยกว่าบริเวณอื่น

คือมีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินทรายแปงและสภาพทางปฐพีวิทยาเป็นดินเหนียว มีผลทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักและศักยภาพการยึดและหดตัวสูง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย เป็นพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ชุ่มช่นอยู่อาศัยและพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและเป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ 1

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ในการพิจารณาคัดเลือกแนวเส้นทางโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ทางด้านวิศวกรรมนี้ สามารถนำมาหาค่าคะแนนความเหมาะสมของแต่ละเส้นทางที่วิศวกรต้องการเพิ่มเติม นอกเหนือจากแนวทางที่ได้จากการคัดเลือกโดยใช้ฟังก์ชัน Shortest Path เพื่อเพิ่มแนวทางเลือกและสามารถนำค่าคะแนนของแนวทางเลือกแต่ละแนวทางมาเปรียบเทียบกันเพื่อช่วยในการตัดสินใจได้อย่างชัดเจน

2. แนวคิดในการพิจารณาคัดเลือกแนวเส้นทาง โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถนำมาใช้กับการคัดเลือกแนวทางอื่น ๆ ได้อีก เช่น การคัดเลือกแนวการขุดคลอง การคัดเลือกแนวการวางท่อทาง โดยเกณฑ์กำหนดความเหมาะสมและปัจจัยในการพิจารณาให้ใช้ตามข้อกำหนดของงานแต่ละประเภท

3. การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในงานวิศวกรรมงานทาง สามารถนำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อยู่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากหน่วยงานราชการต่าง ๆ ที่ได้จัดทำไว้มาเป็นฐานข้อมูล และนำเข้าข้อมูลทางหลวงที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำมาจัดทำระบบการวางแผนซ่อมบำรุงทาง วางแผนการจ้างประมาณงานซ่อมบำรุงทาง หรือนำมาศึกษาแนวทางแก้ไขในส่วนที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับทางหลวงเป็นประจำเพื่อหาแนวทางแก้ไข เนื่องจากข้อมูลเชิงพื้นที่เหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และทำให้มองเห็นภาพรวมของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างชัดเจน

4. ก่อนการพิจารณาคัดเลือกแนวเส้นทาง ถ้ามีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการศึกษาความเหมาะสมของโครงการและประสิทธิภาพของโครงข่ายถนน โดยใช้ Network Analyst และ TRIPS (Transport Improvement Planning System) จะทำให้การศึกษาความเหมาะสมของโครงการมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5. ในการออกแบบประเมินเพื่อหาความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย กลุ่มผู้ทำแบบประเมินควรเพิ่มกลุ่มนักวิชาการสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในปัจจุบันนี้การให้ความสำคัญกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมีค่อนข้างมาก ทั้งนี้ถ้ามีนักวิชาการสิ่งแวดล้อมมาช่วยในการกำหนดความสำคัญและค่าถ่วงน้ำหนักด้วย ผลที่ได้น่าจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการคัดเลือกแนวเส้นทาง

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาเพื่อจัดทำแบบจำลองเทียบน้ำหนัก สำหรับเขต (Zone) ซึ่งมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงสำหรับพื้นที่ทั่วประเทศไทย
2. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสม ในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์เพื่อนำมาพิจารณาความเหมาะสมในด้านวิศวกรรมร่วมกับการพิจารณาความเหมาะสมในด้านเศรษฐศาสตร์และการลงทุน
3. การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรมทางด้านอุทกวิทยา เช่น MIKE 21 มาใช้ในการวิเคราะห์ด้านอุทกวิทยาและนำมาใช้ในงานออกแบบรายละเอียด เพื่อคำนวณหาระดับน้ำสูงสุดในการกำหนดระดับคันทางให้มีความเหมาะสม และนำมากำหนดตำแหน่งและชนิดของอาคารระบายน้ำ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมทรัพยากรธรณี. (2544). *ธรณีวิทยาประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- กรมทางหลวง. (2539). *คู่มือออกแบบทาง หลักสูตรที่ 1*. กรุงเทพฯ : ฝ่ายฝึกอบรมด้านโยธา กองฝึกอบรมกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม.
- (2540). *รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการทางหลวงหมายเลข 4031 - ทางแยกทางหลวงหมายเลข 4030 อำเภอกลาง จังหวัดภูเก็ต*. กรุงเทพฯ : บ.เทสโก้ จำกัดและสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2543ก). *รายงานการศึกษาความเหมาะสมก่อนการลงทุนเบื้องต้น การพัฒนาโครงข่ายทางหลวงสายสำรองสู่ภาคใต้ ช่วง อำเภอหัวหิน-อำเภอบางสะพาน*. กรุงเทพฯ : กรมฯ.
- (2543ข). *รายงานเบื้องต้น งานศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายสระบุรี-บางปะกง*. กรุงเทพฯ : กรมฯ.
- (2544). *รายงานการคัดเลือกแนวเส้นทาง การศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ วิศวกรรม และผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง สายหาดใหญ่ – ชายแดนมาเลเซีย*. กรุงเทพฯ : กรมฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2535). เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 243. *การศึกษาและวินิจฉัยคุณสมบัติของดินตามกลุ่มชุดดินเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนโครงการด้านวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ : กองสำรวจและจำแนกดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- (2538). เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 380. *การวินิจฉัยคุณภาพของดินเชิงปฐพีกลศาสตร์ตามกลุ่มชุดดินในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : กองสำรวจและจำแนกดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมโยธาธิการ. (2541). *การศึกษาและวางแผนโครงการจัดทำแผนโครงข่ายสะพาน ในแม่น้ำสายหลักทั่วประเทศ กลุ่มที่ 1/2541*. กรุงเทพฯ : กรมฯ.
- กรมศิลปากร. (2533). เอกสารวิชาการโบราณคดี *ทะเบียนโบราณสถานทั่วราชอาณาจักรเล่ม1*. กรุงเทพฯ : กรมฯ.
- กัญญา ทองฉิม. (2531). *วิศวกรรมทาง 1*. กรุงเทพฯ: คณะวิชาช่างโยธา วิทยาเขตอุเทนถวาย.
- กันยา ทิสยากร ถนอมศรี รังสิกรรพุมและจตุพร พรประเสริฐชัย. (2536). *การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม*. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- กัลยา วาณิชยปัญญา. (2544). **หลักสถิติ**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิริติ ลีวัจนกุล. (2544). **ชลศาสตร์ ระบบ IS**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต. : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- เกษม จันทร์แก้ว. (2539). **หลักการจัดการลุ่มน้ำ Principles of watershed management**. กรุงเทพฯ . ถ่ายเอกสาร
- เกษม ทองปาน. (2534, พฤศจิกายน) “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์,” **วารสารพัฒนาที่ดิน**. 29(318) : 40-44.
- จิรพัฒน์ โชติไกร. (2531). **วิศวกรรมการทาง**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซนเตอร์.
- จิรพัฒน์ โชติไกร. (2543). **การออกแบบทาง**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉลอง เกิดพิทักษ์. (2525). **การไหลในทางน้ำเปิด**. ขอนแก่นฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ชัย มุกตพันธุ์ และกาซุโตะ นากาซาวา. (2526). **ปฐพีกลศาสตร์และวิศวกรรมฐานราก**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมความรู้ด้านเทคนิคระหว่างประเทศ.
- чимชัย เตะพะพรหมณ์. (2523). บทความทางวิชาการ กองวิเคราะห์วิจัย เล่ม 5 **ธรณีวิทยาในทางหลวง**. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. ถ่ายเอกสาร.
- чимชัย เตะพะพรหมณ์; และ มรกต บุญอยู่. (2545). **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์รูปถ่ายทางอากาศและดาวเทียมกำหนดบริเวณที่เสียหายของถนนบนพื้นที่ป่าดิบ (ดินอ่อน) ของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา**. กรุงเทพฯ : สำนักสำรวจและออกแบบ กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม.
- ชุนจิ มูไร; และสมาคมรีโมทเซนซิงแห่งประเทศไทย. (2536). **คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- ทวิศักดิ์ รัมมิ่งวงศ์; ชาญ ดันติสุกฤต. (2522). **ธรณีวิทยาสำหรับวิศวกร**. เชียงใหม่ : สำนักพิมพ์มิตรนราการพิมพ์.
- ธงชัย พรธณสวัสดิ์. (2538). **คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน**. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย.
- นิภา เจียรภัทรานนท์. (2539). **การประเมินทางธรณีวิทยาสังแวดล้อมโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่จังหวัดสระบุรี ประเทศไทย**. ปริญญา นิพนธ์ วท.ม.(วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- ประวิช ทินกร ณ อยุธยา. (2523). **การจัดลำดับความสำคัญของข้อพิจารณาที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกโครงการตัดถนนเชื่อมต่อบริเวณหมู่บ้าน**. ปรินซ์นิพนธ์ วจ.ม. (วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ปรีชา ธรรมานนท์. (2540). เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่อง **การจัดทำรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ : ระบบนิเวศทางบก : ทรัพยากรป่าไม้**. กรุงเทพฯ : สมาคมที่ปรึกษาสิ่งแวดล้อมไทย (สท.สท.) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันธ์ศรี. (2521). **วิศวกรรมการทาง**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- มนตรี เตชาสกุลสม. (2544). **การสัมมนาเรื่องเทคนิควิธีการแก้ไขป้องกัน การชะล้างพังทลาย และการเคลื่อนตัวของเชิงลาด**. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง.
- วรเดช จันทรศร; และสมบัติ อยู่เมือง. (2545). **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบริหารงานภาครัฐ**. กรุงเทพฯ : หจก.สหายบล็อกและการพิมพ์.
- วรารุณ วุฒินิชย์. (2533). **อุทกวิทยาประยุกต์**. นครปฐม : ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- วีระพล แท้สมบัติ. (2528). **หลักอุทกวิทยา**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์.
- วีระพล แท้สมบัติ. (2531). **อุทกวิทยาประยุกต์**. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : ฟิสิกส์เซนเตอร์ การพิมพ์.
- ศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช. (2540). เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่อง **การจัดทำรายงานการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ : ความสำคัญของรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) ต่อโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ**. กรุงเทพฯ : สมาคมที่ปรึกษาสิ่งแวดล้อมไทย (สท.สท.) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์. (2545?). **สรุปคำบรรยายวิชาภูมิศาสตร์ทรัพยากรน้ำ**. (เอกสารประกอบการสอน). กรุงเทพฯ : คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สมดุลย์ บัญญัติรัชต; และคนอื่นๆ. (2539). **ความเข้าใจในพระราชบัญญัติทางหลวงและกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมการทาง**. วิทยานิพนธ์ วจ.บ.(วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหานคร. ถ่ายเอกสาร.

- สมาคมวิศวกรสิ่งแวดลอมแห่งประเทศไทย (สวสท.).(2542). **รวมกฎหมายสิ่งแวดลอมสำหรับผู้ปฏิบัติ**. กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.
- สรวิศ นฤปิติ. (2534). **การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบแนวทางตั้งที่เหมาะสมที่สุดของถนน**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม.(วิศวกรรมโยธา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- สรศักดิ์ กลิ่นดาว. (2542). **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ : หลักเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ : คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สัญญา สราภิรมย์; และยุทธชัย ชันทปราบ. (2536, มีนาคม-เมษายน). “GIS สำหรับงานธรณีวิทยา,” **วารสารวิทยาศาสตร์**. 47(2) : 71
- สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบจราจรทางบก(สจร.).(2542). **ความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดลอม โครงการฝึกอบรมด้านการจราจรและขนส่ง**. กรุงเทพฯ : สำนักงานฯ.
- แสงตะวัน พลานันท์กุลธร. (2516). **ระบบข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและการก่อสร้างถนน**. วิทยานิพนธ์ วท.ม.(แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- อัศวิน กรรณสูตร; และวีระ เรืองสุขศรีวงศ์. (2535, มิถุนายน). “วิชาการออกแบบงานระบายน้ำของทางหลวง,” **วารสารทางหลวง**. 29(6) : 11-15
- เอกราช ปรีชาชน.(2545). เอกสารการประชุมวิชาการ **การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ : โครงการประสานการก่อสร้างโครงการขนส่งขนาดใหญ่ระยะที่ 7(MTSVII) ในส่วนของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) กรณีศึกษา กรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑล**.
- อำเภอปากช่อง (ม.ป.ป). **เอกสารบรรยายสรุปข้อมูลอำเภอปากช่อง**. นครราชสีมา. ถ่ายเอกสาร.
- อำเภอวังน้ำเขียว (ม.ป.ป). **เอกสารบรรยายสรุปข้อมูลอำเภอวังน้ำเขียว**. นครราชสีมา. ถ่ายเอกสาร.
- AASHTO. (1990). **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 1990**. Washington, D.C. : United States of America.
- AASHTO. (1994). **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 1994**. Washington, D.C. : United States of America.
- Bangkok Metropolitan Administration. (1987). **Study on Road Improvement Rehabilitation and Traffic Safety in Bangkok**. Japan International Cooperation Agency.
- Electrical Generating Authority of Thailand. (1988). **Rainfall Intensity – Duration – Frequency Analysis for Various Regions of Thailand**. Bangkok : Applied Hydrology and Research Section Metrology and Hydrology Division Survey and Ecology Department.

- Elizabeth M. Shaw. (1988). ***Engineering Hydrology Techniques in Practice***. London. Imperial College of Science and Technology : University of London.
- George B. Korte. (1997). ***The GIS Book. 4th ed. USA***. : Library of Congress.
- Keith C. Clarke. (1997) ***Getting Started with Geographic Information Systems***. Santa Barbara . University of California : Prentice-Hall, Inc.
- Louis Berger International, INC. in a joint venture with Asian Engineering Consultants corp., Ltd. (1980). ***Design Supervision of Rural Roads : Design Guidelines Volume 1 Geometric, Drainage, Structure***. Bangkok : Department of Highway. Ministry of Communications. Photocopied.
- Malczewski. Jacek. (1999). ***GIS and Multicriteria Decision Analysis***. New York : Wiley, Inc.
- Michael N. Demers. (1997). ***Fundamentals of Geographic Information System***. New York : Wiley & Sons, Inc.
- Paul H. Wright; & Radnor J. Paquette. (1987). ***Highway Engineering Fifth Edition Georgia Institute of Technology***. Canada : John Wiley & Sons, Inc.
- Philip B. Bedient; & Wayne C. Huber. (1992). ***Hydrology and Floodplain Analysis second Edition***. Florida : University of Florida. Addison-Wesley Publish Company.
- Portland Cement Association. (1964). ***Handbook of Concrete Culvert Pipe Hydraulics***. Chicago, Illinois : United State of America.
- Ray K. Linsley and Joseph B. Franzini. (1979). ***Water Resources Engineering. International Student Edition***. Kogakusha : McGraw-Hill, Inc.
- Ray K. Linsley; & Max A. Kohler; & Joseph L. H. Paulhus. (1988). ***Hydrology for Engineers***. Singapore : McGraw-Hill.
- Robin T. Underwood. (1991). ***The Geometric Design of Road***. Australia : Macmillan Company of Australia Pty Ltd.
- Robert Haining. (1995). ***Spatial Analysis and GIS***. London. Taylor & Francis Ltd.
- Seppe Cassettari. (1993). ***Introduction to Integrated Geo-Information Management***. First edition. London : T.J. Press (Padstow) Ltd.
- Zing Aung. (1991). ***The Study of Landslide Susceptibility using the GIS Approach (west of Amphoe Phi Pun, Nakhon Si Thammarat Province)***. Master Thesis (Geology), Bangkok : Graduate School, Asian Institute of Technology. Photocopied.
- Geographic Information Science II***. (Online). (1998, September) Available : Telnet : everest.hunter.cury.edu : Directory : tbw/gtech362/lecture.notes/lecture1/ lecture1. Retrieved March 14, 2001.

ศูนย์บริหารการทะเบียนภาค 3 (Online). Available : Telnet : tambon.khonthai.com.

Retrieved June 20, 2002.

Criterion Weighting Techniques. (Online). Available: Telnet : geolibrary.uidaho.edu :

Directory : course/geog427/Lecture/5/Lecture5. Retrieved March 2, 2001.

กรมทางหลวง. (2546) (Online). Available : Telnet : doh.mot.go.th. Retrieved November 15, 2003.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

กราฟที่ใช้ในการหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า

กราฟความเข้มฝน สถานีฝนลำตะคอง

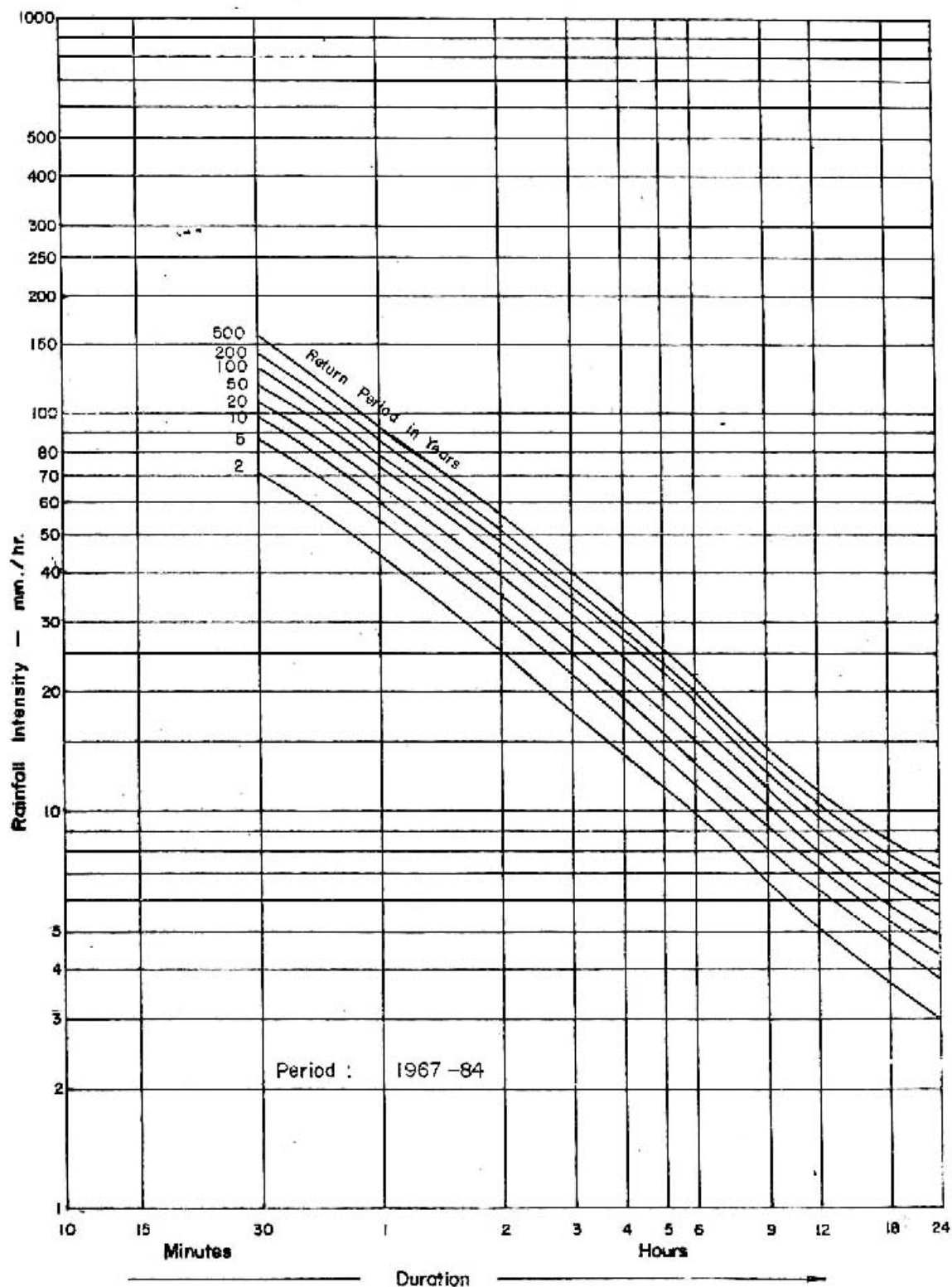


Fig. Rainfall Intensity -- Duration -- Frequency Curves
For

LAM TAKHONG , A. SIKHIU , NAKHON RATCHASIMA (M. 3B C)

กราฟความเข้มฝน สถานีฝนกรมชลประทาน

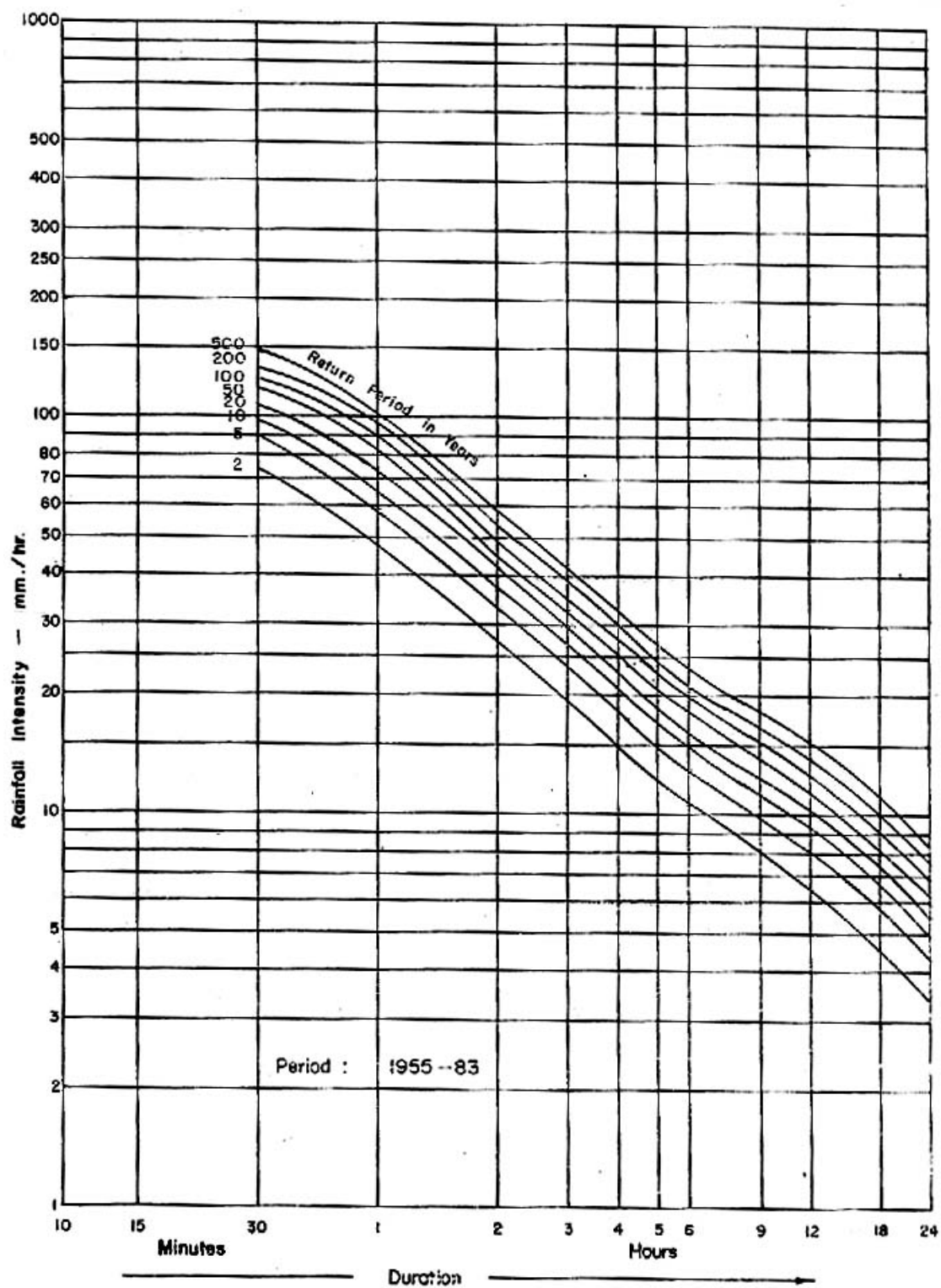


Fig. Rainfall Intensity — Duration — Frequency Curves

For

RID. OFFICE , NAKHON RATCHASIMA (KORAT)

กราฟความเข้มฝน สถานีฝนบ้านทุ่งแฝก

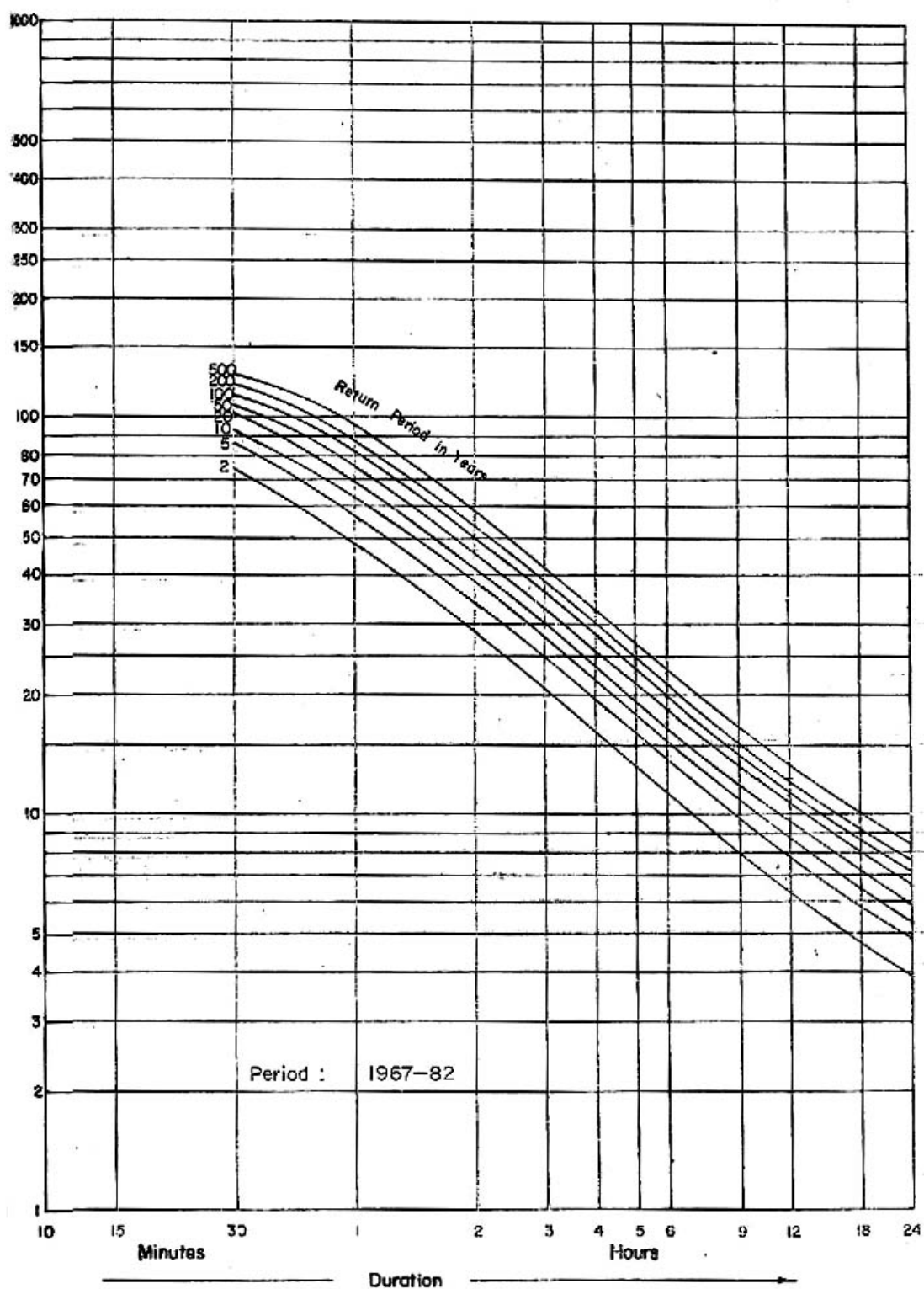


Fig. Rainfall intensity — Duration — Frequency Curves

For
BAN THUNG FAEK, PRACHINBURI (Kgt. 14)

กราฟความเข้มฝน สถานีฝนบ้านตะคร้อ

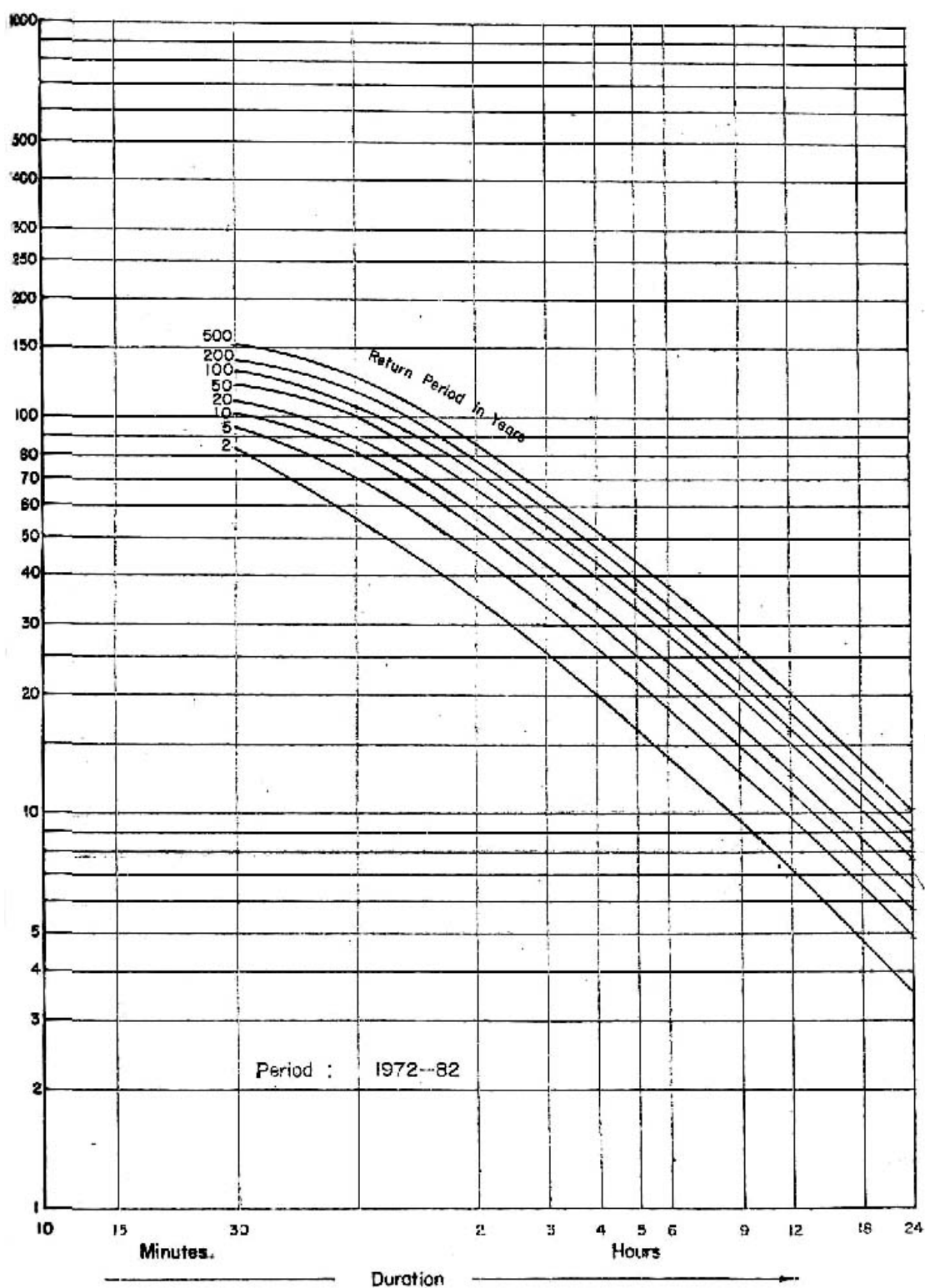
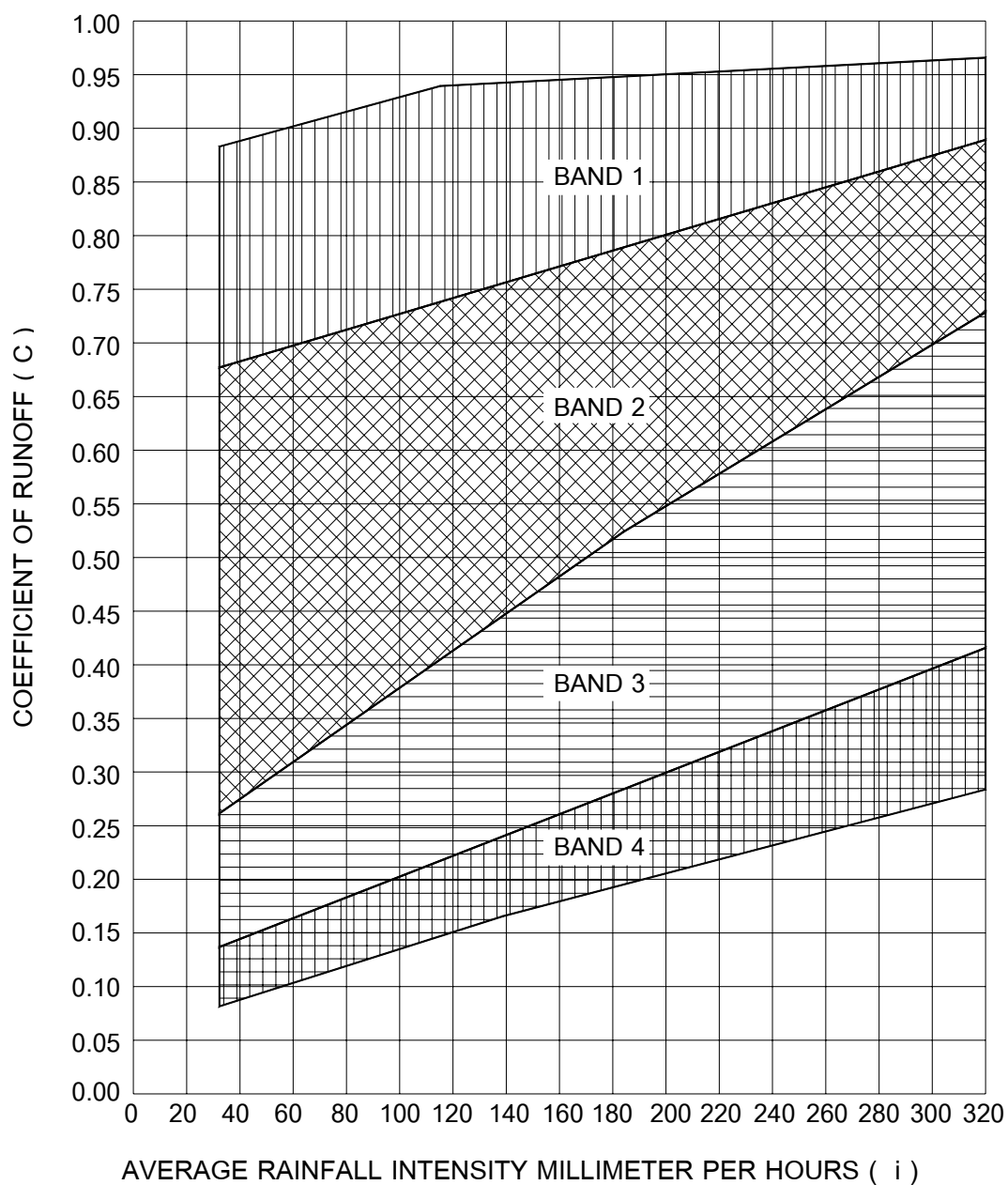


Fig. Rainfall Intensity — Duration — Frequency Curves

For

BAN TAKHRO, PRACHINBURI (Kgt.24)

กราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ของกรมทางหลวง



BAND 1 STEEP, BARREN, IMPERVIOUS



BAND 2 ROLLING BARREN IN UPPER BAND VALUES, FLAT BARREN IN

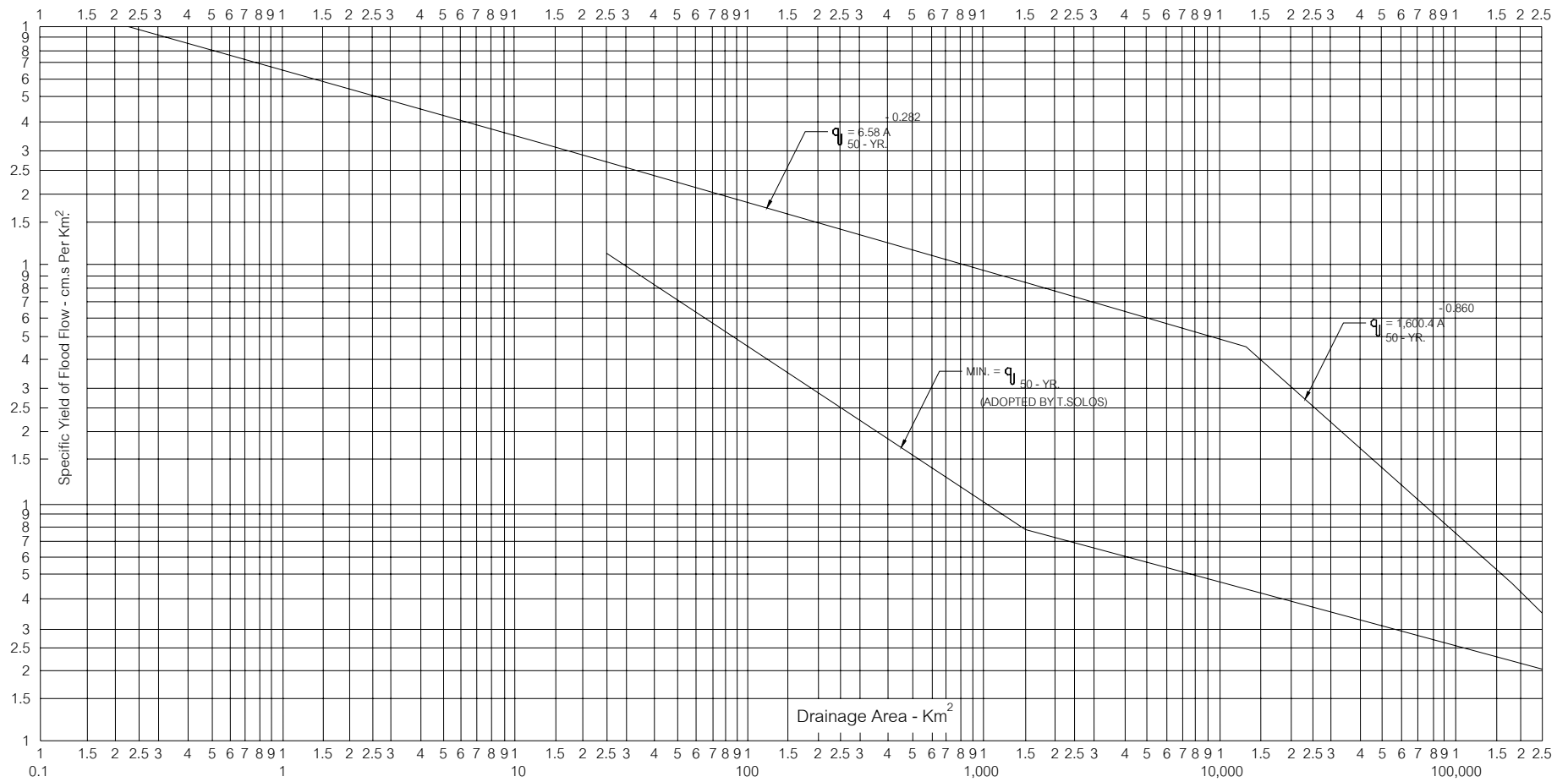
LOWER PART OF BAND STEEP FORESTED & STEEP GRASS MEADOWS



BAND 3 TIMBER LANDS OF MODERATE TO STEEP SLOPES, MOUNTAINOUS, FARMING



BAND 4 FLAT PERVIOUS SURFACES, FLAT FARMLANDS WOODED
AREAS AND MEADOWS



SPECIFIC YIELDS OF FLOOD - FLOW

FOR RIVER IN THAILAND

กราฟแสดงค่า Specific Yields of Flow for River in Thailand

ภาคผนวก ข

การคำนวณหาค่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำท่า

Area No.	Rational Method						Specific	Return	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C	Yield Method (cm/Km ²)	Period yrs.			
Q-1	1.10	6.40	80	1.50	44	0.21	-	10	2.82	758,641.624	1,622,513.638
Q-2	0.53	2.60	20	0.90	64	0.24	-	10	2.23	759,883.861	1,624,081.071
Q-3	0.15	1.20	50	0.26	149	0.35	-	10	2.18	761,126.099	1,625,648.504
Q-4	0.84	4.50	40	1.30	49	0.22	-	10	2.47	762,368.336	1,627,215.937
Q-5	3.37	4.10	40	1.17	53	0.22	-	10	11.00	763,610.574	1,628,783.370
Q-6	0.22	0.98	10	0.38	117	0.31	-	10	2.20	764,852.811	1,630,350.803
Q-7	346.74	-	-	-	-	-	1.26	50	438.48	760,209.057	1,621,271.401
Q-8	0.70	1.80	20	0.59	87	0.27	-	10	4.53	761,451.294	1,622,838.834
Q-9	0.09	0.66	5	0.32	132	0.33	-	10	1.08	762,693.532	1,624,406.267
Q-10	0.25	0.60	60	0.11	230	0.46	-	10	7.36	763,935.769	1,625,973.700
Q-11	1.94	2.20	40	0.57	90	0.27	-	10	13.18	765,178.007	1,627,541.133
Q-12	1.90	3.50	40	0.97	61	0.23	-	10	7.49	766,420.244	1,629,108.566
Q-13	0.13	0.54	5	0.25	152	0.36	-	10	1.95	767,662.482	1,630,675.999
Q-14	0.77	2.24	360	0.25	152	0.36	-	10	11.56	773,873.669	1,638,513.164
Q-15	0.38	2.30	160	0.35	124	0.32	-	10	4.16	775,115.906	1,640,080.597
Q-16	0.67	4.26	260	0.59	87	0.27	-	10	4.33	776,358.143	1,641,648.030
Q-17	0.28	2.44	20	0.84	68	0.24	-	10	1.28	759,292.015	1,616,894.298
Q-18	0.37	2.38	60	0.53	94	0.28	-	10	2.68	760,534.253	1,618,461.731
Q-19	7.13	3.55	20	1.29	49	0.22	-	10	20.99	761,776.490	1,620,029.164
Q-20	0.45	0.84	5	0.42	111	0.30	-	10	4.16	763,018.727	1,621,596.597
Q-21	0.05	0.30	5	0.13	215	0.44	-	10	1.32	764,260.965	1,623,164.030
Q-22	0.02	0.13	3	0.06	285	0.53	-	10	0.85	765,503.202	1,624,731.463
Q-23	0.36	0.83	15	0.27	145	0.35	-	10	5.02	766,745.440	1,626,298.896
Q-28	0.05	0.60	80	0.10	240	0.47	-	10	1.58	772,956.627	1,634,136.061

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-32	0.78	3.10	240	0.42	109	0.30	-	10	7.02	777,925.576	1,640,405.793
Q-33	0.05	0.50	120	0.07	273	0.52	-	10	1.97	759,617.211	1,614,084.627
Q-34	0.24	1.26	60	0.26	150	0.35	-	10	3.53	760,859.448	1,615,652.060
Q-35	7.30	4.40	140	0.78	71	0.25	-	10	35.42	762,101.686	1,617,219.493
Q-36	0.03	0.27	3	0.14	208	0.43	-	10	0.75	763,343.923	1,618,786.926
Q-37	4.50	3.60	10	1.71	39	0.20	-	10	9.89	764,586.160	1,620,354.359
Q-38	0.27	1.30	10	0.53	94	0.28	-	10	1.95	765,828.398	1,621,921.792
Q-39	1.10	2.20	20	0.74	74	0.25	-	10	5.66	767,070.635	1,623,489.225
Q-40	1.39	2.25	20	0.76	73	0.25	-	10	7.01	768,312.873	1,625,056.658
Q-41	0.50	3.50	40	0.97	61	0.23	-	10	1.97	769,555.110	1,626,624.091
Q-42	0.18	1.84	15	0.68	79	0.26	-	10	1.01	770,797.348	1,628,191.524
Q-43	8.00	6.70	100	1.45	45	0.21	-	10	21.09	772,039.585	1,629,758.957
Q-44	5.83	3.21	40	0.88	66	0.24	-	10	25.58	773,281.822	1,631,326.390
Q-45	1.60	2.10	400	0.22	162	0.37	-	10	26.57	774,524.060	1,632,893.823
Q-46	0.02	0.25	15	0.07	273	0.52	-	10	0.79	775,766.297	1,634,461.256
Q-47	0.55	1.40	80	0.26	149	0.35	-	10	8.00	777,008.535	1,636,028.689
Q-48	0.48	3.04	140	0.51	97	0.28	-	10	3.64	778,250.772	1,637,596.122
Q-49	2.50	5.15	320	0.68	79	0.26	-	10	14.09	779,493.009	1,639,163.555
Q-51	2.46	2.60	100	0.49	100	0.29	-	10	19.49	759,942.406	1,611,274.957
Q-52	0.03	0.43	120	0.06	288	0.54	-	10	1.29	761,184.644	1,612,842.390
Q-53	0.10	1.10	100	0.18	182	0.40	-	10	2.00	762,426.881	1,614,409.823
Q-54	0.46	3.08	140	0.52	96	0.28	-	10	3.43	763,669.119	1,615,977.256
Q-55	0.48	2.08	40	0.53	94	0.28	-	10	3.47	764,911.356	1,617,544.689
Q-56	0.01	0.20	3	0.10	241	0.48	-	10	0.32	766,153.593	1,619,112.122
Q-57	0.75	1.87	15	0.69	78	0.26	-	10	4.15	767,395.831	1,620,679.555
Q-58	17.37	6.20	80	1.44	45	0.21	-	10	45.80	768,638.068	1,622,246.988

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-62	1.24	5.03	100	1.04	58	0.23	-	10	4.56	773,607.018	1,628,516.720
Q-63	17.64	7.20	220	1.16	53	0.22	-	10	57.58	774,849.255	1,630,084.153
Q-64	2.53	3.17	240	0.44	108	0.30	-	10	22.47	776,091.493	1,631,651.586
Q-65	0.05	0.80	160	0.10	234	0.47	-	10	1.52	777,333.730	1,633,219.019
Q-66	0.52	1.34	80	0.25	153	0.36	-	10	7.89	778,575.968	1,634,786.452
Q-67	0.47	1.93	60	0.42	110	0.30	-	10	4.29	779,818.205	1,636,353.885
Q-68	0.73	2.98	140	0.50	108	0.30	-	10	6.48	781,060.442	1,637,921.318
Q-69	0.05	0.20	120	0.02	346	0.62	-	10	2.97	757,783.127	1,605,330.420
Q-70	0.45	0.36	160	0.04	312	0.57	-	10	22.29	759,025.365	1,606,897.853
Q-71	0.08	0.70	60	0.13	213	0.44	-	10	2.07	760,267.602	1,608,465.286
Q-72	0.93	2.60	40	0.69	78	0.26	-	10	5.15	761,509.839	1,610,032.719
Q-73	0.80	2.60	140	0.43	109	0.30	-	10	7.20	762,752.077	1,611,600.152
Q-74	0.62	2.00	20	0.67	80	0.26	-	10	3.56	763,994.314	1,613,167.585
Q-75	1.25	2.25	140	0.36	122	0.31	-	10	13.34	765,236.552	1,614,735.018
Q-76	0.95	2.38	60	0.53	94	0.28	-	10	6.87	766,478.789	1,616,302.451
Q-77	0.50	2.20	10	0.97	61	0.23	-	10	1.97	767,721.026	1,617,869.884
Q-78	3.83	2.96	80	0.61	85	0.26	-	10	23.96	768,963.264	1,619,437.317
Q-79	1.00	4.00	80	0.87	66	0.24	-	10	4.39	770,205.501	1,621,004.750
Q-80	14.33	6.24	140	1.17	53	0.22	-	10	46.78	771,447.739	1,622,572.183
Q-81	2.10	4.20	100	0.84	68	0.24	-	10	9.60	772,689.976	1,624,139.616
Q-82	0.12	1.29	20	0.40	113	0.30	-	10	1.14	773,932.214	1,625,707.049
Q-83	6.60	5.80	100	1.23	51	0.22	-	10	20.48	775,174.451	1,627,274.482
Q-84	0.90	5.06	100	1.05	58	0.23	-	10	3.31	776,416.688	1,628,841.915
Q-85	1.50	2.70	420	0.29	139	0.34	-	10	19.57	777,658.926	1,630,409.348
Q-86	0.09	0.89	240	0.10	237	0.47	-	10	2.79	778,901.163	1,631,976.781
Q-87	0.04	0.40	15	0.12	224	0.45	-	10	1.13	780,143.401	1,633,544.214

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-91	0.56	1.55	360	0.16	139	0.34	-	10	7.31	759,350.560	1,604,088.183
Q-92	0.10	1.98	80	0.39	117	0.31	-	10	1.00	760,592.798	1,605,655.616
Q-93	0.25	1.39	10	0.57	89	0.27	-	10	1.67	761,835.035	1,607,223.049
Q-94	0.07	0.86	20	0.25	151	0.35	-	10	1.04	763,077.272	1,608,790.482
Q-95	0.03	0.85	80	0.15	202	0.42	-	10	0.71	764,319.510	1,610,357.915
Q-96	0.05	0.35	60	0.06	286	0.54	-	10	2.13	765,561.747	1,611,925.348
Q-97	0.05	0.63	100	0.09	243	0.48	-	10	1.61	766,803.985	1,613,492.781
Q-98	0.33	2.80	160	0.44	107	0.29	-	10	2.89	768,046.222	1,615,060.214
Q-99	0.32	2.30	120	0.39	115	0.31	-	10	3.12	769,288.459	1,616,627.647
Q-100	0.08	0.74	20	0.21	167	0.38	-	10	1.39	770,530.697	1,618,195.080
Q-101	0.09	0.53	20	0.14	203	0.42	-	10	2.15	771,772.934	1,619,762.513
Q-102	1.54	2.29	100	0.42	110	0.30	-	10	14.06	773,015.172	1,621,329.946
Q-103	0.14	1.42	20	0.45	105	0.29	-	10	1.19	774,257.409	1,622,897.379
Q-104	0.03	0.62	60	0.11	226	0.46	-	10	0.86	775,499.647	1,624,464.812
Q-105	0.26	2.70	120	0.47	102	0.29	-	10	2.12	776,741.884	1,626,032.245
Q-106	0.50	4.40	100	0.89	65	0.24	-	10	2.15	777,984.121	1,627,599.678
Q-107	2.50	2.97	200	0.43	108	0.30	-	10	22.20	779,226.359	1,629,167.111
Q-108	0.16	1.28	280	0.14	203	0.42	-	10	3.83	780,468.596	1,630,734.544
Q-109	0.10	0.76	80	0.13	214	0.44	-	10	2.61	781,710.834	1,632,301.977
Q-110	0.96	1.84	120	0.30	135	0.33	-	10	11.97	782,953.071	1,633,869.410
Q-111	0.25	1.65	160	0.24	130	0.33	-	10	2.94	784,195.308	1,635,436.843
Q-112	0.98	2.20	180	0.32	122	0.31	-	10	10.46	759,675.756	1,601,278.513
Q-113	0.17	0.70	240	0.08	150	0.35	-	10	2.50	760,917.993	1,602,845.946
Q-114	1.53	2.55	280	0.32	122	0.31	-	10	16.33	762,160.231	1,604,413.379
Q-115	1.15	4.00	440	0.45	111	0.30	-	10	10.64	763,402.468	1,605,980.812
Q-116	0.23	1.70	40	0.42	110	0.30	-	10	2.10	764,644.705	1,607,548.245

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-120	0.01	0.16	10	0.05	302	0.56	-	10	0.47	769,613.655	1,613,817.977
Q-121	1.10	3.40	140	0.58	88	0.27	-	10	7.23	770,855.892	1,615,385.410
Q-122	0.04	0.69	80	0.11	225	0.45	-	10	1.14	772,098.130	1,616,952.843
Q-123	0.40	1.10	100	0.18	182	0.40	-	10	8.01	773,340.367	1,618,520.276
Q-124	0.08	1.00	60	0.20	174	0.38	-	10	1.49	774,582.605	1,620,087.709
Q-125	0.50	0.90	60	0.17	185	0.40	-	10	10.28	775,824.842	1,621,655.142
Q-126	0.05	0.60	60	0.11	230	0.46	-	10	1.47	777,067.080	1,623,222.575
Q-127	1.40	3.50	80	0.75	74	0.25	-	10	7.20	778,309.317	1,624,790.008
Q-128	1.93	4.20	80	0.92	63	0.24	-	10	7.95	779,551.554	1,626,357.441
Q-129	1.10	1.70	380	0.18	183	0.40	-	10	22.22	780,793.792	1,627,924.874
Q-130	0.01	0.22	10	0.07	273	0.52	-	10	0.39	782,036.029	1,629,492.307
Q-131	0.40	2.90	200	0.42	110	0.30	-	10	3.65	783,278.267	1,631,059.740
Q-132	0.13	0.56	60	0.10	237	0.47	-	10	4.03	784,520.504	1,632,627.173
Q-133	19.00	6.60	400	0.83	88	0.27	-	10	124.94	785,762.741	1,634,194.606
Q-134	0.02	0.21	40	0.04	155	0.36	-	10	0.31	786,243.189	1,600,036.275
Q-135	3.94	2.45	180	0.36	119	0.31	-	10	40.49	787,485.426	1,601,603.708
Q-136	0.35	1.10	220	0.13	142	0.34	-	10	4.72	788,727.664	1,603,171.141
Q-137	0.16	2.40	160	0.37	118	0.31	-	10	1.62	789,969.901	1,604,738.574
Q-138	0.04	0.58	5	0.27	127	0.32	-	10	0.45	791,212.138	1,606,306.007
Q-139	12.62	7.25	400	0.93	63	0.24	-	10	51.95	792,454.376	1,607,873.440
Q-140	0.15	0.74	15	0.24	157	0.36	-	10	2.37	793,696.613	1,609,440.873
Q-141	0.03	0.30	15	0.08	255	0.49	-	10	1.05	794,938.851	1,611,008.306
Q-142	0.06	0.35	60	0.06	286	0.54	-	10	2.56	796,181.088	1,612,575.739
Q-143	0.05	0.70	120	0.10	238	0.47	-	10	1.56	797,423.325	1,614,143.172
Q-144	1.70	1.92	40	0.49	100	0.29	-	10	13.47	798,665.563	1,615,710.605
Q-145	0.02	0.74	80	0.12	217	0.44	-	10	0.53	799,907.800	1,617,278.038

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-149	2.55	7.51	180	1.32	48	0.21	-	10	7.31	779,876.750	1,623,547.770
Q-150	136.39	15.30	160	-	-	-	1.65	50	224.39	781,118.987	1,625,115.203
Q-151	0.20	1.62	380	0.17	188	0.40	-	10	4.22	782,361.225	1,626,682.636
Q-152	0.11	0.66	100	0.10	238	0.47	-	10	3.43	783,603.462	1,628,250.069
Q-153	0.26	2.22	180	0.32	130	0.33	-	10	3.06	784,845.700	1,629,817.502
Q-154	9.75	5.60	220	0.87	66	0.24	-	10	42.77	786,087.937	1,631,384.935
Q-155	0.59	1.82	80	0.35	124	0.32	-	10	6.46	787,330.174	1,632,952.368
Q-156	0.30	2.10	100	0.38	117	0.31	-	10	3.00	788,572.412	1,634,519.801
Q-157	5.85	3.68	140	0.64	98	0.28	-	10	44.99	762,810.622	1,598,794.038
Q-158	0.20	0.80	40	0.18	137	0.33	-	10	2.55	764,052.859	1,600,361.471
Q-159	0.06	0.60	220	0.07	151	0.35	-	10	0.89	765,295.097	1,601,928.904
Q-160	0.75	2.40	600	0.22	132	0.33	-	10	9.03	766,537.334	1,603,496.337
Q-161	0.25	4.11	260	0.57	103	0.29	-	10	2.07	767,779.571	1,605,063.770
Q-162	1.25	4.60	500	0.50	107	0.29	-	10	10.95	769,021.809	1,606,631.203
Q-163	0.62	3.62	80	0.78	72	0.25	-	10	3.07	770,264.046	1,608,198.636
Q-164	0.30	1.75	100	0.31	134	0.33	-	10	3.70	771,506.284	1,609,766.069
Q-165	0.01	0.10	2	0.05	296	0.55	-	10	0.45	772,748.521	1,611,333.502
Q-166	0.30	0.80	180	0.10	238	0.47	-	10	9.35	773,990.759	1,612,900.935
Q-167	0.01	0.62	5	0.29	138	0.34	-	10	0.13	775,232.996	1,614,468.368
Q-168	0.05	0.65	20	0.18	181	0.39	-	10	0.99	776,475.233	1,616,035.801
Q-169	3.78	3.85	40	1.09	56	0.23	-	10	13.28	777,717.471	1,617,603.234
Q-170	0.19	1.90	50	0.44	107	0.29	-	10	1.66	778,959.708	1,619,170.667
Q-171	5.84	5.32	100	1.11	55	0.22	-	10	20.02	780,201.946	1,620,738.100
Q-172	2.00	4.30	100	0.87	66	0.24	-	10	8.77	781,444.183	1,622,305.533
Q-173	0.51	2.84	15	1.12	55	0.22	-	10	1.75	782,686.420	1,623,872.966
Q-174	0.46	3.38	220	0.49	100	0.29	-	10	3.64	783,928.658	1,625,440.399

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-178	0.80	2.10	20	0.70	77	0.25	-	10	4.35	788,897.607	1,631,710.131
Q-179	0.08	1.63	60	0.34	120	0.31	-	10	0.83	790,139.845	1,633,277.564
Q-180	0.14	0.96	180	0.12	144	0.34	-	10	1.93	766,862.530	1,600,686.666
Q-181	0.07	0.81	40	0.18	137	0.33	-	10	0.89	768,104.767	1,602,254.099
Q-182	2.18	2.67	480	0.27	127	0.32	-	10	24.74	769,347.004	1,603,821.532
Q-183	0.04	0.21	20	0.05	153	0.36	-	10	0.61	770,589.242	1,605,388.965
Q-184	35.45	-	-	-	-	-	2.41	50	85.28	771,831.479	1,606,956.398
Q-185	0.67	1.62	20	0.52	95	0.28	-	10	4.92	773,073.717	1,608,523.831
Q-186	0.02	0.65	5	0.31	134	0.33	-	10	0.25	774,315.954	1,610,091.264
Q-187	0.04	0.25	40	0.05	304	0.56	-	10	1.89	775,558.192	1,611,658.697
Q-188	0.06	1.03	100	0.17	189	0.41	-	10	1.28	776,800.429	1,613,226.130
Q-189	0.13	1.06	140	0.15	198	0.42	-	10	2.99	778,042.666	1,614,793.563
Q-190	0.02	0.33	5	0.14	204	0.43	-	10	0.48	779,284.904	1,616,360.996
Q-191	0.02	0.47	10	0.16	191	0.41	-	10	0.43	780,527.141	1,617,928.429
Q-192	0.40	2.71	100	0.51	97	0.28	-	10	3.03	781,769.379	1,619,495.862
Q-193	0.66	4.97	120	0.96	62	0.23	-	10	2.66	783,011.616	1,621,063.295
Q-194	0.16	0.65	5	0.31	134	0.33	-	10	1.97	784,253.853	1,622,630.728
Q-195	0.28	2.40	20	0.82	69	0.24	-	10	1.31	785,496.091	1,624,198.161
Q-196	0.05	1.28	220	0.16	194	0.41	-	10	1.11	786,738.328	1,625,765.594
Q-197	0.01	0.20	2	0.11	226	0.46	-	10	0.29	787,971.884	1,627,319.400
Q-198	0.03	0.48	40	0.10	239	0.47	-	10	0.94	789,222.803	1,628,900.460
Q-199	0.01	0.30	2	0.18	181	0.39	-	10	0.20	790,465.040	1,630,467.893
Q-200	0.08	1.32	80	0.24	130	0.33	-	10	0.94	791,707.278	1,632,035.326
Q-201	2.00	2.50	200	0.36	119	0.31	-	10	20.55	769,672.200	1,601,011.862
Q-202	0.06	0.83	200	0.10	147	0.35	-	10	0.85	770,914.437	1,602,579.295
Q-203	0.17	2.04	200	0.28	142	0.34	-	10	2.29	772,156.675	1,604,146.728

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-207	0.03	0.50	80	0.08	260	0.50	-	10	1.09	777,125.625	1,610,416.460
Q-208	0.14	0.76	80	0.13	214	0.44	-	10	3.66	778,367.862	1,611,983.893
Q-209	0.70	1.25	60	0.25	151	0.35	-	10	10.40	779,610.099	1,613,551.326
Q-210	0.01	0.33	80	0.05	300	0.56	-	10	0.46	780,852.337	1,615,118.759
Q-211	0.28	1.10	40	0.26	150	0.35	-	10	4.12	782,094.574	1,616,686.192
Q-212	2.38	3.87	60	0.94	63	0.24	-	10	9.80	783,336.812	1,618,253.625
Q-213	8.00	6.00	100	1.27	50	0.22	-	10	24.19	784,579.049	1,619,821.058
Q-214	2.94	3.85	100	0.76	73	0.25	-	10	14.83	785,821.286	1,621,388.491
Q-215	7.00	9.00	140	1.79	38	0.20	-	10	14.89	787,063.524	1,622,955.924
Q-216	1.73	2.35	320	0.28	143	0.34	-	10	23.59	788,305.761	1,624,523.357
Q-217	0.53	1.47	100	0.25	151	0.35	-	10	7.87	789,547.999	1,626,090.790
Q-218	0.04	0.73	40	0.16	193	0.41	-	10	0.88	790,790.236	1,627,658.223
Q-219	0.26	0.80	70	0.14	204	0.43	-	10	6.27	792,032.473	1,629,225.656
Q-220	0.14	1.78	60	0.38	117	0.31	-	10	1.40	793,274.711	1,630,793.089
Q-221	7.35	3.85	280	0.51	107	0.29	-	10	64.38	771,239.633	1,599,769.624
Q-222	0.16	2.24	300	0.27	127	0.32	-	10	1.82	772,481.870	1,601,337.057
Q-223	0.13	1.31	50	0.29	126	0.32	-	10	1.46	773,724.108	1,602,904.490
Q-224	1.47	2.25	80	0.45	112	0.30	-	10	13.79	774,966.345	1,604,471.923
Q-225	0.06	0.67	60	0.12	144	0.34	-	10	0.83	776,208.583	1,606,039.357
Q-226	0.01	0.31	40	0.06	152	0.36	-	10	0.15	777,450.820	1,607,606.790
Q-227	3.29	2.94	100	0.56	103	0.29	-	10	27.23	778,693.058	1,609,174.223
Q-228	0.03	0.91	100	0.14	203	0.42	-	10	0.72	779,935.295	1,610,741.656
Q-229	0.01	0.32	20	0.08	258	0.50	-	10	0.36	781,177.532	1,612,309.089
Q-230	0.01	0.25	15	0.07	273	0.52	-	10	0.39	782,419.770	1,613,876.522
Q-231	0.01	0.38	15	0.11	229	0.46	-	10	0.29	783,662.007	1,615,443.955
Q-232	6.17	6.07	60	1.57	42	0.21	-	10	14.89	784,904.245	1,617,011.388

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-236	0.11	1.16	140	0.17	188	0.40	-	10	2.32	789,873.194	1,623,281.120
Q-237	0.01	0.40	20	0.10	234	0.47	-	10	0.30	791,115.432	1,624,848.553
Q-238	0.07	1.37	40	0.33	129	0.32	-	10	0.81	792,357.669	1,626,415.986
Q-239	0.02	0.54	60	0.10	241	0.48	-	10	0.64	793,599.906	1,627,983.419
Q-240	0.37	1.66	160	0.24	130	0.33	-	10	4.35	794,842.144	1,629,550.852
Q-241	0.25	1.45	180	0.20	135	0.33	-	10	3.12	772,807.066	1,598,527.387
Q-242	11.75	6.79	540	0.77	91	0.27	-	10	81.11	774,049.303	1,600,094.820
Q-243	0.40	1.75	140	0.27	127	0.32	-	10	4.54	775,291.541	1,601,662.253
Q-244	0.22	1.09	40	0.25	129	0.32	-	10	2.56	776,533.778	1,603,229.686
Q-245	0.01	0.40	2	0.25	129	0.32	-	10	0.12	777,776.016	1,604,797.119
Q-246	2.39	3.02	60	0.70	95	0.28	-	10	17.56	779,018.253	1,606,364.552
Q-247	0.24	0.80	10	0.30	124	0.32	-	10	2.63	780,260.491	1,607,931.985
Q-248	0.64	1.39	40	0.34	121	0.31	-	10	6.75	781,502.728	1,609,499.418
Q-249	0.05	0.77	60	0.14	202	0.42	-	10	1.19	782,744.965	1,611,066.851
Q-250	0.85	1.44	80	0.27	146	0.35	-	10	11.97	783,987.203	1,612,634.284
Q-251	5.60	3.40	50	0.86	66	0.24	-	10	24.57	785,229.440	1,614,201.717
Q-252	0.10	0.95	10	0.37	120	0.31	-	10	1.04	786,471.678	1,615,769.150
Q-253	0.25	2.02	20	0.67	80	0.26	-	10	1.43	787,713.915	1,617,336.583
Q-254	1.37	2.58	40	0.68	79	0.26	-	10	7.72	788,956.152	1,618,904.016
Q-255	3.20	3.00	40	0.81	69	0.24	-	10	14.93	790,198.390	1,620,471.449
Q-256	2.74	1.79	320	0.20	171	0.38	-	10	49.61	791,440.627	1,622,038.882
Q-257	0.01	0.43	20	0.11	226	0.46	-	10	0.29	792,682.865	1,623,606.315
Q-258	0.01	0.77	40	0.17	187	0.40	-	10	0.21	793,925.102	1,625,173.748
Q-259	2.65	2.70	220	0.37	119	0.31	-	10	27.23	795,167.339	1,626,741.181
Q-260	7.23	4.84	320	0.64	99	0.28	-	10	56.44	796,409.577	1,628,308.614
Q-261	0.01	0.53	80	0.08	149	0.35	-	10	0.15	774,374.499	1,597,285.150

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-265	0.30	1.20	40	0.28	126	0.32	-	10	3.36	779,343.449	1,603,554.882
Q-266	0.06	1.00	40	0.23	131	0.33	-	10	0.71	780,585.686	1,605,122.315
Q-267	0.73	1.28	50	0.28	126	0.32	-	10	8.19	781,827.924	1,606,689.748
Q-268	2.99	2.97	80	0.62	100	0.29	-	10	23.69	783,070.161	1,608,257.181
Q-269	0.40	0.98	20	0.29	125	0.32	-	10	4.43	784,312.398	1,609,824.614
Q-270	0.01	0.40	40	0.08	259	0.50	-	10	0.36	785,554.636	1,611,392.047
Q-271	0.12	1.28	120	0.20	172	0.38	-	10	2.19	786,796.873	1,612,959.480
Q-272	0.08	1.25	80	0.23	160	0.37	-	10	1.30	788,039.111	1,614,526.913
Q-273	12.53	7.52	100	1.65	41	0.21	-	10	29.33	789,281.348	1,616,094.346
Q-274	1.26	3.61	60	0.86	67	0.24	-	10	5.64	790,523.585	1,617,661.779
Q-275	0.10	1.36	20	0.43	109	0.30	-	10	0.90	791,765.823	1,619,229.212
Q-276	0.45	1.52	280	0.18	184	0.40	-	10	9.17	793,008.060	1,620,796.645
Q-277	0.01	0.35	20	0.09	248	0.48	-	10	0.33	794,250.298	1,622,364.078
Q-278	0.76	1.11	100	0.18	181	0.39	-	10	15.08	795,492.535	1,623,931.511
Q-279	0.30	2.43	140	0.39	116	0.31	-	10	2.97	796,734.772	1,625,498.944
Q-280	0.01	0.55	260	0.06	152	0.36	-	10	0.15	777,184.169	1,597,610.345
Q-281	0.75	1.85	600	0.16	139	0.34	-	10	9.79	778,426.407	1,599,177.778
Q-282	12.03	5.69	80	1.31	69	0.24	-	10	56.11	779,677.592	1,600,722.939
Q-283	0.35	1.40	40	0.34	121	0.31	-	10	3.69	780,910.882	1,602,312.644
Q-284	0.01	0.31	5	0.13	142	0.34	-	10	0.13	782,153.119	1,603,880.077
Q-285	0.21	0.80	60	0.15	140	0.34	-	10	2.77	783,395.357	1,605,447.510
Q-286	0.20	1.34	20	0.42	114	0.30	-	10	1.93	784,637.594	1,607,014.943
Q-287	0.03	0.37	20	0.09	147	0.35	-	10	0.43	785,879.831	1,608,582.376
Q-288	0.66	1.50	60	0.31	123	0.32	-	10	7.13	787,122.069	1,610,149.809
Q-289	0.60	1.90	40	0.48	101	0.29	-	10	4.82	788,364.306	1,611,717.242
Q-290	5.17	4.20	140	0.74	74	0.25	-	10	26.58	789,606.544	1,613,284.675

Area No.	Rational Method						Specific	Return	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C	Yield Method (cm/Km ²)	Period yrs.			
Q-294	0.04	0.97	260	0.11	231	0.46	-	10	1.19	794,575.493	1,619,554.407
Q-295	0.06	1.15	140	0.17	189	0.41	-	10	1.28	795,817.731	1,621,121.840
Q-296	0.05	0.91	160	0.12	179	0.39	-	10	0.97	797,059.968	1,622,689.273
Q-297	1.50	3.25	340	0.39	116	0.31	-	10	14.83	798,302.205	1,624,256.706
Q-298	0.01	0.38	160	0.04	154	0.36	-	10	0.15	779,993.840	1,597,935.541
Q-299	0.01	0.30	20	0.07	150	0.35	-	10	0.15	781,236.077	1,599,502.974
Q-300	0.01	0.47	30	0.11	146	0.35	-	10	0.14	782,478.315	1,601,070.407
Q-301	2.95	3.50	60	0.83	88	0.27	-	10	19.40	783,720.552	1,602,637.840
Q-302	26.40	-	-	-	-	-	2.61	50	69.01	784,962.790	1,604,205.273
Q-303	0.10	0.91	40	0.21	134	0.33	-	10	1.23	786,205.027	1,605,772.706
Q-304	0.01	0.30	5	0.13	143	0.34	-	10	0.14	787,447.264	1,607,340.139
Q-305	5.54	2.77	40	0.74	92	0.27	-	10	38.85	788,689.502	1,608,907.572
Q-306	0.05	0.89	20	0.26	128	0.32	-	10	0.57	789,931.739	1,610,475.005
Q-307	0.03	0.55	20	0.15	199	0.42	-	10	0.69	791,173.977	1,612,042.438
Q-308	0.09	1.41	30	0.38	117	0.31	-	10	0.90	792,416.214	1,613,609.871
Q-309	33.90	-	-	-	-	-	2.44	50	82.59	793,658.451	1,615,177.304
Q-310	0.01	0.45	10	0.16	196	0.41	-	10	0.23	794,900.689	1,616,744.737
Q-311	0.02	0.74	180	0.09	247	0.48	-	10	0.66	796,142.926	1,618,312.170
Q-312	0.02	0.73	120	0.10	185	0.40	-	10	0.41	797,385.164	1,619,879.603
Q-313	0.05	1.03	140	0.15	169	0.38	-	10	0.89	798,627.401	1,621,447.036
Q-314	0.12	1.10	220	0.13	142	0.34	-	10	1.62	799,869.638	1,623,014.469
Q-315	0.10	1.78	360	0.19	136	0.33	-	10	1.26	782,803.510	1,598,260.736
Q-316	3.50	3.60	280	0.48	109	0.30	-	10	31.51	784,045.748	1,599,828.169
Q-317	0.01	0.45	10	0.16	140	0.34	-	10	0.13	785,287.985	1,601,395.602
Q-318	0.85	2.80	60	0.64	98	0.28	-	10	6.54	786,530.223	1,602,963.035
Q-319	0.20	0.86	20	0.25	129	0.32	-	10	2.32	787,772.460	1,604,530.468

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-323	0.43	0.99	40	0.23	132	0.33	-	10	5.18	792,741.410	1,610,800.200
Q-324	0.01	0.50	10	0.18	184	0.40	-	10	0.20	793,983.647	1,612,367.633
Q-325	0.01	0.22	5	0.09	249	0.49	-	10	0.34	795,225.884	1,613,935.066
Q-326	0.70	1.10	220	0.13	211	0.43	-	10	17.86	796,468.122	1,615,502.499
Q-327	0.01	0.37	10	0.12	177	0.39	-	10	0.19	797,710.359	1,617,069.932
Q-328	0.05	0.98	80	0.17	161	0.37	-	10	0.82	798,952.597	1,618,637.365
Q-329	0.08	0.92	80	0.16	139	0.34	-	10	1.04	800,194.834	1,620,204.798
Q-330	0.07	0.45	20	0.12	144	0.34	-	10	0.97	783,128.706	1,595,451.066
Q-331	0.11	2.08	360	0.23	131	0.33	-	10	1.31	784,370.943	1,597,018.499
Q-332	0.03	0.41	20	0.11	146	0.35	-	10	0.42	785,613.181	1,598,585.932
Q-333	0.06	2.00	20	0.67	97	0.28	-	10	0.45	786,855.418	1,600,153.365
Q-334	0.14	1.66	20	0.54	105	0.29	-	10	1.19	788,097.656	1,601,720.798
Q-335	0.15	2.31	30	0.67	96	0.28	-	10	1.12	789,339.893	1,603,288.231
Q-336	0.08	1.22	40	0.29	125	0.32	-	10	0.89	790,582.130	1,604,855.664
Q-337	0.01	0.30	5	0.13	143	0.34	-	10	0.14	791,824.368	1,606,423.097
Q-338	0.04	1.20	60	0.24	130	0.33	-	10	0.47	793,066.605	1,607,990.530
Q-339	0.04	1.10	40	0.26	129	0.32	-	10	0.46	794,308.843	1,609,557.963
Q-340	0.08	1.44	60	0.30	124	0.32	-	10	0.88	795,551.080	1,611,125.396
Q-341	0.45	1.77	380	0.19	136	0.33	-	10	5.68	796,793.317	1,612,692.829
Q-342	1.21	1.58	80	0.30	129	0.32	-	10	14.07	798,035.555	1,614,260.262
Q-343	0.04	0.69	40	0.15	168	0.38	-	10	0.70	799,277.792	1,615,827.695
Q-344	2.05	3.93	260	0.54	94	0.28	-	10	14.83	800,520.030	1,617,395.128
Q-345	16.56	8.14	340	1.13	75	0.25	-	10	86.75	801,762.267	1,618,962.561
Q-346	0.07	0.45	80	0.07	151	0.35	-	10	1.04	784,696.139	1,594,208.829
Q-347	0.07	2.28	340	0.26	128	0.32	-	10	0.80	785,938.376	1,595,776.262
Q-348	0.10	0.60	10	0.22	133	0.33	-	10	1.22	787,180.614	1,597,343.695

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-352	0.44	1.70	40	0.42	114	0.30	-	10	4.24	792,149.563	1,603,613.427
Q-353	0.60	1.49	20	0.47	110	0.30	-	10	5.48	793,391.801	1,605,180.860
Q-354	0.40	1.00	40	0.23	131	0.33	-	10	4.76	794,634.038	1,606,748.293
Q-355	0.03	0.65	40	0.14	142	0.34	-	10	0.40	795,876.276	1,608,315.726
Q-356	0.29	2.30	460	0.23	131	0.33	-	10	3.45	797,118.513	1,609,883.159
Q-357	0.01	0.33	5	0.14	141	0.34	-	10	0.13	798,360.750	1,611,450.592
Q-358	0.85	1.90	140	0.30	129	0.32	-	10	9.88	799,602.988	1,613,018.025
Q-359	0.01	0.55	10	0.20	153	0.36	-	10	0.15	800,845.225	1,614,585.458
Q-360	0.60	1.60	100	0.28	133	0.33	-	10	7.31	802,087.463	1,616,152.891
Q-361	0.29	1.40	160	0.20	135	0.33	-	10	3.62	803,329.700	1,617,720.324
Q-362	0.05	2.55	240	0.34	121	0.31	-	10	0.53	787,505.809	1,594,534.024
Q-363	0.09	2.60	60	0.59	101	0.29	-	10	0.72	788,748.047	1,596,101.457
Q-364	0.17	0.80	10	0.30	124	0.32	-	10	1.86	789,990.284	1,597,668.890
Q-365	0.06	1.20	10	0.48	109	0.30	-	10	0.54	791,232.522	1,599,236.323
Q-366	3.49	3.02	60	0.70	95	0.28	-	10	25.65	792,474.759	1,600,803.756
Q-367	0.01	0.40	10	0.14	142	0.34	-	10	0.13	793,716.996	1,602,371.189
Q-358	0.08	1.50	40	0.37	118	0.31	-	10	0.81	794,959.234	1,603,938.622
Q-369	0.01	0.30	10	0.10	147	0.35	-	10	0.14	796,201.471	1,605,506.055
Q-370	134.00	-	-	-	-	-	1.65	50	221.56	797,443.709	1,607,073.488
Q-371	1.90	2.10	100	0.38	117	0.31	-	10	19.03	798,685.946	1,608,640.921
Q-372	0.14	2.60	380	0.29	125	0.32	-	10	1.55	799,928.183	1,610,208.354
Q-373	0.10	1.90	300	0.22	146	0.35	-	10	1.41	801,170.421	1,611,775.787
Q-374	0.27	1.93	300	0.23	145	0.35	-	10	3.76	802,412.658	1,613,343.220
Q-375	0.01	0.80	60	0.15	167	0.38	-	10	0.17	803,654.896	1,614,910.653
Q-376	4.14	4.48	320	0.58	102	0.29	-	10	33.77	804,897.133	1,616,478.086
Q-377	1.36	2.54	260	0.33	122	0.31	-	10	14.52	789,073.242	1,593,291.787

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-381	0.35	1.59	120	0.26	129	0.32	-	10	4.07	794,042.192	1,599,561.519
Q-382	1.10	2.20	80	0.44	112	0.30	-	10	10.32	795,284.429	1,601,128.952
Q-383	35.43	-	-	-	-	-	2.41	50	85.25	796,526.667	1,602,696.385
Q-384	406.75	27.50	280	-	-	-	1.21	50	491.73	797,768.904	1,604,263.818
Q-385	0.90	1.30	80	0.24	131	0.33	-	10	10.71	799,011.142	1,605,831.251
Q-386	0.73	1.40	40	0.34	121	0.31	-	10	7.69	800,253.379	1,607,398.684
Q-387	0.27	0.75	10	0.28	126	0.32	-	10	3.03	801,495.616	1,608,966.117
Q-388	0.05	1.39	280	0.16	165	0.37	-	10	0.85	802,737.854	1,610,533.550
Q-389	0.04	1.02	260	0.11	181	0.39	-	10	0.79	803,980.091	1,612,100.983
Q-390	0.35	2.00	260	0.25	129	0.32	-	10	4.07	805,222.329	1,613,668.416
Q-391	0.02	0.65	260	0.07	151	0.35	-	10	0.30	789,398.438	1,590,482.116
Q-392	48.50	-	-	-	-	-	2.20	50	106.80	790,640.675	1,592,049.549
Q-393	0.50	1.34	40	0.32	122	0.31	-	10	5.34	791,882.913	1,593,616.982
Q-394	2.41	1.89	60	0.41	115	0.31	-	10	23.52	793,125.150	1,595,184.415
Q-395	0.01	0.18	5	0.07	150	0.35	-	10	0.15	794,367.388	1,596,751.848
Q-396	0.04	1.15	40	0.27	127	0.32	-	10	0.45	795,609.625	1,598,319.281
Q-397	0.03	1.42	60	0.29	125	0.32	-	10	0.33	796,851.862	1,599,886.714
Q-398	0.14	0.89	40	0.20	135	0.33	-	10	1.75	798,094.100	1,601,454.147
Q-399	0.08	1.89	60	0.41	115	0.31	-	10	0.78	799,336.337	1,603,021.580
Q-400	0.02	0.44	40	0.09	148	0.35	-	10	0.29	800,578.575	1,604,589.013
Q-401	0.04	1.38	60	0.28	126	0.32	-	10	0.45	801,820.812	1,606,156.446
Q-402	0.63	1.73	380	0.18	137	0.33	-	10	8.04	803,063.049	1,607,723.879
Q-403	0.01	0.50	5	0.23	144	0.34	-	10	0.14	804,305.287	1,609,291.312
Q-404	0.05	1.36	80	0.25	139	0.34	-	10	0.65	805,547.524	1,610,858.745
Q-405	0.08	2.11	120	0.36	119	0.31	-	10	0.82	806,789.762	1,612,426.178
Q-406	0.15	0.90	260	0.10	147	0.35	-	10	2.14	790,965.871	1,589,239.879

Area No.	Rational Method						Specific	Return	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C	Yield Method (cm/Km ²)	Period yrs.			
Q-410	1.42	2.33	40	0.61	100	0.29	-	10	11.25	795,934.821	1,595,509.611
Q-411	0.02	0.34	20	0.09	148	0.35	-	10	0.29	797,177.058	1,597,077.044
Q-412	0.26	1.10	120	0.17	138	0.34	-	10	3.35	798,419.295	1,598,644.477
Q-413	0.08	1.24	60	0.25	129	0.32	-	10	0.93	799,661.533	1,600,211.910
Q-414	158.47	-	-	-	-	-	1.58	50	249.91	800,903.770	1,601,779.343
Q-415	0.18	3.60	140	0.62	99	0.28	-	10	1.41	802,146.008	1,603,346.776
Q-416	0.10	2.00	60	0.44	112	0.30	-	10	0.94	803,388.245	1,604,914.209
Q-417	0.07	1.22	280	0.14	142	0.34	-	10	0.94	804,630.482	1,606,481.642
Q-418	0.30	0.85	100	0.13	174	0.38	-	10	5.59	805,872.720	1,608,049.075
Q-419	0.03	1.37	100	0.23	144	0.34	-	10	0.41	807,114.957	1,609,616.508
Q-420	0.02	1.15	60	0.23	144	0.34	-	10	0.28	808,357.195	1,611,183.941
Q-421	0.09	2.96	180	0.45	111	0.30	-	10	0.83	809,599.432	1,612,751.374
Q-422	0.06	1.17	360	0.12	144	0.34	-	10	0.83	792,533.304	1,587,997.642
Q-423	25.79	-	-	-	-	-	2.63	50	67.87	793,775.541	1,589,565.075
Q-424	0.04	1.25	20	0.39	116	0.31	-	10	0.40	795,017.779	1,591,132.508
Q-425	0.08	2.17	80	0.43	113	0.30	-	10	0.76	796,260.016	1,592,699.941
Q-426	0.72	1.42	40	0.34	120	0.31	-	10	7.49	797,502.254	1,594,267.374
Q-427	0.06	1.11	40	0.26	128	0.32	-	10	0.69	798,744.491	1,595,834.807
Q-428	0.04	1.12	80	0.20	135	0.33	-	10	0.50	799,986.728	1,597,402.240
Q-429	0.03	1.44	80	0.27	127	0.32	-	10	0.34	801,228.966	1,598,969.673
Q-430	0.04	1.01	60	0.20	135	0.33	-	10	0.50	802,471.203	1,600,537.106
Q-431	0.08	2.87	120	0.51	107	0.29	-	10	0.70	803,713.441	1,602,104.539
Q-432	0.04	1.48	80	0.28	127	0.32	-	10	0.45	804,955.678	1,603,671.972
Q-433	0.07	1.06	260	0.12	144	0.34	-	10	0.97	806,197.915	1,605,239.405
Q-434	0.05	1.09	80	0.19	135	0.33	-	10	0.62	807,440.153	1,606,806.838
Q-435	0.03	0.44	60	0.08	198	0.42	-	10	0.69	808,682.390	1,608,374.271

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-439	0.12	4.16	120	0.78	90	0.27	-	10	0.82	795,342.974	1,588,322.837
Q-440	0.10	0.45	60	0.08	149	0.35	-	10	1.45	796,585.212	1,589,890.270
Q-441	4.11	4.21	100	0.85	87	0.27	-	10	26.59	797,827.449	1,591,457.703
Q-442	0.28	0.95	40	0.22	133	0.33	-	10	3.41	799,069.687	1,593,025.136
Q-443	0.53	1.32	40	0.32	123	0.32	-	10	5.75	800,311.924	1,594,592.569
Q-444	0.07	0.50	60	0.09	148	0.35	-	10	1.01	801,554.161	1,596,160.002
Q-445	0.01	0.73	40	0.16	139	0.34	-	10	0.13	802,796.399	1,597,727.435
Q-446	0.83	2.60	60	0.59	101	0.29	-	10	6.67	804,038.636	1,599,294.868
Q-447	12.48	5.88	320	0.80	89	0.27	-	10	83.42	805,280.874	1,600,862.301
Q-448	1.10	2.30	320	0.27	127	0.32	-	10	12.48	806,523.111	1,602,429.734
Q-449	0.08	0.98	260	0.11	145	0.35	-	10	1.11	807,765.348	1,603,997.167
Q-450	0.13	1.00	120	0.15	140	0.34	-	10	1.72	809,007.586	1,605,564.600
Q-451	0.07	1.45	100	0.25	140	0.34	-	10	0.92	810,249.823	1,607,132.033
Q-452	1.00	1.75	40	0.44	106	0.29	-	10	8.64	811,492.061	1,608,699.466
Q-453	0.06	1.70	100	0.30	125	0.32	-	10	0.66	812,734.298	1,610,266.899
Q-454	0.08	1.55	300	0.17	137	0.33	-	10	1.02	795,668.170	1,585,513.167
Q-455	0.34	1.86	80	0.36	119	0.31	-	10	3.49	798,152.645	1,588,648.033
Q-456	0.08	0.77	60	0.14	141	0.34	-	10	1.07	799,394.882	1,590,215.466
Q-457	0.02	0.58	60	0.10	146	0.35	-	10	0.28	800,637.120	1,591,782.899
Q-458	2.34	2.59	120	0.45	111	0.30	-	10	21.65	801,879.357	1,593,350.332
Q-459	14.86	6.28	320	0.86	86	0.27	-	10	94.54	803,121.594	1,594,917.765
Q-460	0.02	0.49	40	0.10	146	0.35	-	10	0.28	804,363.832	1,596,485.198
Q-461	0.08	2.12	40	0.55	104	0.29	-	10	0.67	805,606.069	1,598,052.631
Q-462	0.07	1.87	60	0.40	115	0.31	-	10	0.68	806,848.307	1,599,620.064
Q-463	0.08	1.86	300	0.22	133	0.33	-	10	0.97	808,090.544	1,601,187.497
Q-464	0.04	0.86	60	0.16	144	0.34	-	10	0.55	809,332.781	1,602,754.930

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
Q-468	0.01	0.20	5	0.08	149	0.35	-	10	0.15	814,301.731	1,609,024.662
Q-469	0.02	1.08	200	0.13	142	0.34	-	10	0.27	802,204.553	1,590,540.661
Q-470	2.89	3.10	240	0.42	113	0.30	-	10	27.47	803,446.790	1,592,108.094
Q-471	0.10	0.95	60	0.18	136	0.33	-	10	1.26	804,689.027	1,593,675.527
Q-472	1.34	2.59	100	0.48	95	0.28	-	10	9.85	805,931.265	1,595,242.960
Q-473	0.01	0.43	30	0.10	163	0.37	-	10	0.17	807,173.502	1,596,810.393
Q-474	0.01	0.52	10	0.18	140	0.34	-	10	0.13	808,415.740	1,598,377.826
Q-475	0.26	0.73	200	0.09	166	0.37	-	10	4.49	809,657.977	1,599,945.259
Q-476	0.04	1.24	140	0.18	140	0.34	-	10	0.53	810,900.214	1,601,512.692
Q-477	0.23	0.60	60	0.11	159	0.36	-	10	3.71	812,142.452	1,603,080.125
Q-478	0.06	0.94	160	0.13	154	0.36	-	10	0.92	813,384.689	1,604,647.558
Q-479	0.80	3.70	220	0.54	95	0.28	-	10	5.88	814,626.927	1,606,214.991
Q-480	0.06	1.00	80	0.18	137	0.33	-	10	0.77	815,869.164	1,607,782.424
Q-481	0.08	1.95	200	0.27	128	0.32	-	10	0.92	803,771.986	1,589,298.424
Q-482	1.38	2.28	140	0.37	109	0.30	-	10	12.43	805,014.223	1,590,865.857
Q-483	0.13	3.08	80	0.64	82	0.26	-	10	0.77	806,256.460	1,592,433.290
Q-484	0.15	3.16	40	0.87	69	0.24	-	10	0.70	807,498.698	1,594,000.723
Q-485	0.07	1.72	180	0.24	128	0.32	-	10	0.80	811,225.410	1,598,703.022
Q-486	0.04	0.59	180	0.07	172	0.38	-	10	0.73	812,467.647	1,600,270.455
Q-487	1.29	1.74	200	0.23	130	0.33	-	10	15.18	813,709.885	1,601,837.888
Q-488	0.06	0.87	80	0.15	148	0.35	-	10	0.86	814,952.122	1,603,405.321
Q-489	0.04	1.12	100	0.18	140	0.34	-	10	0.53	816,194.360	1,604,972.754
Q-490	1.00	1.80	80	0.35	111	0.30	-	10	9.25	807,823.893	1,591,191.053
Q-491	0.05	1.20	120	0.19	140	0.34	-	10	0.66	809,066.131	1,592,758.486
R-1	366.10	33.50	460	-	-	-	1.25	50	455.92	761,169.698	1,619,314.059
R-2	3.95	2.50	180	0.37	120	0.31	-	10	41.11	776,286.598	1,636,485.771

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
R-6	3.65	4.45	260	0.62	84	0.26	-	10	22.45	780,598.037	1,636,848.682
R-7	1.90	3.25	160	0.52	95	0.28	-	10	13.96	780,340.662	1,635,427.076
R-8	1.77	2.25	140	0.36	122	0.31	-	10	18.89	779,649.608	1,634,509.512
R-9	250.90	23.10	200	-	-	-	1.39	50	347.59	774,365.005	1,630,114.079
R-10	102.00	11.50	100	-	-	-	1.79	50	182.14	771,203.980	1,628,163.251
R-11	12.70	7.40	80	1.77	39	0.20	-	10	27.90	771,886.807	1,626,287.055
R-12	7.00	4.70	80	1.05	58	0.23	-	10	25.77	775,964.821	1,628,304.740
R-13	224.60	20.20	220	-	-	-	1.43	50	321.02	777,585.673	1,629,095.486
R-14	70.40	9.20	60	-	-	-	1.98	10	139.57	769,761.007	1,625,499.657
R-15	16.50	6.90	60	1.82	38	0.20	-	10	35.09	770,763.751	1,623,398.106
R-16	17.70	5.00	40	1.47	45	0.21	-	10	46.67	768,118.551	1,621,807.234
R-17	24.70	7.70	140	1.49	44	0.21	-	10	63.27	768,028.102	1,616,795.798
R-18	20.50	6.20	100	1.32	48	0.21	-	10	58.76	764,163.472	1,616,135.845
R-19	277.90	16.10	600	-	-	-	1.35	50	374.06	767,137.756	1,615,016.600
R-20	8.20	4.00	140	0.70	77	0.25	-	10	44.58	760,415.359	1,610,850.571
R-21	69.50	11.10	240	-	-	-	1.99	50	138.28	762,936.029	1,609,227.503
R-22	20.21	4.90	160	0.84	68	0.24	-	10	92.38	757,662.020	1,607,182.536
R-23	3.74	3.57	280	0.47	110	0.30	-	10	34.14	760,118.734	1,605,148.050
R-24	3.50	4.30	400	0.51	107	0.29	-	10	30.66	762,914.503	1,604,530.562
R-25	33.60	11.30	200	-	-	-	2.44	50	82.06	763,048.059	1,607,156.692
R-26	132.70	14.70	240	-	-	-	1.66	50	220.01	766,456.137	1,610,063.749
R-27	101.50	12.90	220	-	-	-	1.79	50	181.50	769,469.054	1,609,801.533
R-28	19.00	6.50	480	0.76	91	0.27	-	10	131.15	768,991.992	1,608,142.710
R-29	5.00	3.30	120	0.60	87	0.27	-	10	32.34	771,293.403	1,614,709.278
R-30	190.00	13.60	200	-	-	-	1.50	50	284.69	780,229.543	1,625,875.189
R-31	8.30	4.10	320	0.52	95	0.28	-	10	60.99	783,236.378	1,633,532.246

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
R-35	12.50	6.50	320	0.89	65	0.24	-	10	53.70	786,566.808	1,632,404.354
R-36	4.85	4.80	320	0.63	84	0.26	-	10	29.83	785,400.281	1,631,984.271
R-37	9.80	5.20	260	0.75	74	0.25	-	10	50.38	785,817.477	1,630,410.109
R-38	13.44	7.52	200	1.27	50	0.22	-	10	40.63	789,394.440	1,631,736.129
R-39	17.30	8.60	320	1.23	51	0.22	-	10	53.68	791,374.674	1,632,786.698
R-40	8.50	5.40	220	0.83	68	0.24	-	10	38.85	792,391.077	1,632,226.394
R-41	3.80	3.25	160	0.52	95	0.28	-	10	27.92	791,304.577	1,630,317.861
R-42	6.40	4.40	200	0.68	79	0.26	-	10	36.07	788,886.238	1,628,829.555
R-43	14.00	5.70	220	0.89	65	0.24	-	10	60.15	793,740.441	1,629,477.405
R-44	60.30	10.30	180	-	-	-	2.07	50	124.88	785,002.950	1,624,468.787
R-45	41.60	10.00	180	-	-	-	2.30	50	95.66	783,842.142	1,621,830.735
R-46	14.20	8.00	140	1.56	42	0.21	-	10	34.27	788,320.485	1,621,910.402
R-47	30.70	8.40	160	-	-	-	2.51	50	76.91	779,760.228	1,621,342.774
R-48	15.70	6.60	200	1.09	56	0.23	-	10	55.14	783,674.575	1,618,724.295
R-49	21.30	6.60	180	1.14	54	0.22	-	10	71.27	788,996.254	1,622,522.303
R-50	3.02	2.51	80	0.51	97	0.28	-	10	22.88	777,240.072	1,611,865.005
R-51	13.60	5.20	120	1.01	59	0.23	-	10	51.23	773,471.932	1,610,242.171
R-52	8.40	4.30	460	0.48	109	0.30	-	10	75.64	766,846.665	1,605,840.404
R-53	33.80	7.30	360	-	-	-	2.44	50	82.41	772,023.486	1,607,300.768
R-54	5.60	3.70	400	0.43	113	0.30	-	10	53.22	765,217.065	1,602,639.816
R-55	8.00	4.90	380	0.60	101	0.29	-	10	64.32	771,353.250	1,599,520.189
R-56	9.33	4.19	640	0.41	114	0.30	-	10	89.86	773,847.459	1,598,936.450
R-57	35.00	9.50	540	-	-	-	2.41	50	84.50	776,276.140	1,599,937.327
R-58	4.90	3.50	380	0.41	115	0.31	-	10	47.82	773,295.362	1,602,655.736
R-59	10.30	4.30	60	1.06	78	0.26	-	10	57.02	778,763.678	1,601,623.261
R-60	6.60	2.60	80	0.53	106	0.29	-	10	57.00	774,466.882	1,605,430.339

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
R-64	11.20	5.00	80	1.13	75	0.25	-	10	58.67	785,268.513	1,605,338.532
R-65	6.60	4.40	120	0.83	88	0.27	-	10	43.40	785,271.350	1,602,821.945
R-66	23.90	7.70	140	1.49	63	0.24	-	10	98.39	791,312.828	1,610,423.340
R-67	62.00	12.00	180	-	-	-	2.05	50	127.40	794,560.260	1,612,111.844
R-68	130.50	15.00	220	-	-	-	1.67	50	217.39	795,691.744	1,608,183.238
R-69	13.30	6.50	180	1.12	55	0.22	-	10	45.60	791,059.930	1,612,956.892
R-70	30.00	8.50	320	-	-	-	2.52	50	75.65	793,443.148	1,615,938.410
R-71	10.10	6.20	120	1.23	51	0.22	-	10	31.34	788,536.014	1,615,391.730
R-72	6.50	5.80	100	1.23	51	0.22	-	10	20.17	789,460.845	1,619,040.796
R-73	6.10	4.00	240	0.57	90	0.27	-	10	41.44	793,176.702	1,617,277.711
R-74	3.60	2.75	160	0.43	108	0.30	-	10	31.97	794,840.723	1,622,817.021
R-75	4.90	2.70	120	0.47	110	0.30	-	10	44.73	781,857.413	1,609,730.051
R-76	2.45	2.20	180	0.32	131	0.33	-	10	29.16	795,907.896	1,621,426.423
R-77	6.60	3.85	300	0.50	99	0.28	-	10	51.52	798,299.638	1,620,311.214
R-78	6.40	4.80	320	0.63	86	0.27	-	10	40.72	798,413.531	1,622,063.686
R-79	7.00	5.75	320	0.78	75	0.25	-	10	36.67	797,696.008	1,623,065.098
R-80	1.90	2.00	120	0.33	128	0.32	-	10	21.82	796,340.782	1,624,357.167
R-81	10.55	6.00	440	0.72	79	0.26	-	10	59.47	799,905.522	1,621,779.194
R-82	3.00	4.20	340	0.53	96	0.28	-	10	22.39	800,668.602	1,619,526.016
R-83	0.70	1.70	180	0.24	142	0.34	-	10	9.44	798,857.711	1,617,978.378
R-84	2.21	2.85	180	0.43	108	0.30	-	10	19.63	795,738.199	1,625,467.734
R-85	2.80	3.30	300	0.42	109	0.30	-	10	25.21	797,551.174	1,624,915.341
R-86	3.75	4.20	220	0.62	84	0.26	-	10	23.07	796,228.877	1,626,675.888
R-87	3.70	4.04	240	0.58	89	0.27	-	10	24.73	795,930.965	1,627,621.400
R-88	1.50	1.50	140	0.23	161	0.37	-	10	24.66	794,318.739	1,627,568.872
R-89	16.20	7.70	480	0.93	67	0.24	-	10	72.55	801,739.191	1,618,604.261

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
R-93	3.40	3.40	260	0.46	104	0.29	-	10	28.55	804,362.423	1,615,963.175
R-94	17.00	5.20	540	0.56	103	0.29	-	10	140.70	800,864.243	1,609,370.743
R-95	763.30	32.50	420	-	-	-	1.01	50	772.68	800,964.679	1,608,367.218
R-96	1133.1	-	-	-	-	-	0.90	50	1029.35	806,339.194	1,614,585.580
R-97	1133.1	-	-	-	-	-	0.90	50	1029.35	806,072.235	1,614,814.402
R-98	1086.25	-	-	-	-	-	0.92	50	995.47	804,928.126	1,613,784.703
R-99	1086.25	-	-	-	-	-	0.92	50	995.47	804,775.578	1,614,127.936
R-100	977.80	-	-	-	-	-	0.94	50	923.07	803,517.057	1,612,449.909
R-101	977.80	-	-	-	-	-	0.94	50	923.07	803,250.099	1,612,831.279
R-102	10.80	4.40	100	0.89	85	0.26	-	10	67.57	789,012.007	1,597,214.852
R-103	44.10	12.60	600	-	-	-	2.26	50	99.75	779,474.736	1,600,087.655
R-104	87.60	15.00	600	-	-	-	1.86	50	163.28	781,877.748	1,599,859.101
R-105	9.50	4.80	360	0.60	101	0.29	-	10	76.38	785,950.462	1,598,650.002
R-106	117.10	19.20	700	-	-	-	1.72	50	201.12	786,614.688	1,599,456.814
R-107	144.70	17.25	400	-	-	-	1.62	50	234.12	787,323.448	1,599,687.387
R-108	7.80	4.60	360	0.57	103	0.29	-	10	64.56	788,007.250	1,596,355.106
R-109	111.30	14.00	280	-	-	-	1.74	50	193.91	788,901.675	1,595,510.177
R-110	33.60	8.50	360	-	-	-	2.44	50	82.06	792,184.307	1,594,146.529
R-111	59.15	10.70	340	-	-	-	2.08	50	123.17	790,159.591	1,592,259.677
R-112	5.10	5.10	100	1.06	78	0.26	-	10	28.23	794,320.314	1,592,214.460
R-113	19.60	8.10	280	1.21	72	0.25	-	10	96.98	802,431.858	1,602,152.575
R-114	114.70	13.30	280	-	-	-	1.73	50	198.15	801,926.748	1,600,238.977
R-115	12.50	6.00	160	1.06	77	0.25	-	10	67.95	800,517.962	1,599,513.848
R-116	34.82	-	-	-	-	-	2.42	50	84.19	802,560.743	1,599,205.314
R-117	69.20	11.30	160	-	-	-	1.99	50	137.85	804,592.193	1,598,408.833
R-118	9.00	4.10	240	0.59	102	0.29	-	10	73.42	806,124.647	1,601,305.343

Area No.	Rational Method						Specific Yield Method (cm/Km ²)	Return Period yrs.	Q (cms.)	Easting	Northing
	A (km ²)	L (km.)	H (m.)	Tc (hrs.)	I (mm./hr.)	C					
R-122	2.20	2.30	160	0.35	119	0.31	-	10	22.61	805,603.203	1,611,536.124
R-123	5.00	3.25	300	0.41	110	0.30	-	10	45.64	807,596.544	1,612,209.777
R-124	20.50	6.50	320	0.89	69	0.24	-	10	95.61	810,798.745	1,611,230.334
R-125	18.34	5.96	300	0.83	72	0.25	-	10	90.75	812,158.679	1,608,622.181
R-126	2.47	3.90	260	0.54	95	0.28	-	10	18.15	813,744.315	1,607,902.042
R-127	2.47	2.72	180	0.41	104	0.29	-	10	20.74	813,536.100	1,606,461.766
R-128	3.60	3.80	260	0.52	96	0.28	-	10	26.86	806,467.961	1,612,883.429
R-129	5.40	4.40	280	0.60	85	0.26	-	10	33.78	815,554.182	1,606,669.806
R-130	4.70	3.65	260	0.50	94	0.28	-	10	34.01	815,217.835	1,605,421.566
R-131	4.36	3.01	180	0.46	98	0.28	-	10	33.53	809,168.763	1,597,882.522
R-132	29.39	-	-	-	-	-	2.54	50	74.54	806,984.990	1,595,924.033
R-133	30.00	11.80	140	-	-	-	2.52	50	75.65	806,174.511	1,595,815.022
R-134	13.30	6.60	260	0.99	64	0.24	-	10	55.94	806,993.807	1,592,962.441
R-135	3.00	2.50	220	0.34	112	0.30	-	10	28.13	806,085.250	1,591,058.736
R-136	13.80	5.50	280	0.78	91	0.27	-	10	95.26	803,104.044	1,594,833.921
R-137	6.50	3.40	140	0.58	102	0.29	-	10	53.03	796,990.065	1,588,604.432
R-138	17.80	6.50	400	0.82	88	0.27	-	10	117.05	794,014.339	1,588,836.112
R-139	13.00	6.20	200	1.01	79	0.26	-	10	73.28	797,067.356	1,592,678.139
R-140	335.20	22.40	480	-	-	-	1.28	50	427.95	789,936.154	1,603,904.369

ภาคผนวก ค
กลุ่มชุดดินในพื้นที่ศึกษา

กลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ศึกษา จำแนกตามกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน ได้ดังนี้

กลุ่มชุดดินที่ 1 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เป็นดินเหนียว ดินบนสีเทาหรือเทาเข้ม ส่วนดินชั้นล่างสีเทาและมีจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองและสีแดง จะพบชั้นดินเหนียวสีเทาที่มีจุดประสีเหลืองฟางข้าว หรือสีเหลืองของจาโรไซต์ (Jarosite mottles) ในระดับความลึกระหว่าง 100-150 ซม. จากผิวดินบน อยู่เหนือชั้นดินเลนซึ่งเห็นตะกอนที่ถูกพัดพามาทับถมโดยน้ำทะเล มีสีเทาปนเขียว ปฏิกริยาของดินเหนียวชั้นเลนที่กล่าวจะเป็นกรดแก่ถึงแก่มาก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 7 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล พบจุดประสีน้ำตาลเข้ม สีเหลืองหรือสีแดงปะปนอยู่ตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.5-7.5

กลุ่มชุดดินที่ 17 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน ลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินร่วนเหนียวสีน้ำตาลอ่อนถึงสีเทา พบจุดประสีน้ำตาล สีเหลืองหรือสีแดงปนเหลือง บางพื้นที่จะพบศิลาแลงอ่อนหรือก้อนเหล็กและแมงกานีสสดผสมกันในดินชั้นล่างนี้ ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดแก่มาก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 19 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือทรายร่วนสีน้ำตาลเข้มปนเทาหรือน้ำตาลเข้ม ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนปนทรายตอนบนและจะเปลี่ยนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินเหนียวปนทรายสีน้ำตาลซีด สีเทาปนชมพู พบจุดประสีน้ำตาลแก่ สีน้ำตาลปนเหลืองหรือแดงปนเหลืองในดินชั้นล่าง บางแห่งอาจพบศิลาแลงอ่อน (plinthite) ปะปนในเนื้อดิน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 มีการระบายน้ำค่อนข้างเร็ว

กลุ่มชุดดินที่ 25 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เป็นดินตื้น ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนกรวดหรือดินเหนียวปนกรวด (ปริมาณกรวดหรือลูกรังมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์) มีสีเหลือง สีเทาอ่อน มีจุดประสีน้ำตาล เหลืองหรือสีแดงปะปน ถัดลงไปจะพบชั้นดินเหนียวที่มีศิลาแลงอ่อนปะปน ในบางแห่งอาจพบชั้นหินผุในระดับความลึก 1.5 เมตร ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 28 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน ในชั้นดินล่างลึก ๆ อาจพบชั้นปูนมาร์ล สีดินเป็นสีดำเทาเข้ม หรือสีน้ำตาล อาจพบจุดประสีน้ำตาลหรือแดงปนน้ำตาลในปริมาณเล็กน้อยในดินชั้นบน ในฤดูแล้งจะแตกกระแหงกว้างและลึก ปฏิกริยาดินส่วนใหญ่จะเป็นกลางถึงเป็นด่าง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.0-8.0

กลุ่มชุดดินที่ 29 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินเหนียว สีน้ำตาล สีเหลือง หรือสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 31 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินลึกถึงลึกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีน้ำตาล สีเหลืองและสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดเป็น

ต่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ถ้าพบบริเวณใกล้เขาหินปูนค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะสูงขึ้นเป็น 7.0-8.0 ในดินชั้นบน

กลุ่มชุดดินที่ 33 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เป็นดินลิกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนแดง บางแห่งพบจุดประสีเทาและน้ำตาลเข้ม ในดินชั้นล่างลึก ๆ อาจพบเกล็ดไมก้า (mica flakes) หรือก้อนปูนเล็ก ๆ ในดินชั้นล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง ถึงเป็นกรดน้อยในดินชั้นบน ค่าความเป็นกรดอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ส่วนดินชั้นล่างเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง ค่าความเป็นกรดต่างจะสูงขึ้นเป็น 7.5-8.0

กลุ่มชุดดินที่ 35 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินลิกมาก ลักษณะเนื้อดินบนเป็นร่วนทรายหรือดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาหรือน้ำตาลปนเทาเข้มหรือน้ำตาลส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาล สีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 การระบายน้ำดี

กลุ่มชุดดินที่ 36 ลักษณะของกลุ่มดินชุด เป็นดินลิกปานกลางถึงลิกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน สีน้ำตาลเข้มหรือน้ำตาลปนเทา หรือสีตาลปนแดง ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนเหนียว สีน้ำตาล แดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดเล็กน้อยในดินชั้นบน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ส่วนดินชั้นล่างเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.0-7.0

กลุ่มชุดดินที่ 38 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เป็นดินลิกถึงลิกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนหรือร่วนปนทรายละเอียดสลับกับชั้นดินร่วนปนทรายแป้งหรือชั้นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีดินเป็นสีน้ำตาลอ่อน หรือสีเทาปนน้ำตาล บางพื้นที่พบจุดประสีเทาและสีน้ำตาลเข้มในดินชั้นล่างปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.0-7.0

กลุ่มชุดดินที่ 40 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เป็นดินลิกถึงลิกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือทรายปนดินร่วนตอนบน และเป็นดินร่วนปนทรายในดินชั้นล่าง สีน้ำตาลอ่อน สีเหลือง หรือสีน้ำตาลปนแดง บางแห่งอาจพบจุดประในดินชั้นล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 แต่บางพื้นที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงขึ้นในดินชั้นล่างเป็น 5.5-6.5

กลุ่มชุดดินที่ 41 เป็นดินลิกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน สีน้ำตาลเข้มมากหรือน้ำตาลเข้ม ส่วนดินชั้นล่างในตอนบนจะเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) เป็นชั้นหนาและจะค่อยเปลี่ยนเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายในชั้นล่างลึก สีน้ำตาล บางพื้นที่พบจุดประสีน้ำตาลแก่หรือน้ำตาลปนเหลืองในปริมาณไม่มาก ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่าง ตลอดหน้าตัดของดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.0-8.0 มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 44 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน เป็นดินลึกมาก ลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลอ่อน ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-7.0

กลุ่มชุดดินที่ 46 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินตื้นถึงตื้นมาก เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนกรวดลูกรังหรือดินเหนียวปนกรวดลูกรัง สีน้ำตาล สีแดงปนเหลืองหรือน้ำตาลปนแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ถึงเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.0-6.5

กลุ่มชุดดินที่ 47 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินตื้นถึงลึกปานกลาง ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนร่วนเหนียวหรือดินเหนียว มีเศษหินปะปนอยู่ในเนื้อดินมาก มักพบชั้นหินหรือหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดภายในความลึก 50 ซม. จากผิวดินบน สีดินเป็นสีน้ำตาล สีแดงปนเหลืองถึงสีแดง ปฏิกริยาเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-7.0

กลุ่มชุดดินที่ 48 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินตื้น ลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายเป็นส่วนใหญ่ ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนเศษหินและกรวด หรือดินเหนียวปนทรายนปนกรวดและเศษหิน ซึ่งชั้นดินปนกรวดและเศษหินนี้จะพบในความลึก 50 ซม. จากผิวดินบน สีดินเป็นสีน้ำตาล สีแดงปนเหลืองหรือแดง ปฏิกริยาเป็นกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.0-6.5

กลุ่มชุดดินที่ 52 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินตื้นถึงตื้นมาก พบก้อนปูนหรือปูนมาร์ลปะปนอยู่ในเนื้อดินมาก พบภายในความลึก 50 ซม. จากผิวดินบน เนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียว สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวปนก้อนปูนหรือปูนมาร์ล สีเทาเข้ม สีน้ำตาลตามเข้มน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลปนแดง ปฏิกริยาเป็นกลางถึงเป็นด่างแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 7.0-8.5

กลุ่มชุดดินที่ 55 เป็นดินลึกปานกลาง ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว ที่ความลึกระหว่าง 50-10 ซม. จากผิวดินบนจะพบชั้นหินผุที่เป็นหินต้นกำเนิดของดินและบางแห่งจะพบก้อนปูนปะปนอยู่ด้วย สีดินเป็นสีน้ำตาลแดงหรือสีแดง หรือน้ำตาลแก่ ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างค่อนข้างอ่อน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.0-7.5 ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติอยู่ในระดับปานกลาง

กลุ่มชุดดินที่ 56 ลักษณะของกลุ่มชุดดิน : เป็นดินลึกปานกลางถึงลึก การระบายน้ำดี เนื้อดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและปนเศษหิน หรือดินเหนียวปนทรายและปนเศษหิน สีดินเป็นสีน้ำตาล สีน้ำตาลแก่ หรือแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.0-5.5

กลุ่มชุดดินที่ 59 ลักษณะของดินไม่ค่อยแน่นอนทั้งเนื้อดิน สีของดิน ปฏิกริยาของดิน แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นดินเนื้อหยาบสลับกับเนื้อละเอียด สีเทาและสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเหลือง

และน้ำตาล ปฏิกริยาของดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ความอุดมสมบูรณ์ตั้งแต่ต่ำถึงสูง

กลุ่มชุดดินที่ 61, 62 ลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ของดิน เช่น เนื้อดิน สีดิน ความลึกของดิน ปฏิกริยาของดิน ตลอดจนความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับหินที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดินบริเวณนั้น ๆ แต่ส่วนใหญ่จะมีเศษหิน ก้อนหินและหินพื้นโผล่กระจายที่ผิวดิน

ภาคผนวก ง

การวินิจฉัยคุณภาพดินทางปฐพีกลศาสตร์ เพื่อใช้เป็นเส้นทางแนวถนน

การวินิจฉัยคุณภาพดินทางปฐพีกลศาสตร์ ของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อใช้เป็นเส้นทางแนวถนน อธิบายไว้ดังนี้

การใช้เป็นเส้นทางแนวถนน หมายถึงการใช้วัสดุดินเพื่อการก่อสร้างถนน โดยจะเป็นชั้นดินคันทาง (subgrade) และชั้นรองพื้นทาง (subbase) เพื่อรองรับชั้นผิวถนน (pavement) คุณสมบัติของดินที่มีผลต่อการออกแบบและก่อสร้างถนน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ 1. คุณสมบัติเกี่ยวกับการรับน้ำหนักของการจราจรและความคงทนของดินคันทาง คือ ชนิดของดินตามการจำแนกดินในระบบ Unified และ AASHO ศักยภาพในการยึดและหดตัวของดิน ความเปื่อยแฉะของดิน สภาพน้ำท่วม และ 2. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความยากง่ายในการขุด คือ ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกถึงชั้นหินพื้น ความเปื่อยแฉะของดิน ปริมาณก้อนหินและหินพื้นที่โผล่สู่ผิวดิน

ตารางแสดงความเหมาะสมของดินที่จะนำมาใช้เป็นเส้นทางแนวถนน

(Suitability of soil for highway, road and streets location)

สัญลักษณ์ ของ ข้อจำกัด	คุณสมบัติของดินที่มี ผลต่อการใช้ประโยชน์	ระดับความเหมาะสม			
		ดี	ปานกลาง	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง
a	ความสามารถในการรองรับ น้ำหนักของการจราจรตาม การจำแนกประเภทดิน โดยระบบ Unified (traffic supporting capacity Unified classification) AASHO group index	GW, SW, GP, SP, GC, GM, SM, SC 0-4	ML, CL with PI less than 15 5-8	CL with PI more than 15 MH, CH > 8	OL, OH, Pt -
l	ศักยภาพในการยึด และหด ตัวของดิน (shrink-swell potential) COLE shrinkage index	ต่ำ .035 < 5	ปานกลาง .035-.06 5-7	สูง .06 > 7	-
d	การระบายน้ำของดิน (drainage)	ระบายน้ำมาก เกินไปถึงดี ปานกลาง	ระบายน้ำ ค่อนข้างเลว	ระบายน้ำเลว และเลวมาก	ชุ่มน้ำถาวร
f	อันตรายจากน้ำท่วมขัง (flood hazard)	น้อยกว่า 1 ครั้งใน 20 ปี	5-20 ปี/ครั้ง	2-4 ปี/ครั้ง	ทุกปี
t	ความลาดชัน (slope)	0-12%	12-20%	20-35%	> 35%
c	ความลึกถึงชั้นหินพื้น (depth to bedrock)	> 100 ซม.	50-100 ซม.	20-35%	> 35%
p	การจำแนกชั้นของก้อนหิน (stoniness class) ปริมาณก้อนหินขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 25 ซม. ซึ่งพบอยู่บนผิวดิน	class 0, 1, 2 (< 3%)	class 3 (3-15%)	class 4 (15- 90%)	class 5 (> 90%)

ตารางแสดงความเหมาะสมของดินที่จะนำมาใช้เป็นเส้นทางแวนกน (ต่อ)

สัญลักษณ์ ของ ข้อจำกัด	คุณสมบัติของดินที่มี ผลต่อการใช้ประโยชน์	ระดับความเหมาะสม			
		ดี	ปานกลาง	ไม่เหมาะสม	ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง
r	การจำแนกชั้นของหินโผล่ (rockiness class) ปริมาณ หินพื้น ซึ่งโผล่อยู่บนดิน	class 0, 1 (< 10%)	class 2 (10-25%)	Class 3 (25- 50%)	class 4,5 (> 50%)

ตารางแสดงความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ และข้อจำกัดในการใช้งานด้าน
วิศวกรรม

ความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม												
แบ่งเป็น 4 ระดับ						แบ่งเป็น 3 ระดับ						
1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม 4. ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง						1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม						
กลุ่ม ชุดดิน ที่	ชุดดิน	แหล่ง หน้า ดิน	แหล่ง ทราย และ กรวด	ดินถม หรือดิน คันทาง	เส้นทาง แวนกน	บ่อชุด	อ่างเก็บ น้ำขนาดเล็ก	คัน กันน้ำ	บ่อ เกราะ	โรงงาน อุตสาหกรรม ขนาดเล็ก	อาคาร ต่างๆ	การใช้น้ำ พาหนะ ในช่วงฤดู ฝน
1.	Bm	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Bpo	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Ck	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Kk	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Lb - lo	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Tr	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
2.	Cs	3s	4a	3ad	4f	1	1	2a	3kh	3dh	3dh	3sd
	Ma	3s	4a	3ad	4f	1	1	2a	3kh	3dh	3dh	3sd
3.	Bk	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Pm	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Sm	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Sin	3s	4a	3al	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
4.	Cn	3s	4a	3al	3af	1	1	2a	2kh	3da	3da	3sd
	Rb	3s	4a	3al	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Sb	3s	4a	3al	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
5.	Hd	3s	4a	3ad	3af	1	1	2a-3a	3kh	3dh	3dh	3ds

ตารางแสดงความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ และข้อจำกัดในการใช้งานด้าน
วิศวกรรม (ต่อ)

ความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม												
แบ่งเป็น 4 ระดับ						แบ่งเป็น 3 ระดับ						
1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม 4. ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง						1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม						
กลุ่มชุดดินที่	ชุดดิน	แหล่งหน้าดิน	แหล่งทรายและกรวด	ดินถมหรือดินคันทาง	เส้นทางแนวถนน	บ่อชุด	อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	คันกันน้ำ	บ่อเกรอะ	โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	อาคารต่างๆ	การใช้น้ำพาหนะในช่วงฤดูฝน
6.	Cr	2s	4a	3ad	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Kl	3s	4a	3ad	3af	1	1	2a	2kh	3da	3da	3sd
	Mn	3s	4a	3ad	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Nn	2s	4a	3ad	3af	2k-1	2k-1	2a	3kh	3da	3da	3ds
	Pth	2s	4a	3ad	3af	2k	2k	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Stu	2s	4a	3ad	3af	2k	2k	2a-1	3kh	3da	3da	3ds
7.	Db	2s	4a	3a	3af	2k-1	2k-1	2a	3hk	3da	3da	2sd
	Np	2s	4a	3a	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Pat	2sb	4a	3a	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Skt	2s	4a	3a	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Tt	2s	4a	3ad	3af	2k-1	2k-1	2a	3kh	3da	3da	3ds
8.	Dn	3s	4a	3al	3al	1	1	2a	3kh	3al	3a	3s
9.	Ca	3s	4a	3ad	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3ds
10.	Mu	3s	4a	3ad	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
	Ok	3s	4a	3ad	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
11.	Dm	2s	4a	3da	4f	2k	2k	2a	3hk	3da	3da	3ds
	Rs	3s	4a	3da	4f	1	1	2a	3kh	3da	3da	3ds
12.	Tc	4dx	4a	4d	4f	1	1	3a	3hf	3da	3da	3ds
13.	Bpg	4dx	4a	4d	4f	1	1	3a	3kh	3dh	3dh	3sh
14.	Ra	4d	4a	4d	4f	1	1	3a	3kh	3da	3da	3sd
15.	Ms	1	4a	3a	3af	1	1	3a	3kh	3da	3da	3sd
16.	Lp	1	4a	3ad	3af	1	1	2a	3kh	3da	3da	3sd
17.	Lk	2s	4a	2ad	3fa	2k-1	2k-1	2a	3hl	3df	3df	2d
	Re	2s	4a	2ad	3fa	2k-1	2k-1	2a	3hk	3df	3df	2d
	Rn	2s	4a	2ad	3fa	2k	2k	2a	2k	2d	2d	2d
	Vi	2s	4a	2ad	3da	2k-1	2k-1	2a	3hk	3df	3df	2d
18.	Cb	2su	4a	2da	3fa	2k-1	2k-1	2a	3hk	3df	3df	2d
	Kyo	2s	4a	2da	3fa	2k-1	2k-1	2a	3hkl	3df	3df	2d

ตารางแสดงความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ และข้อจำกัดในการใช้งานด้าน
วิศวกรรม (ต่อ)

ความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม												
แบ่งเป็น 4 ระดับ							แบ่งเป็น 3 ระดับ					
1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม 4. ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง							1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม					
กลุ่มชุดดินที่	ชุดดิน	แหล่งหน้าดิน	แหล่งทรายและกรวด	ดินถมหรือดินคันทาง	เส้นทางแนวถนน	บ่อชุด	อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	คันกันน้ำ	บ่อเกรอะ	โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	อาคารต่างๆ	การใช้น้ำพาหนะในช่วงฤดูฝน
19.	Mak	3us	3a	2db	2d	2k	2k	2a	2k	3d	3d	2d
	Wb	3us	3a	2d	2d	3k	3k	2a	2k	3d	3d	2d
20.	Ki	3x	4a	3d	3fd	2k-1	2k-2	2a	3hk	3df	3df	3d
	Nk	3us	3a	2d	2fd	2k	2k	2a	2k	3df	3df	2d
	Ud	3x	3a	3d	3d	3k	3k	2a	3hk	3df	3df	3d
21.	Pb	1	4a	2ad	3fa	2k	2k	2a	3hk	3df	3df	2d
22.	St	1	4a	3d	3fd	2k-1	2k-1	2a	3hf	3fd	3fd	3d
	Sai	1	3a	3d	3fd	2k	2k	2a	3hf	3fd	3fd	3d
24.	Bbg	3s	3a	1-2d	1-2d	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Ub	3s	3a	1	2f	2k-3k	2k-3k	2a	2kh	3fd	3fd	2d
25.	Pn	3b	4a	3db-	3db-2db	1	2k-1	2a	3fd	3fd	3fd	2d
	On	3b	4a	2db	3db-2db	2p	2k	2a	3fd	3fd	3fd	2d
26.	Ak	2s	4a	3a	3a	2k	2k	3a	2k	2a	2a	3s
	Kbi	2S	4a	3a	3a	2k	2k	3a	2k	2a	2a	2s
	LI	2s	4a	3a	3a	2k	2k	2a	2k	2a	2a	2s
	Pk	2s	4a	3a	3a	2k	2k	2a	1	2a	2a	2s
	Pga	2s	4a	3a	3a	2k	2k	2a	2k	2a	2a	2s
27.	Nb	2s	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2k	2a	2a	3s
	Ti	2s	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2k	2a	2a	3s
28.	Cd	3s	4a	3al	3al	2k	2k	2a	3k	3a	3al	3s
	Lb	3s	4a	3al	3al	2k-1	2k-1	2a	3k	3al	3al	3s
29.	Bg	2st	4a	3a	3at	3k	3kt	3a	2kt	3ta-2ta	2ta	2st
	Cg	2st	4a	3a	3at	3k	3kt	3a	2kt	3ta-2ta	2ta	2st
	Ci	2s	4a	3a	3a	3k	3kt	3a	2k	2a	2a	2s
	Hc	2st	4a	3a	2at	3k	3kt	2a	2kt	3ta-2ta	2ta	2st
	Mt	2st	4a	3a	3at	3k	3kt	2a	2kt	3ta-2ta	2ta	2st
	Nm	2st	4a	2a-3a	2at-3at	3k	3kt	2a	2kt	3ta-2ta	2ta	2st
	Pc	4a	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2k	2a	2a	3s
	Ky	4a	4a	2a-3a	2a-3a	3k	3k	2a-3a	2k	2a	2a	2s

ตารางแสดงความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ และข้อจำกัดในการใช้งานด้าน
วิศวกรรม (ต่อ)

ความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม												
แบ่งเป็น 4 ระดับ							แบ่งเป็น 3 ระดับ					
1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม 4. ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง							1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม					
กลุ่มชุดดินที่	ชุดดิน	แหล่งหน้าดิน	แหล่งทรายและกรวด	ดินถมหรือดินคันทาง	เส้นทางแนวถนน	ป่อชุด	อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	คันกันน้ำ	บ่อเกรอะ	โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	อาคารต่างๆ	การใช้น้ำพาหนะในช่วงฤดูฝน
30.	Ce	2s	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2t	2a	2a	3st
	Dp	2s	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2t	2a	2a	3st
31.	Lo	2s	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2k	2at	2at	3s
	Ls	2s	4a	3a	3a	2k	2k	3a	2k	2a	3a	3s
32.	Lam	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	2k-1	1	1	2s
	Ro	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	2k-1	1	1	2s
33.	Don	1	4a	2a	2a	3k	3k	2a	2k	2a	2a	2s
	Ks	1	4a	2a	2a	3k	3k	2a	2k	2a	2a	2s
34.	Km	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Lh	2s	4a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
35.	Ds	2s	3a	2a	2a	3k	3k	2a	1	3t	2t	2t
	Kt	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Mb	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Suk	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	2t-1	2t-1	2t-1	1
	Wn	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	2t-1	1
	Yt	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	2t-1	1
36.	Si	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	1	2a	2a	1
	Sr	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	2k	2a	2a	2s
38.	Cph	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Tm	1	4a	2a	2a	3k	3k	2a	1	1	1	1
39.	Kh	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	1	1
	Nat	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	1	1
	Sd	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	1	1
	Tg	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	1	1
40.	Cpg	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Hg	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Kpg	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
	Sp	2s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	1
42.	Bh	3s	2a	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s

ตารางแสดงความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ และข้อจำกัดในการใช้งานด้าน
วิศวกรรม (ต่อ)

ความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม												
แบ่งเป็น 4 ระดับ							แบ่งเป็น 3 ระดับ					
1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม 4. ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง							1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม					
กลุ่มชุดดินที่	ชุดดิน	แหล่งหน้าดิน	แหล่งทรายและกรวด	ดินถมหรือดินคันทาง	เส้นทางแนวถนน	บ่อชุด	อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	คันกันน้ำ	บ่อเกรอะ	โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	อาคารต่างๆ	การใช้น้ำพาหนะในช่วงฤดูฝน
43.	Bc	3s	1	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s
	Hh	3s	2a-1	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s
	Lan	3s	3a	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s
	Mik	3s	1	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s
	Py	3s	1	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s
	Ry	3s	1	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	3s
	Sh	2s	3a	1	1	3k	3k	3a	1	1	1	1
44.	Cu	3s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	1	1	3s
	Ng	3s	3a	1	1	3k	3k	2a	1	2t-1	1	3s
45.	Cp	3g	4a	1	1	2k	2k	1	2k	2a	2a	2s-1
	Kc	3g	4a	1	1	3k	2k	2b-1	1	2a	2a	2s-1
46.	Ch	3g	4a	1	1-2t	3k	3k	1	2kt	3t-2at	2at	2t
	Kb	3g	4a	1	1	3k	3k	1	2k	2a	2a	1
	Su	3g	4a	1	1	3k	3k	1	2k	2at	2at	1
47.	Hs	3bg	4ac	1-3b	1-3c	3k	3km	3b	3c	3t	3t	2st-3t
	Li	3bg	4ac	1	1-2t	3k	3km	3b	3c	3t	3t	2st-3t
	MI	3bg	4ac	1	1-2t	3k	3km	3b	3c	3t	3t	2st-3t
	Pon	3g	4ac	3b	2c-3c	3k	3km	3b	3c	3t	3t	2s
	So	3s	4ac	3ab	2c-3c	3k	3km	3b	3c	3t	3t	3s
	TI	3bg	4ac	3b	2c-3c	3k	3km	3b	3c	3t	3t	3st
48.	Mr	3g	3a	1-2t	1-3t	3k	3k	2a	3pt	3pt-2pt	3pt-2pt	2pt
	Ty	3g	3a	2p-1	1-3c	3k	3k	3a	3ct	3t	3t	3pt
49.	Pp	3bg	4a	2b	2a-1	2k-1	2k	2a	2k	2a	2a	1
	Sk	3bg	4a	2b	2ad	3k	3k	3a	3k	3d	3d	1
50.	Pto	2s	4a	2bt	2t-3t	3m	3m	2b	3ct	3t	3t	2t
	Sw	2s	4a	1	1	3k	3k	2a	2k	2t-1	2a	1
51.	Ho	3g	4a	3b	3ct	3m	3m	3b	3c	3t	3t	3pt
	Yg	3g	4a	3b	3ct	3m	3m	3b	3c	3t	3t	3pt
52.	Bng	2s	4a	3a	3a	3k	3k	3a	2k	3a	3a	3s
	Tk	2s	4a	3a	3al	2k	2k	3a	2k	3a	3a	2s

ตารางแสดงความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ และข้อจำกัดในการใช้งานด้าน
วิศวกรรม (ต่อ)

ความเหมาะสมของชุดดินตามกลุ่มชุดดินต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านวิศวกรรม												
แบ่งเป็น 4 ระดับ							แบ่งเป็น 3 ระดับ					
1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม 4. ไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง							1. เหมาะสมดี 2. เหมาะสมปานกลาง 3. ไม่เหมาะสม					
กลุ่มชุดดินที่	ชุดดิน	แหล่งหน้าดิน	แหล่งทรายและกรวด	ดินถมหรือดินคันทาง	เส้นทางแนวถนน	บ่อชุด	อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	คันกันน้ำ	บ่อเกรอะ	โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก	อาคารต่างๆ	การใช้งานพาหนะในช่วงฤดูฝน
53.	Oc	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	2k	2a	2a	2s
	Td	2s	4a	2a	2a	3k	3k	2a	1	1	1	2s
54.	Ln	3s	4a	3a	3a	2k	2k	2a	2k	2d	2d	3s
	Sat	3s	4a	3a	3a	2k	2k	2a	2k-3k	2d	2d	3s
55.	Ct	3s	4a	3a	3a	2k	2m	2a	3k	2a	2a	2s
	Ws	2s	4a	3a	3a	3k	3m	2a	2k	2at	2at	2s
56.	Ly	2s	4a	2p	1-2ct	3k	3k	2ab	3t	2t-3t	2t-3t	1-2t
	Png	2s	4a	2a-1	1-2c	3k	3k	2a	1	1-2t	1	1
57.	Kd	4d	4a	4ad	4af	3k	3k	3a	3h	3af	3af	3sd
58.	Nw	4d	4a	4ad	4af	3k	3k	3a	3h	3af	3af	3sd

ภาคผนวก จ

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

เรื่องกำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ
รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม



ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ
รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชนที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบ
สิ่งแวดล้อม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๔๖ และมาตรา ๕๑ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดให้ส่วนราชการรัฐวิสาหกิจ และเอกชนซึ่งจะดำเนินโครงการหรือกิจการ หรือจะดำเนินการขยายโครงการ หรือกิจการตามบัญชีท้ายประกาศนี้ ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม เพื่อดำเนินการให้ความเห็นตามที่กำหนดในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ ทั้งนี้รวมทั้งโครงการหรือ กิจการที่ต้องเสนอขอรับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีและโครงการ หรือกิจการซึ่งจะต้องได้รับอนุญาตจากทางราชการตามกฎหมาย

การจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น ต้องจัดทำโดยบุคคลซึ่งได้รับอนุญาตให้เป็นผู้ชำนาญการศึกษผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ประกาศ ณ วันที่ ๒๔ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๓๕

ไพจิตร เอื้อทวิกุล

(นายไพจิตร เอื้อทวิกุล)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๐๙ ตอนที่ ๑๓๐ วันที่ ๔ ตุลาคม ๒๕๓๕)

บัญชีท้ายประกาศ

ลำดับที่	ประเภทโครงการหรือกิจการ	ขนาด
๑.	เขื่อนเก็บกักน้ำหรืออ่างเก็บน้ำ	ที่มีปริมาตรเก็บกักน้ำตั้งแต่ ๑๐๐,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์เมตรขึ้นไป หรือมีพื้นที่เก็บกักน้ำตั้งแต่ ๑๕ ตารางกิโลเมตรขึ้นไป
๒.	การชลประทาน	ที่มีพื้นที่การชลประทานตั้งแต่ ๘๐,๐๐๐ ไร่ขึ้นไป
๓.	สนามบินพาณิชย์	ทุกขนาด
๔.	โรงแรมหรือสถานที่พักตากอากาศที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำ ฝั่งทะเลสาบ หรือชายหาด หรือที่อยู่ใกล้ หรือในอุทยานแห่งชาติหรืออุทยานประวัติศาสตร์ ซึ่งเป็นบริเวณที่อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ที่มีจำนวนห้องพักตั้งแต่ ๘๐ ห้องขึ้นไป
๕.	ระบบทางพิเศษตามกฎหมายว่าด้วยการทางพิเศษ หรือโครงการที่มีลักษณะ เช่นเดียวกับทางพิเศษ หรือระบบขนส่งมวลชนที่ใช้ราง	ทุกขนาด
๖.	การทำเหมืองตามกฎหมายว่าด้วยแร่	ทุกขนาด
๗.	นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคมอุตสาหกรรม หรือโครงการที่มีลักษณะเช่นเดียวกับนิคมอุตสาหกรรม	ทุกขนาด
๘.	ท่าเรือพาณิชย์	ที่สามารถรับเรือขนาดตั้งแต่ ๕๐๐ ตันกรอสขึ้นไป
๙.	โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	ที่มีกำลังผลิตกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ ๑๐ เมกกะวัตต์ขึ้นไป
๑๐.	การอุตสาหกรรม	
	(๑) อุตสาหกรรมเบโตรเคมี	ที่ใช้วัตถุดิบซึ่งได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม และ/หรือการแยกก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตตั้งแต่ ๑๐๐ ตันต่อวันขึ้นไป
	(๒) อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม	ทุกขนาด
	(๓) อุตสาหกรรมแยกหรือแปรสภาพก๊าซธรรมชาติ	ทุกขนาด
	(๔) อุตสาหกรรมคลอ-แอลคาไลน์ (Chlor-alkaline Industry) ที่ใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นวัตถุดิบในการผลิตโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) คลอรีน (Cl_2) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และปูนคลอรีน (Bleaching Powder)	ที่มีกำลังผลิตสารดังกล่าวแต่ละชนิด หรือรวมกันตั้งแต่ ๑๐๐ ตันต่อวันขึ้นไป
	(๕) อุตสาหกรรมเหล็กและ/หรือเหล็กกล้า	ที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ ๑๐๐ ตันต่อวันขึ้นไป (กำลังผลิตให้คำนวณโดยใช้กำลังผลิตของเตา เป็นตันต่อชั่วโมง คูณด้วย ๒๔ ชั่วโมง

ลำดับที่	ประเภทโครงการหรือกิจการ	ขนาด
๑๑.	(๖) อุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ (๗) อุตสาหกรรมถลุงแร่หรือหลอมโลหะซึ่งมิใช่ อุตสาหกรรมเหล็กหรือเหล็กกล้า (๘) อุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ โครงการทุกประเภทที่อยู่ในพื้นที่ที่คณะรัฐมนตรี ได้มีมติเห็นชอบกำหนดให้เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น ๑ บี	ทุกขนาด ที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ ๕๐ ตันต่อวันขึ้นไป ที่มีกำลังผลิตตั้งแต่ ๕๐ ตันต่อวันขึ้นไป ทุกขนาด



ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติและแนวทางในการ
จัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕)

เพื่อให้การจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือเอกชน ที่ต้องจัดทำ รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ ๒ (พ.ศ. ๒๕๓๕) เป็นไปโดยความเรียบร้อย

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๔๖ และมาตรา ๕๑ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติและแนวทางในการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพิ่มเติมในส่วนขั้นตอนที่ต้องเสนอรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามเอกสารท้ายประกาศนี้ สำหรับการขยายโครงการหรือกิจการและแนวทางในการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามประกาศ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติและแนวทางในการจัดทำ รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ลงวันที่ ๒๔ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๓๕

ประกาศ ณ วันที่ ๙ กันยายน พ.ศ. ๒๕๓๕

ไพจิตร เอื้อทวิกุล

(นายไพจิตร เอื้อทวิกุล)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

(ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ ๑๐๙ ตอนที่ ๑๓๖ วันที่ ๒๒ ตุลาคม ๒๕๓๕)

บัญชีท้ายประกาศ

ลำดับที่	ประเภทโครงการหรือกิจการ	ขั้นตอนการเสนอรายงาน
๑.	การถมที่ดินในทะเล	ขั้นขออนุญาตดำเนินการ
๒.	อาคารที่ตั้งอยู่ริมแม่น้ำ ฝั่งทะเล ทะเลสาบหรือชายหาด หรือที่อยู่ใกล้ หรือในอุทยานแห่งชาติ หรืออุทยานประวัติศาสตร์ซึ่งเป็น บริเวณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม	๒.๑ กรณีโครงการของส่วนราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ให้เสนอขึ้นก่อนขออนุมัติงบประมาณ ๒.๒ กรณีโครงการที่ไม่อยู่ในข้อ ๒.๑ ให้เสนอขึ้นขออนุญาตก่อสร้างตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุม อาคาร
๓.	อาคารชุดพักอาศัย ตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด	๓.๑ กรณีโครงการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ ให้เสนอในชั้นก่อนขออนุมัติงบประมาณ ๓.๒ กรณีโครงการที่ไม่อยู่ในข้อ ๓.๑ ให้เสนอในชั้นขออนุญาตก่อสร้างตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
๔.	การจัดสรรที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย หรือเพื่อประกอบการพาณิชย์	๔.๑ กรณีโครงการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ ให้เสนอในชั้นก่อน ขออนุมัติงบประมาณ ๔.๒ กรณีโครงการที่ไม่อยู่ในข้อ ๔.๑ ให้เสนอในชั้นขออนุญาตจัดสรรที่ดินตามกฎหมายว่าด้วยการจัดสรรที่ดิน
๕.	โรงพยาบาล หรือสถานพยาบาล (๑) กรณีตั้งอยู่ริมแม่น้ำ ทะเล ทะเลสาบ หรือชายหาด ซึ่งเป็นบริเวณที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบกระเทือนต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม (๒) กรณีโครงการที่ไม่ได้อยู่ในข้อ (๑)	๕.๑ กรณีโครงการของส่วนราชการ หรือรัฐวิสาหกิจ ให้เสนอในชั้นก่อนขออนุมัติงบประมาณ ๕.๒ กรณีโครงการที่ไม่อยู่ในข้อ ๕.๑ ให้เสนอในชั้นขออนุญาตจัดตั้งหรือขยาย
๖.	อุตสาหกรรมผลิตสารออกฤทธิ์หรือสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ โดยกระบวนการทางเคมี	ขั้นตอนการขออนุญาตตั้งโรงงานและขยายโรงงาน
๗.	อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมีโดยกระบวนการทางเคมี	ขั้นตอนการขออนุญาตตั้งโรงงานและขยายโรงงาน
๘.	ทางหลวงหรือถนน ซึ่งมีความหมายตามกฎหมายว่าด้วยทางหลวงที่ตัดผ่านพื้นที่ดังต่อไปนี้ (๑) พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและเขตห้ามล่าสัตว์ป่าตามกฎหมายว่าด้วยการสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า (๒) พื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติ ตามกฎหมายว่าด้วยอุทยานแห่งชาติ (๓) พื้นที่เขตลุ่มน้ำชั้น ๒ ตามที่คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบแล้ว (๔) พื้นที่เขตป่าชายเลน ที่เป็นป่าสงวนแห่งชาติ (๕) พื้นที่ชายฝั่งทะเลในระยะ ๕๐ เมตร ห่างจากระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด	ขั้นก่อนขออนุมัติคณะรัฐมนตรีและชั้นขอขยาย

ภาคผนวก จ
แบบประเมินและผลการประเมินวิทยากรงานทาง

แบบประเมินในการสัมภาษณ์วิศวกรงานทาง
ในงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการคัดเลือก
แนวทางหลวงเบี่ยงต้น กรณีศึกษา อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จ.
นครราชสีมา

ชื่อผู้ตอบแบบประเมิน

หน่วยงาน

ตำแหน่งประสบการณ์การทำงานปี

ในการคัดเลือกแนวทางหลวงเบี่ยงต้น โดยพิจารณาเฉพาะปัจจัยด้านกายภาพประกอบ
ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยความชัน, อุทกวิทยา, ธรณีวิทยา, ปฐพีวิทยา และการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษา
จาก อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา ท่านคิดว่าปัจจัยใดที่มีความสำคัญมาก
น้อยกว่ากัน และคิดเป็นร้อยละเท่าไร

ปัจจัยที่ใช้	ร้อยละของค่าคะแนนความสำคัญในการพิจารณา
ความชัน	
อุทกวิทยา	
ธรณีวิทยา	
ปฐพีวิทยา	
การใช้ที่ดิน	
รวม	100%

* หมายเหตุ - ร้อยละของค่าคะแนนความสำคัญที่ใช้พิจารณาในแต่ละปัจจัย อาจมีค่าเท่ากันได้ แต่
เมื่อรวมกันในทุกปัจจัยแล้วจะมีค่า เท่ากับ 100%

- ลักษณะทางกายภาพของ อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว สภาพพื้นที่โดยทั่วไป
ประกอบด้วยพื้นที่ราบลอนคลื่น ลักษณะเป็นเนินดินสูงๆ ต่ำๆ สลับกันไปตลอดพื้นที่

ตารางแสดงผลการประเมินวิทยากรงานทาง

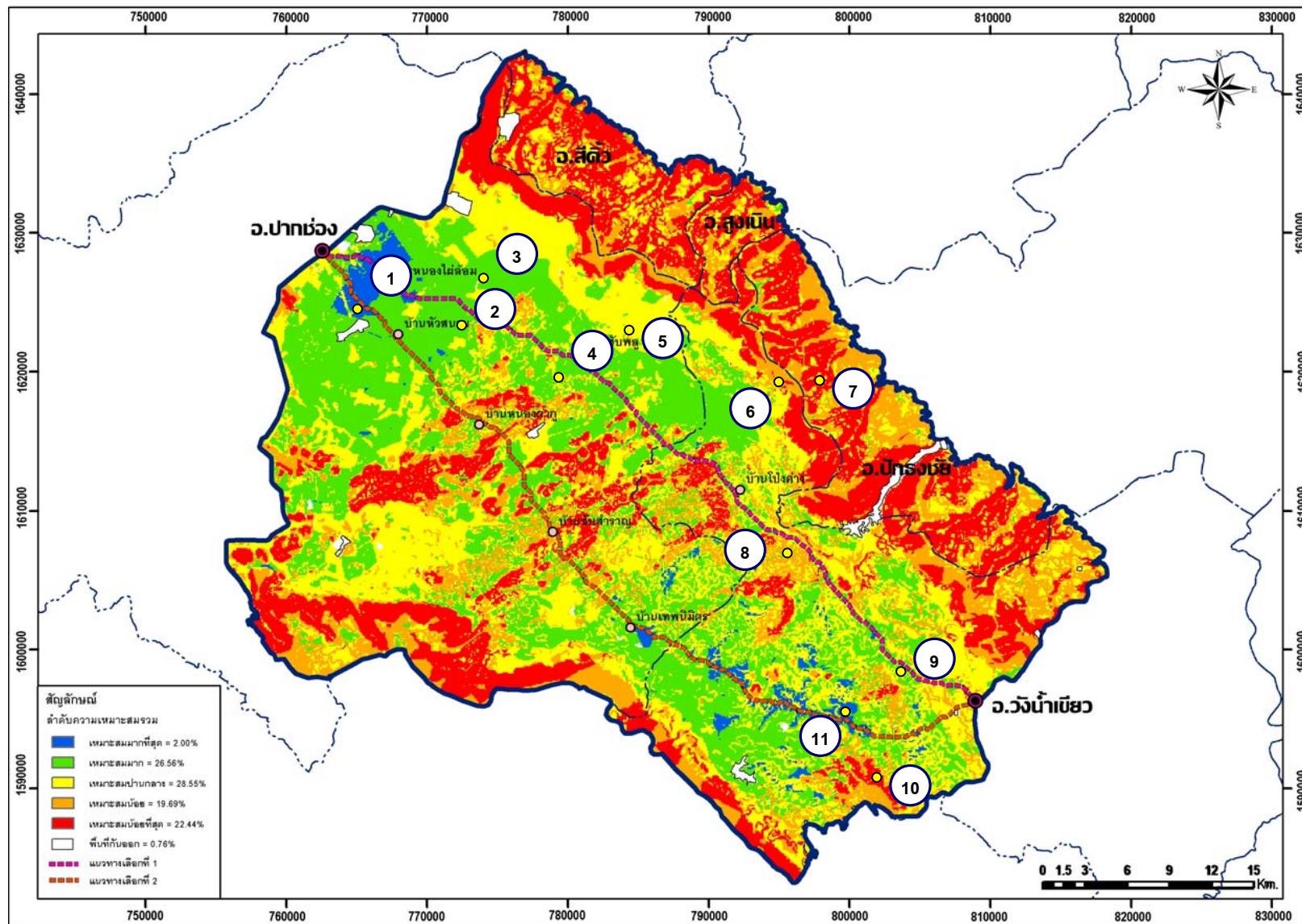
ลำดับที่	ความซ้น	อุทกวิทยา	ธรณีวิทยา	ปฐพีวิทยา	การใช้ที่ดิน
1	15.00	20.00	15.00	20.00	30.00
2	10.00	30.00	20.00	10.00	30.00
3	25.00	15.00	20.00	15.00	25.00
4	20.00	20.00	15.00	15.00	30.00
5	10.00	20.00	15.00	15.00	40.00
6	25.00	25.00	10.00	10.00	30.00
7	25.00	15.00	15.00	20.00	25.00
8	20.00	15.00	15.00	15.00	35.00
9	20.00	25.00	15.00	10.00	30.00
10	10.00	20.00	20.00	30.00	20.00
11	30.00	20.00	25.00	15.00	10.00
12	25.00	15.00	25.00	25.00	10.00
13	20.00	25.00	25.00	20.00	10.00
14	20.00	30.00	20.00	15.00	15.00
15	25.00	15.00	25.00	25.00	10.00
16	20.00	30.00	30.00	10.00	10.00
17	20.00	30.00	20.00	15.00	15.00
18	25.00	25.00	20.00	20.00	10.00
19	25.00	20.00	20.00	25.00	10.00
20	25.00	35.00	10.00	15.00	15.00
21	30.00	30.00	10.00	20.00	10.00
22	25.00	20.00	15.00	25.00	15.00
23	30.00	30.00	10.00	10.00	20.00
24	30.00	30.00	5.00	10.00	25.00
25	30.00	20.00	20.00	20.00	10.00
26	30.00	25.00	10.00	20.00	15.00
27	30.00	20.00	10.00	10.00	30.00
28	25.00	30.00	10.00	10.00	25.00

ลำดับที่	ความชื้น	อุณหภูมิ	ธรณีวิทยา	ประจุไฟฟ้า	การใช้ที่ดิน
29	10.00	20.00	10.00	20.00	40.00
30	30.00	25.00	5.00	10.00	30.00
31	30.00	25.00	5.00	10.00	30.00
32	30.00	30.00	5.00	10.00	25.00
33	20.00	25.00	20.00	15.00	20.00
34	25.00	20.00	10.00	10.00	35.00
35	30.00	10.00	10.00	20.00	20.00
36	20.00	25.00	15.00	20.00	20.00
37	20.00	20.00	10.00	20.00	30.00
38	20.00	25.00	5.00	15.00	35.00
39	30.00	20.00	15.00	5.00	30.00
40	35.00	20.00	10.00	15.00	20.00
41	30.00	30.00	5.00	15.00	20.00
42	30.00	20.00	10.00	10.00	30.00
43	30.00	15.00	15.00	20.00	20.00
44	20.00	20.00	10.00	20.00	30.00

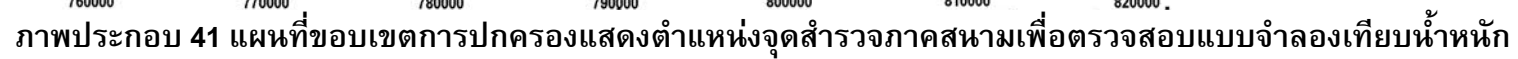
ตารางแสดงผลสรุปจากการประเมินวิศวกรรมทาง

	ปัจจัยความชัน						ฐานนิยม		
ค่าคะแนน	10	15	20	25	30	35	30		
ความถี่	6	3	9	10	14	2			
	ปัจจัยอุทกวิทยา						ฐานนิยม		
ค่าคะแนน	10	15	20	25	30	35	20		
ความถี่	1	7	16	9	10	1			
	ปัจจัยธรณีวิทยา						ฐานนิยม		
ค่าคะแนน	5	10	15	20	25	30	10		
ความถี่	6	12	10	10	4	2			
	ปัจจัยประเพณีวิทยา						ฐานนิยม		
ค่าคะแนน	5	10	15	20	25	30	10		
ความถี่	1	13	11	12	6	1			
	ปัจจัยการใช้ที่ดิน						ฐานนิยม		
ค่าคะแนน	5	10	15	20	25	30	35	40	ฐานนิยม
ความถี่	2	8	6	6	5	11	2	4	30

ภาคผนวก ข
ภาพจากการออกภาคสนาม



ภาพประกอบ 40 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบแบบจำลองเทียบน้ำหนัก



ภาพประกอบ 41 แผนที่ขอบเขตการปกครองแสดงตำแหน่งจุดสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบแบบจำลองเทียบน้ำหนัก

จุดสำรวจที่ 1 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (พื้นที่สีน้ำเงิน) บริเวณด้านซ้ายของถนน
มิตรภาพประกอบ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 2 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก (พื้นที่สีเขียว) บริเวณบ้านหนองแก ต.วังไทร
อ.ปากซ่อง จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 3 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก (พื้นที่สีเขียว) บริเวณบ้านซับน้อย ต.วังไทร
อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 4 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง (พื้นที่สีเหลือง) บริเวณบ้านชัยเศรษฐี
ต.คลองม่วง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 5 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง (พื้นที่สีเหลือง) บริเวณบ้านวังสีสด
ต.คลองม่วง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 6 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย (พื้นที่สีน้ำตาล) บริเวณเชิงเขา ใน ต.ตะขบ
อ.ปรางค์ชัย จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 7 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด (พื้นที่สีแดง) บริเวณภูเขาใน ต.ตะขบ
อ.ปากช่องชัย จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 8 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย (พื้นที่สีน้ำตาล) บริเวณลอนคลื่น ใน ต.ระเริง
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 9 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก (พื้นที่สีเขียว) บริเวณบ้านโคกสันติสุข ต.วังหมี
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา



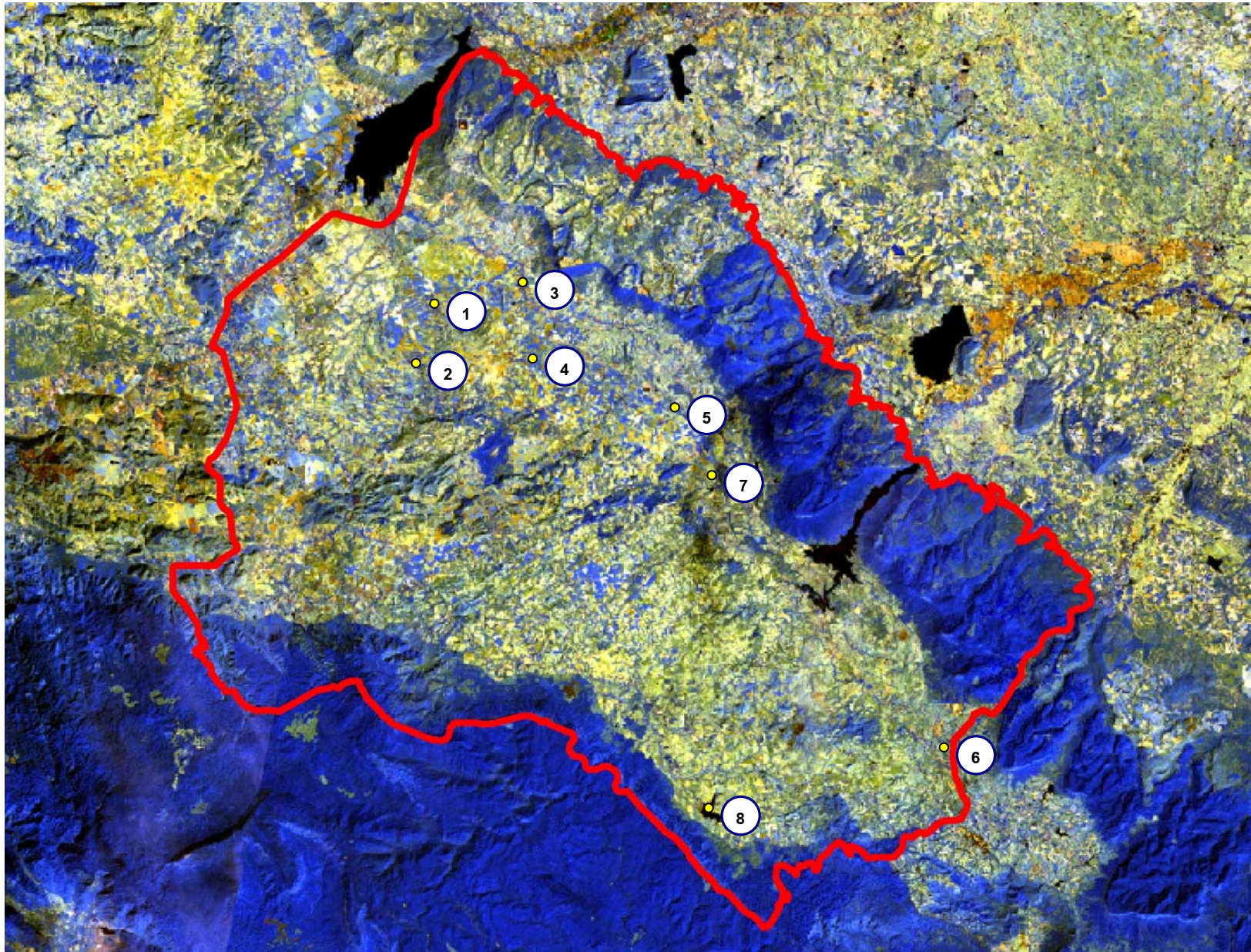
จุดสำรวจที่ 10 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุด (พื้นที่สีแดง) บริเวณเขาแผงม้า ต.วังน้ำเขียวอ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา



จุดสำรวจที่ 11 พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (พื้นที่สีน้ำเงิน) ในบริเวณ ต.วังน้ำเขียว
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา

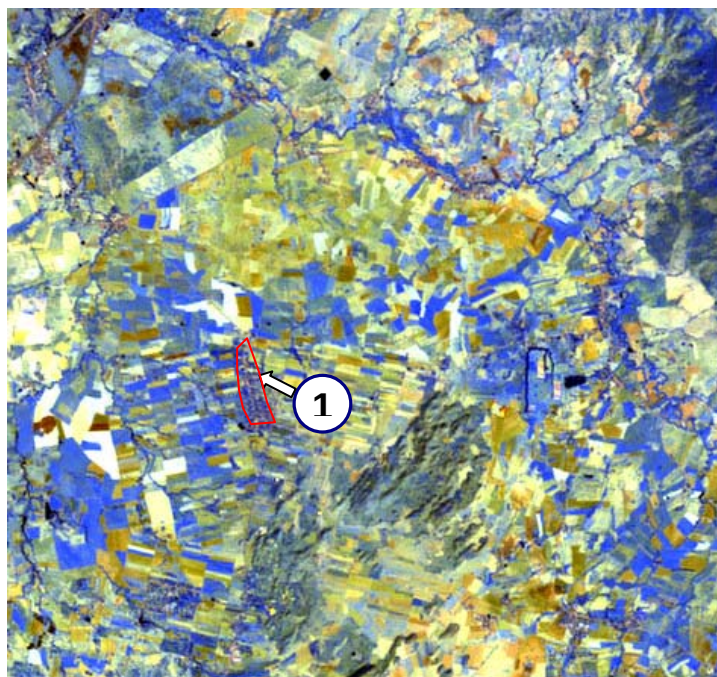


ภาคผนวก ฅ
พื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area)
ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺



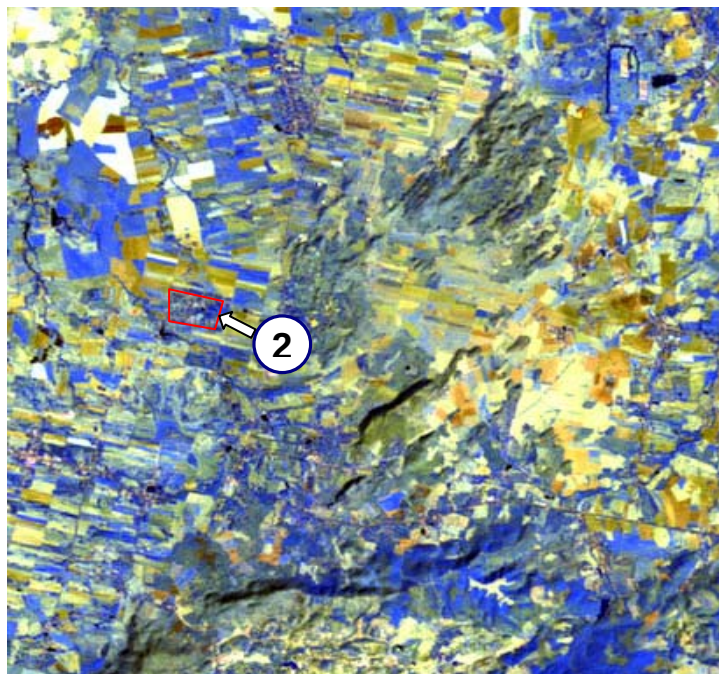
ภาพประกอบ 42 ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM⁺ Band 754 (BGR)
แสดงตำแหน่งพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area)

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 1 บ.ชัยน้อย ต.วังไทร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



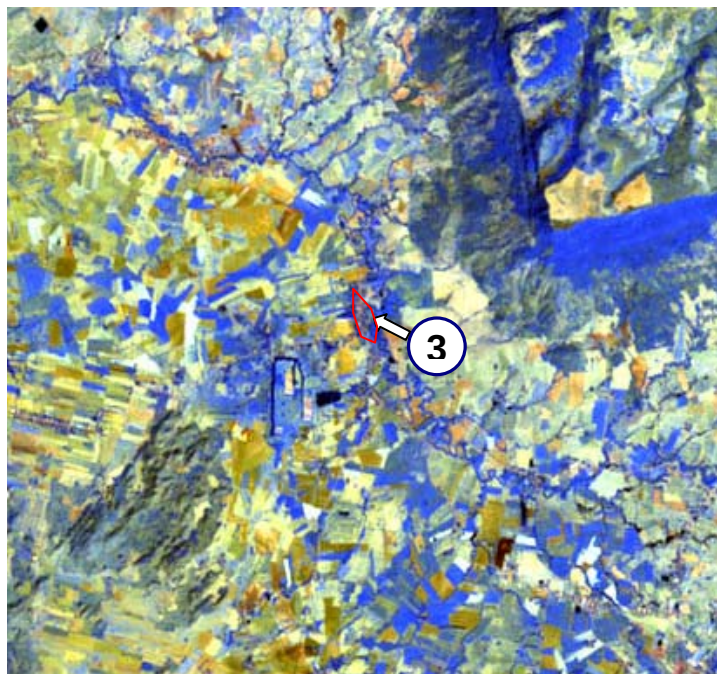
ภาพประกอบ 43 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านชัยน้อย

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 2 บ.หนองแก ต.วังไทร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



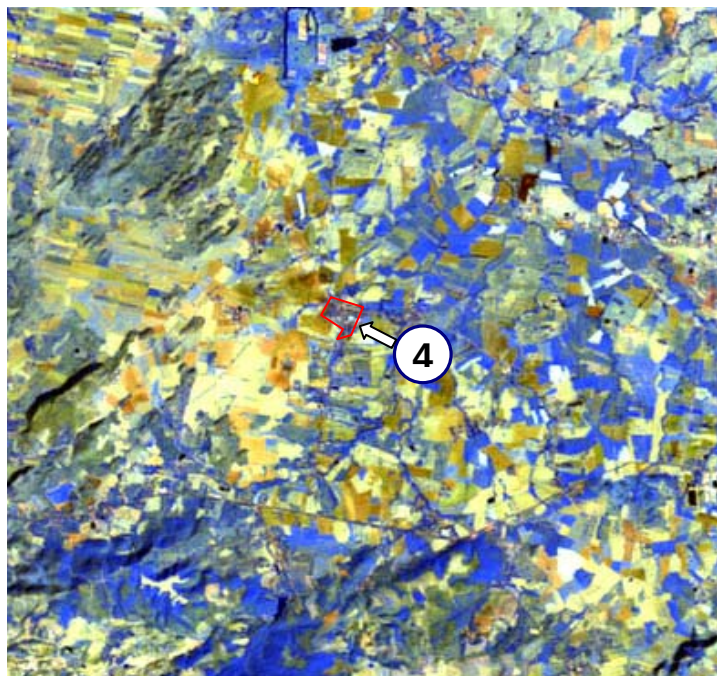
ภาพประกอบ 44 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านหนองแก

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 3 บ.วังไทร ต.วังไทร อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



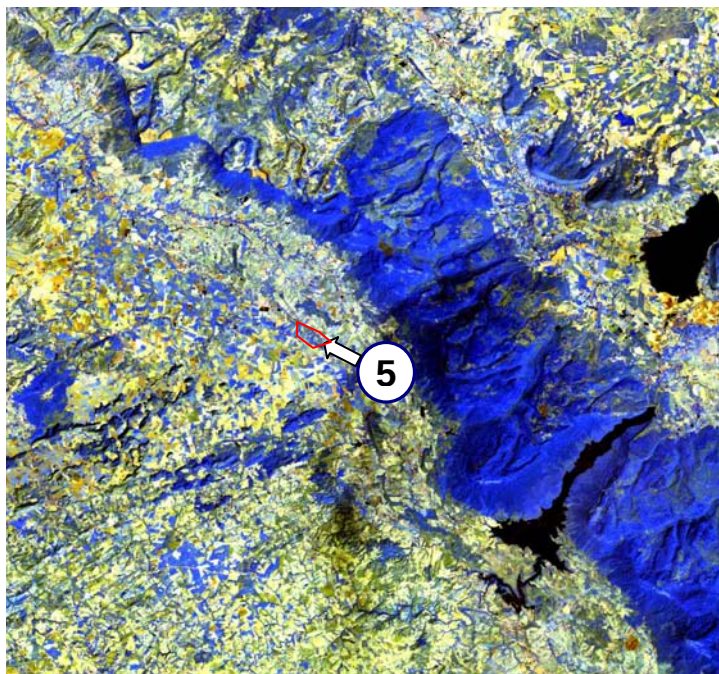
ภาพประกอบ 45 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านวังไทร

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 4 บ.ชัยเศรษฐี ต.คลองม่วง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



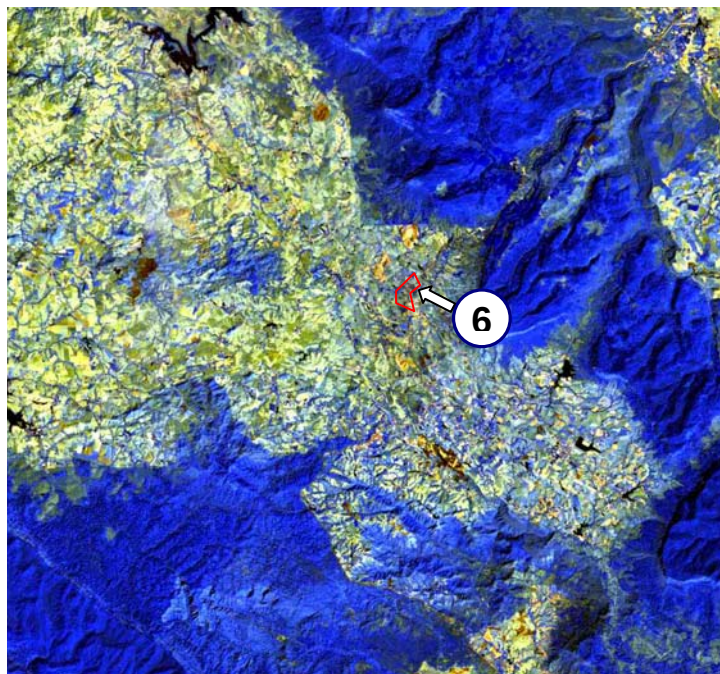
ภาพประกอบ 46 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านชัยเศรษฐี

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 5 บ.วังสีต ต.คลองม่วง อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา



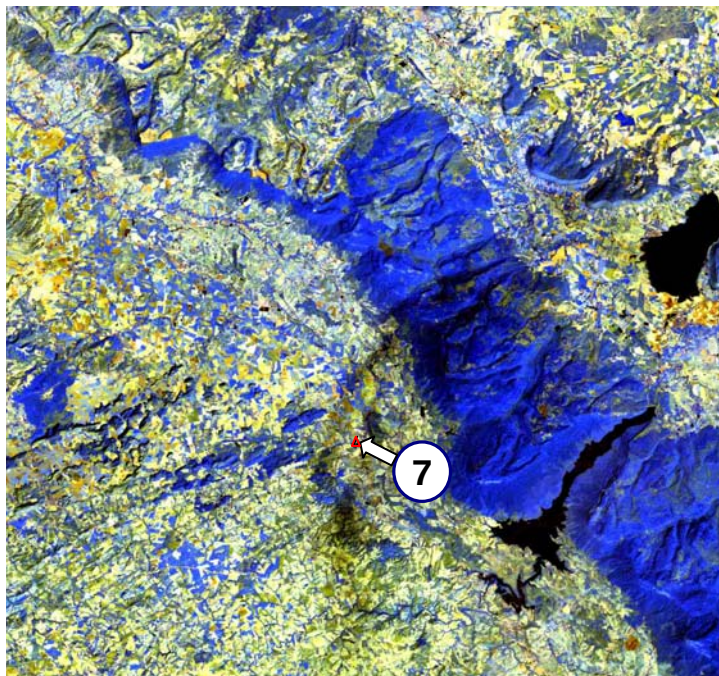
ภาพประกอบ 47 แสดงพื้นที่ชุมชนบ้านวังสีต

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 6 อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา



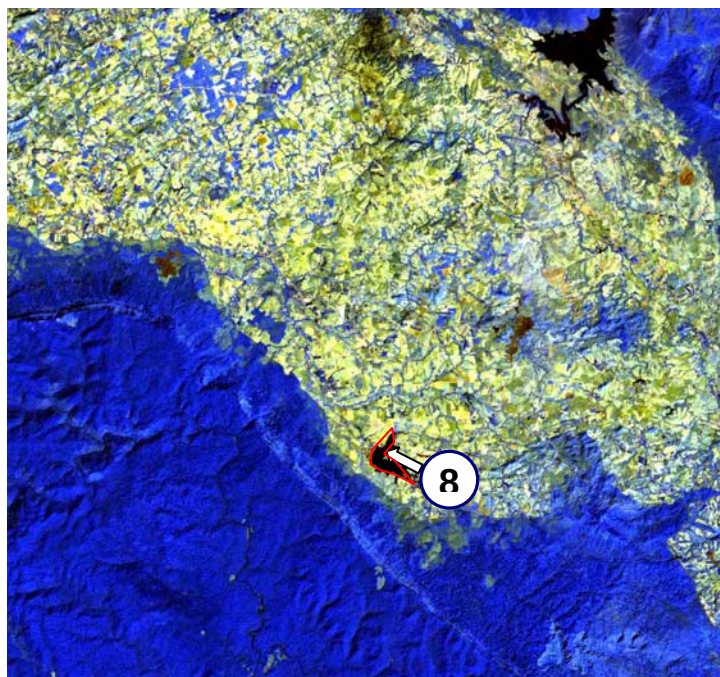
ภาพประกอบ 48 แสดงพื้นที่ชุมชนทางเข้า อ.วังน้ำเขียว

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 7 อ่างเก็บน้ำ ต.ระเริง อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา



ภาพประกอบ 49 แสดงพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

พื้นที่ข้อมูลตัวอย่างที่ 8 อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง 1 ต.วังหมี อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา



ภาพประกอบ 50 แสดงพื้นที่อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง 1

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาว ศิริพร ตีรธาร
วันเดือนปีเกิด	2 เมษายน 2513
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	60/72 หมู่บ้านวรารมย์ 69 ถนนเลียบคลองภาษีเจริญฝั่งใต้ หนองแขม กรุงเทพฯ 10160
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ไทยเอนยีเนียร์จังก์ชันส์จำกัด
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2531	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสตรีวิทยา กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2534	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2546	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร