

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งใน
พื้นที่จังหวัดลำปาง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการพัฒนาสังคม)
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งใน
พื้นที่จังหวัดลำปาง
สุรศักดิ์ วงศ์ษา
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา อมรสงวนสิน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการพัฒนาสังคม)

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรสิทธิ์ วชิรขจร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา อมรสงวนสิน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. แก้ว นวลฉวี)

..... คณบดี
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชาय รัตนดิลล ก ภูเก็ต)

/ /

บทคัดย่อ

| | |
|-----------------|---|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง |
| ชื่อผู้เขียน | นายสุรศักดิ์ วงศ์ษา |
| ชื่อปริญญา | ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารการพัฒนาสังคม) |
| ปีการศึกษา | 2559 |

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงภัยแล้ง วิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และหาความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสียหายภัยแล้งในจังหวัดลำปาง ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาโดยจำแนกเป็นปัจจัย ทางธรรมชาติ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_1) พื้นที่ป่าไม้ (X_2) ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X_3) ลักษณะ เนื้อดิน (X_4) และการระบายน้ำของดิน (X_5) ประกอบกับปัจจัยทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ พื้นที่ เกษตรกรรม (X_6) พื้นที่อุตสาหกรรม (X_7) และพื้นที่ชุมชน (X_8) ปัจจัยดังกล่าวได้รับการประเมินคะแนน ความสำคัญของปัจจัย (Weighting) และค่าน้ำหนักระดับปัจจัย (Rating) โดยผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงาน ภาครัฐทั้งหมด 12 หน่วยงาน จำนวน 24 คน เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งกับปัจจัย เชิงสาเหตุด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) เพื่อวิเคราะห์ ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งด้วยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Analysis)

ผลการศึกษานี้มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด คือ ปริมาณน้ำฝน โดยมีสัมประสิทธิ์ ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.38 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.35 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.75 ทั้งนี้ผล การวิเคราะห์ข้อมูลมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 นอกจากนี้ปัจจัยตัวอื่น ๆ ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ที่ใกล้เคียงกัน สำหรับผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแล้งเชิงพื้นที่ พบว่า จังหวัดลำปางมีพื้นที่ เสี่ยงภัยแล้งในระดับมากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 971.45 ตร.กม. ร้อยละ 7.75 รองลงมาคือพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ในระดับมากคิดเป็นพื้นที่ 2,975.6 ตร.กม. ร้อยละ 23.74 ถัดมาคือ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 6,076.61 ตร.กม. ร้อยละ 48.48 จากนั้นคือพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับน้อยคิดเป็นพื้นที่ 2,410.19 ตร.กม. ร้อยละ 19.23 และสุดท้ายคือพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับน้อยที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 100.11 ตร.กม. ร้อยละ 0.80 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับรายงานการจำแนกพื้นที่ภัยแล้งซ้ำซากของ กรมพัฒนาที่ดิน และมีสมการที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งคือ $Y = 0.648 + 1.002X_1 +$

$1.007X_2 + 1.001X_3 + 1.001X_4 + 1.003X_5 + 1.025X_6 + 1.007X_7 + 1.747X_8$ โดยสามารถอธิบาย
 ความแปรปรวนของความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปางได้ร้อยละ 100



ABSTRACT

| | |
|------------------------|--|
| Title of Thesis | The Application of Geographic Information System for Analyzing Drought Risk Area in Lampung Province |
| Author | Surasak Wongsa |
| Degree | Master of Arts (Social Development Administration) |
| Year | 2016 |

This research aimed to study causal factors influencing drought risk and to analyze drought risk by geographic information system application and to find the relationship between causal factors to the drought risk. Used factors could be identified 2 groups included by natural factors (average rainfall (X_1), forest area (X_2), distance from wetlands (X_3), soil texture (X_4), and soil drainage (X_5)) and human factors (agricultural area (X_6), industrial area (X_7), community area (X_8)). 24 experts from 12 governmental departments assessed for weighting and rating on each factor. Linear regression analysis at the statistical significant level 0.01, 99 percent, was applied with geographic information system by overlay technique for drought risk analysis. The result proposed that average rainfall (X_1) had the most influence with regression coefficient (Beta) 0.38 and correlation coefficient (R) 0.87. Then, community (X_8) had the second influence with regression coefficient (Beta) 0.35 and correlation coefficient (R) 0.75. All of data analysis had 99 percent of reliability, and every factor appeared not different on regression coefficient value. For drought risk area in Lampung province, the highest level of drought risk area covered 971.45 km² (7.75%). The high level of drought risk area covered 2,975.60 km² (23.74%). The moderate level of drought risk area covered 6,076.61 km² (48.48%). The low level of drought risk area covered 2,410.19 km² (19.23%), and the lowest level of drought risk covered 100.11 km² (0.80%). This agreed with a report of monotonous drought area by department of land development, and equation related to drought risk showed that $Y = 0.648 + 1.002X_1 + 1.007X_2 + 1.001X_3 + 1.001X_4 + 1.003X_5 + 1.025X_6 + 1.007X_7 + 1.747X_8$ explaining the variation of drought risk in Lampung province by 100%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง สำเร็จลุล่วงได้เนื่องมาจากการผู้ศึกษาได้รับความช่วยเหลือด้านคำปรึกษา คำชี้แนะ ความคิดเห็น การให้ข้อมูล ตลอดจนถึงการให้กำลังใจจากหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานราชการและผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้ศึกษาทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จินตนา อมรสงวนสิน ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์อย่างสูง และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรสิทธิ์ วชิรขจร อาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยานิพนธ์ ตลอดจนถึงอาจารย์ที่ปรึกษาชั่วคราว ที่ได้ให้คำแนะนำและความคิดเห็นในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้ถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นกำลังใจให้ผู้เขียนตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุรสิทธิ์ วชิรขจร และ รองศาสตราจารย์ ดร. แก้ว นวลฉวีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเป็นประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอพระขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิชาญ อมรากุล ผู้ให้คำปรึกษาด้านการใช้โปรแกรม ArcGIS 10.3.1 และรองศาสตราจารย์ ดร. อภิชาติ อนุกุลอำไพที่ให้ความรู้เกี่ยวกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ อีกทั้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรณภา ทองแดง ผู้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้เขียนตลอดมา นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณหน่วยงานราชการทุกหน่วยงานที่ได้เอื้อเพื่อแหล่งข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อีกทั้งยังให้การบริการด้วยมิตรไมตรีจิตที่ดียิ่งเช่นเดียวกัน

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในสถาบันแห่งนี้ ที่ได้ให้การประสิทธิ์ประสาทความรู้อย่างองค์รวมในด้านการพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีเจ้าหน้าที่คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ให้ความอบอุ่นเสมือนเป็นหนึ่งในครอบครัวของผู้เขียน และเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม ณ สถาบันแห่งนี้ทุกท่าน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา นางสาว และเครือญาติทุกท่านที่ช่วยสนับสนุน ส่งเสริมตลอดจนถึงให้กำลังใจตั้งแต่เริ่มการศึกษา จนถึงสิ้นสุดการศึกษาให้แก่ผู้เขียนมาโดยตลอด

สุรศักดิ์ วงศ์ษา

กรกฎาคม 2560

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | ก |
| ABSTRACT | ค |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ง |
| สารบัญ..... | จ |
| บทที่ 1 | 1 |
| บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 4 |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... | 4 |
| บทที่ 2 | 9 |
| การทบทวนวรรณกรรม | 9 |
| 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับภัยแล้ง | 9 |
| 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ | 37 |
| 2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่..... | 55 |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 66 |
| บทที่ 3 | 75 |
| วิธีดำเนินการศึกษา..... | 75 |
| 3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ | 75 |
| 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล | 75 |
| 3.3 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา..... | 77 |
| 3.4 วิธีการศึกษา | 93 |

| | |
|---|-----|
| บทที่ 4 | 102 |
| ผลการศึกษา..... | 102 |
| 4.1 ผลการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัด ลำปาง..... | 102 |
| 4.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางโดยการประยุกต์ใช้ระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ | 125 |
| 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง | 152 |
| บทที่ 5 | 165 |
| สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ | 165 |
| 5.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา..... | 165 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา | 168 |
| บรรณานุกรม..... | 170 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 171 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำ ถือเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการเกื้อกูลสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืชบนพื้นโลก ตลอดทุกกิจกรรมของมนุษย์ล้วนมีความเกี่ยวข้องกับน้ำ ตั้งแต่การใช้น้ำเพื่ออุปโภคและบริโภค ปศุสัตว์ เกษตรกรรม อุตสาหกรรม คมนาคม ท่องเที่ยว นิเวศวิทยา และเป็นแหล่งพลังงาน นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางกายภาพที่ยิ่งใหญ่มหึมา โดยบนโลกประกอบขึ้นกันด้วยพื้นดินและพื้นน้ำ โดยเปรียบเทียบสัดส่วนทั้งหมดแล้วพบว่า พื้นน้ำมีสัดส่วนมากกว่าพื้นดินถึง 3 ส่วน (ร้อยละ 75) ในขณะที่พื้นดินมีเพียง 1 ส่วน (ร้อยละ 25) เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทยพบว่า มีพื้นที่น้ำกระจายอยู่ทั่วประเทศรวมแล้วเนื้อที่ได้ 22.88 ล้านไร่ (Ramsar Convention Secretariat, 2013; Ministry of Natural Resources and Environment, 2003: 7) และพื้นที่ดิน 330.69 ล้านไร่ (Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2010) ด้วยระบบนิเวศเช่นนี้ทำให้ประเทศไทยมีวิถีชีวิต วัฒนธรรม เศรษฐกิจและกิจกรรมของคนที่ต้องพึ่งพาอาศัยทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งสำคัญเพื่อสร้างความมั่นคงให้แก่ประเทศมายาวนาน

ในอดีตประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ทางทรัพยากรน้ำอย่างสูง โดยสะท้อนให้เห็นถึงภาพในอุดมคติตามคำกล่าวขานกันว่า “ในน้ำมีปลาในนามีข้าว” นับตั้งแต่เกิดแผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2504-2509) ประเทศไทยได้ระดมทรัพยากรเพื่อเข้าสู่ระบบตลาดอย่างมหาศาลทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างไม่จำกัด จนจนถึงปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาน้ำท่วม และปัญหาน้ำเสีย ซึ่งล้วนแต่เป็นผลพวงมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจ การเพิ่มขึ้นของประชากรและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะภัยแล้ง ซึ่งเป็นภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำเป็นเวลานานในพื้นที่หนึ่ง (Thai Meteorological Department, 2008) สาเหตุการขาดแคลนน้ำเป็นฝนอันเนื่องมาจากปริมาณผลที่น้อยกว่าปกติ ซึ่งกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างส่งผลทำให้เกิดความแห้งแล้ง มนุษย์ขาดแคลนน้ำอุปโภคและบริโภค พืชพรรณขาดน้ำหล่อเลี้ยง เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีซึ่งอยู่ในระหว่างเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกรกฎาคม ช่วงเวลาดังกล่าวปรากฏการณ์ภัยธรรมชาติได้สร้างผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เศรษฐกิจ และสังคมอย่างมหาศาล (Department of Environment Quality Promotion, 2016)

ภัยแล้งเกิดจากเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เนื่องด้วยธรรมชาติได้ถูกคุกคามจากการกระทำของมนุษย์ซึ่งมีผลทำให้ระบบนิเวศเกิดการเสียสมดุล ฝนที่ตกในประเทศไทยต้องอาศัยลมมรสุม รวมทั้งพายุ หากแต่ว่าการเปลี่ยนแปลงปรากฏการณ์ของโลกทำให้อิทธิพลของลมมรสุมและพายุแปรผันไปจากเดิม (สรณี แสงมิตร และดุชฎี ศุขวัฒน์, 2524: 10; สมิต ธรรมสโรธ, 2534: 7-9; Thai Meteorological Department, 2008) แม้จะไม่มีข้อสรุปชัดเจนว่าสาเหตุของภัยแล้งเกิดจากปัจจัยใด (Kovach, 1995: 91-99) หากแต่นักวิชาการสันนิษฐานว่าอาจมีสาเหตุด้านปัจจัยทางธรรมชาติ (Natural Factor) ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าปกติ (Kemp, 1994: 41-42; Oprasitwong and Wongwittawat, 1995: 2) ช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วงยาวนาน (Kovach, 1995: 88-95; Wilhite and Glants, 1985: 111-120) การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ (Tangtham and Vittawatsutthipibul, 1988: Tangtham, 1994: 21-32; Tangtham, 2008: 20-38) และพื้นที่กักเก็บน้ำต่ำ (Prompan, 2005: 16; Udomchoke and Chuchip, 2005: 527-534; Asawachintachit, 2008: 41) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการพิจารณาเฉพาะปัจจัยทางธรรมชาติอาจเป็นเพียงมิติหนึ่งในการมองปัญหาภัยแล้ง Wilhite and Glants (1985: 111-120) เสนอว่า ควรพิจารณาด้านการใช้ประโยชน์จากที่ดินเพื่อการทำการเกษตรร่วมด้วย พื้นที่การเกษตรของประเทศไทยประมาณร้อยละ 78 ต้องอาศัยน้ำฝน ซึ่งการทำเกษตรในพื้นที่ที่ต้องอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวมักมีความเสี่ยงต่อความแห้งแล้ง ซึ่งสวนทางกับปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ได้เพียงร้อยละ 10 ของพื้นที่เกษตรกรรมในปี พ.ศ. 2549 (สุภา รันดาเว, 2544: 2-9; สุภา รันดาเว, ม.ป.ป: 1-2) การใช้น้ำของพืชเกษตรกรรมบางประเภทต้องการน้ำน้อยมากในทางกลับกันพืชเกษตรกรรมที่ใช้น้ำมากที่สุดในการเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวคือ ข้าว (ธีระพล ตั้งสมบูรณ์, 2549: 22) ดังนั้นการทำการเกษตรเพาะปลูกข้าวในบริเวณกว้างจึงก่อให้เกิดความเสี่ยงสูงต่อภาวะภัยแล้ง ในขณะที่การใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมเริ่มมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการขยายพื้นที่เพื่อรองรับอุตสาหกรรมการผลิตในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (Asean Economic Community) จากผลการสำรวจปริมาณการใช้น้ำของ กรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่ามีแนวโน้มการใช้น้ำสูงขึ้นอย่างน่าวิตกจาก พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2554 ในภาพรวมระดับประเทศพบว่าการเปลี่ยนแปลงจากการใช้น้ำจาก 33 ลบ.ม./วัน เป็น 806 ลบ.ม./วัน ในขณะที่จังหวัดลำปางมีการเปลี่ยนแปลงจาก 0.2 ลบ.ม./วัน เป็น 39 ลบ.ม./วัน (Department of Industrial Works, 2551) ดังนั้นการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมจึงเป็นสาเหตุหนึ่งของภัยแล้ง

นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของประชากรยังมีผลต่อความต้องการการใช้น้ำเพิ่มขึ้นตามมา โดยปกติคนต้องการใช้น้ำประมาณ 50 ลิตรต่อวันทั้งการอุปโภคและบริโภค (Irrigation Development Institute, 2008 :5) ในขณะที่มีประชากรของประเทศทั้งหมดประมาณ 67 ล้านคนในปี พ.ศ. 2557

(World bank, 2016) นั้นหมายความว่าทุกคนต้องการน้ำโดยเฉลี่ย 3.3 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 1,205 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในทำนองเดียวกันการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆของคนในเมืองจะมากกว่าคนในชนบท 2 เท่า (จิรพล สีนูนาวา, 2536: 52) ดังนั้นหากขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นแล้วจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จนนำไปสู่ความยากจน แร้นแค้น เหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นบ่อยครั้งที่ท้องถิ่นใดขาดแคลนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมเพื่อการประกอบอาชีพ หากไร้ซึ่งป่าไม้และแหล่งน้ำย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในที่สุด (Boesen, Maganga and Odgaard, 1999: 114-132)

ปัญหาภัยแล้งได้สร้างผลกระทบอย่างมหาศาลในด้านเศรษฐกิจ คือสิ้นเปลืองและสูญเสียผลผลิตทางการเกษตร สัตว์เลี้ยงขาดสารอาหารและน้ำ พื้นที่ป่าไม้ลดลง น้ำในแหล่งน้ำต่างๆแห้งขอด อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อราคาที่ดินในพื้นที่นั้นลดลงเนื่องจากไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ โรงงานอุตสาหกรรมไม่มีน้ำใช้ การว่างงานที่สูงขึ้น สภาพภูมิทัศน์เสื่อมโทรมกระทบต่อแหล่งการท่องเที่ยว การขนส่งทางน้ำต้องหยุดชะงัก การผลิตกระแสไฟฟ้าลดลง (Wilhite and Glants, 1985: 111-120) ในขณะที่ด้านสังคมเกิดผลกระทบจากการแย่งชิงการใช้น้ำ สุขภาพอนามัยลดลง การอพยพย้ายถิ่นฐาน (กัลยาณี สุวรรณประเสริฐ, 2548: 13-17) และด้านสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติได้รับผลกระทบโดยแสดงให้เห็นถึงระบบนิเวศที่ขาดแคลนน้ำหล่อเลี้ยง คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลง ระดับน้ำใต้ดินลดลง การกัดเซาะที่ดิน และการเพิ่มขึ้นของไฟป่า (National Drought Mitigation Center, 1995; ชลาลัย แจ่มผล, 2547: 15-20; Thai Meteorological Department, 2008)

จังหวัดลำปางเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือตอนบนมีลักษณะเป็นแอ่ง เป็นพื้นที่ซึ่งได้รับผลกระทบจากภัยแล้งอย่างรุนแรงมาตั้งแต่พ.ศ. 2548 โดยมีประชาชนได้รับความเดือนร้อน 65,666 หลังคาเรือน 541 หมู่บ้าน และในปีต่อมาพบพื้นที่ประสบภัยแล้ง 28,829 หลังคาเรือน 25 ตำบล และ 177 หมู่บ้าน ประชาชนได้รับความเดือนร้อนซึ่งต้องการน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคกว่า 36 ล้านลิตร (MGR Online, 2549) ปัจจุบันรายงานของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยในช่วงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556-เมษายน พ.ศ. 2557 ชี้ให้เห็นว่าภาคเหนือเป็นภาคที่ประสบภัยแล้งมากที่สุด จำนวน 13 จังหวัด โดยจังหวัดลำปางเป็นจังหวัดที่ประสบภัยแล้งมายาวนานเรื้อรังจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือตอนบนในช่วงระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2558) (Hydro and Agro Information Institute, 2014) โดยมีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่น้อยจึงทำให้ปริมาณน้ำไหลเข้าเขื่อนกิ่วลม และเขื่อนกิ่วคอหมาน้อย อีกทั้งการผันน้ำออกจากเขื่อนในปริมาณมากในช่วงเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม พ.ศ. 2558 จึงมีน้ำใช้เฉพาะเพื่อการอุปโภค บริโภค และพื้นที่ข้าวนาปีที่ปลูกไว้แล้วเท่านั้น กรมชลประทานจึงมีประกาศให้เกษตรกรชะลอการปลูกข้าว ตลอดจนร่วมกันใช้น้ำอย่างประหยัด และดำเนินการบรรเทาภัยแล้งด้วยการสำรวจ

เครื่องจักรและอุปกรณ์บรรเทาภัยพิบัติ จำนวน 10 เครื่อง และรถบรรทุกน้ำ 6,000 คันเพื่อช่วยเหลือพื้นที่ประสบภัยอย่างทั่วถึง (Office of Agriculture and Cooperative of Lampang Province, 2015)

การวิเคราะห์เชิงการพยากรณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นประโยชน์อย่างมากในการวางแผนรับมือ หรือป้องกันผลกระทบให้เหลือน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามในอดีตทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศส่วนใหญ่ได้ใช้ตัวแปรปริมาณน้ำฝนเพียงตัวแปรเดียวในการทำนายสถานะฝนได้โดยตรง แต่การวิเคราะห์ภัยแล้งนั้นสมควรใช้ตัวแปรปริมาณน้ำฝนเพียงตัวแปรเดียว เพราะภัยแล้งที่เป็นจริงมีปัจจัยเชิงสาเหตุหลายประการ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์ (รัศมี สุวรรณวิระกำธร, 2550) ดังนั้นการผสมผสานการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดภัยแล้งในพื้นที่จึงต้องมีการนำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มาใช้ร่วมด้วยซึ่งเป็นเครื่องมือในการจัดการภัยพิบัติที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายโดยเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial Analysis) อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลได้สะดวก ตลอดจนถึงการแสดงผลในลักษณะของแผนที่ได้อย่างชัดเจนมากกว่าตาราง

จากคุณสมบัติพิเศษของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภัยแล้ง ผลที่ได้จะช่วยให้เกิดการวางแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างเป็นรูปธรรมและลดผลกระทบของปัญหาให้มากที่สุด นอกจากนี้เครื่องมือ GIS ยังมีความสำคัญด้านการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อวางแผน ตัดสินใจ และการบริหารจัดการเชิงบูรณาการในแผนปฏิบัติการ 21 (Agenda 21) (รัศมี สุวรรณวิระกำธร, 2550; จินตนา อมรสงวนสิน, 2551: 1) ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษาจะช่วยให้เกิดการสร้างมาตรการแก้ไขปัญหาเชิงสาเหตุได้อย่างเหมาะสมแต่ละพื้นที่ ประกอบการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในปีต่อไป ด้วยเทคนิควิธีการดังกล่าวข้างต้นจะช่วยให้เกิดการวางแผนด้านการจัดการภัยแล้งได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อสังคม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดลำปาง รวมถึงวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดลำปางโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงภัยแล้งจังหวัดลำปาง

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตเชิงเนื้อหา

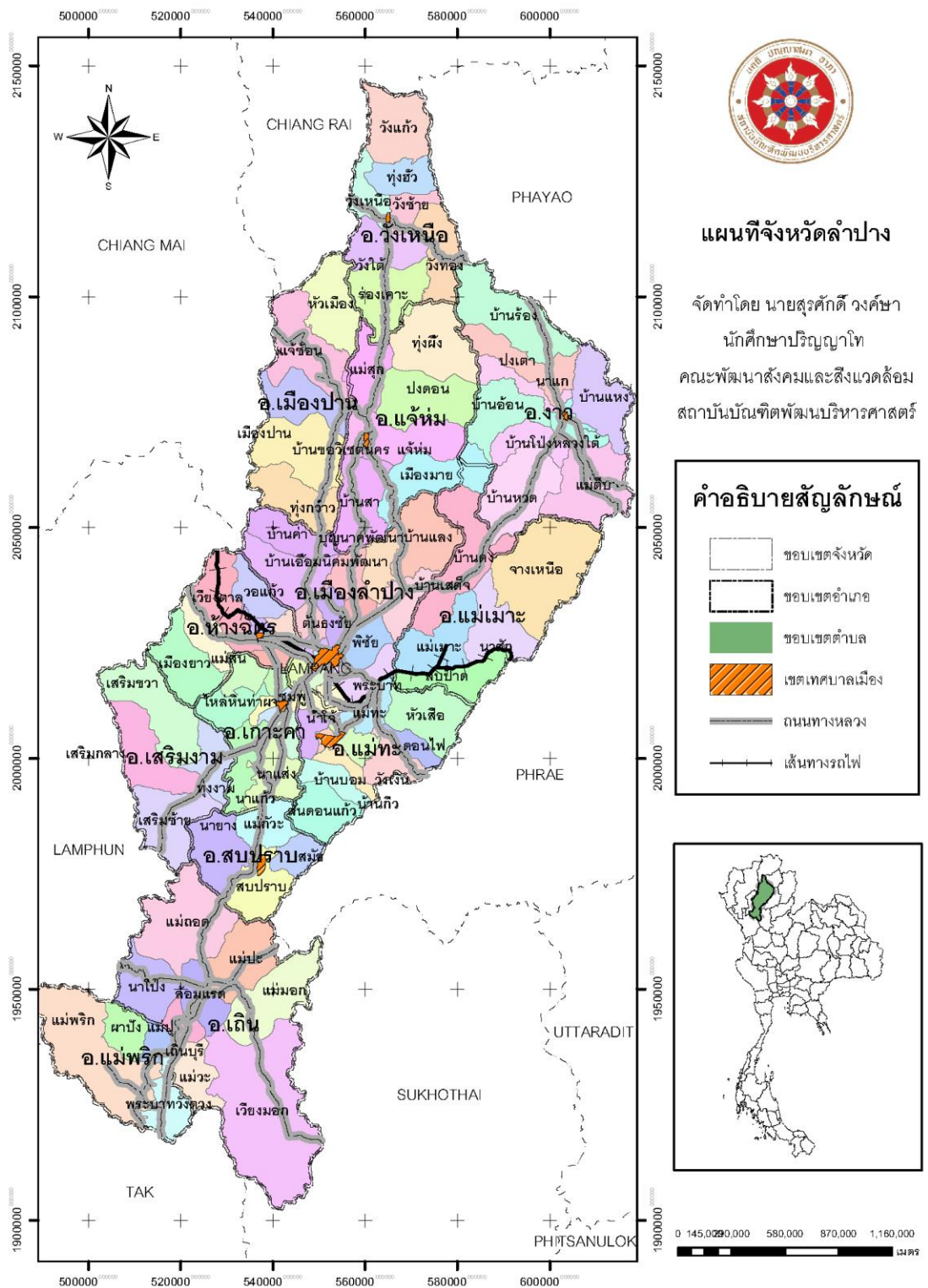
1) การศึกษาสาเหตุการเกิดภัยแล้งเพื่อกำหนดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในพื้นที่จังหวัดลำปาง ได้แก่ ปัจจัยทางธรรมชาติ (ปริมาณน้ำฝน พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะเนื้อดิน และการระบายน้ำของดิน) และปัจจัยทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น (พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน)

2) การศึกษาการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ รวมถึงการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีผลการเกิดภัยแล้งโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ซ้อนทับ (Overlay Analysis)

3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งโดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ซึ่งมีปัจจัยเชิงสาเหตุเป็นตัวแปรอิสระและภัยแล้งเป็นตัวแปรตาม โดยการทำนายผลด้วยสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุและการเกิดภัยแล้ง

1.3.2 ขอบเขตเชิงพื้นที่

จังหวัดลำปาง ตั้งอยู่บริเวณภาคเหนือตอนบน ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 17 องศา ถึง 19 องศา 30 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูด 98 องศา 45 ลิปดา ถึง 100 องศา 15 ลิปดาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 268.6 เมตร ห่างจากกรุงเทพฯ ตามแนวทางหลวงแผ่นดินประมาณ 620 กิโลเมตร และทางรถไฟ 625 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งสิ้น 12,533.961 ตารางกิโลเมตร หรือ 7,833.726 ไร่ ใหญ่เป็นอันดับ 5 ของภาคเหนือ (ภาพที่ 1.1) (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อมูลพื้นที่ฐานของจังหวัดลำปางในภาคผนวก ข)



ภาพที่ 1.1 แผนที่จังหวัดลำปาง

แหล่งที่มา: จัดทำโดยผู้ศึกษา

1.3.3 ขอบเขตด้านเวลา

ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2559- เมษายน พ.ศ. 2560

1.3.4 ขอบเขตด้านหน่วยการวิเคราะห์

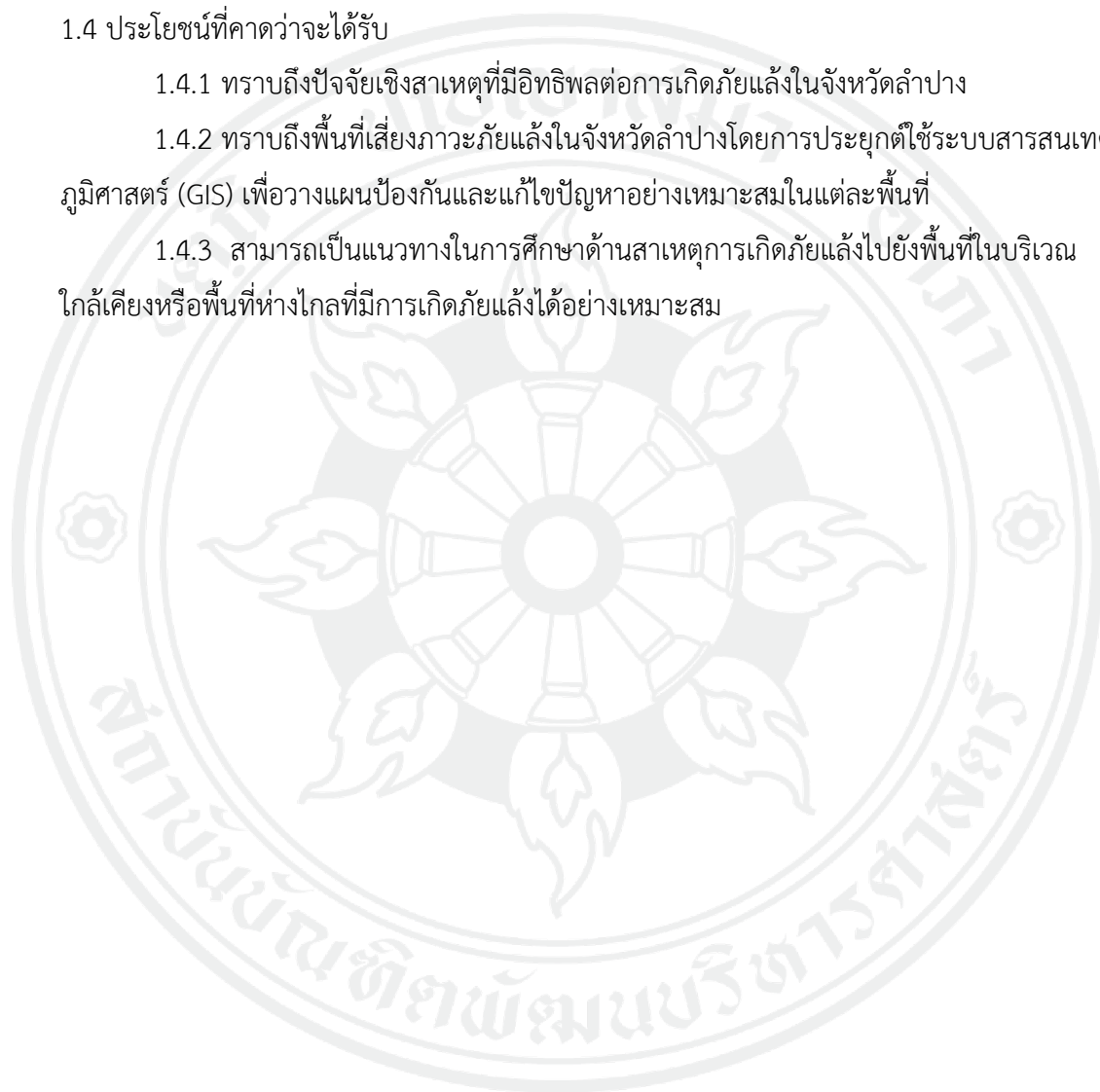
หน่วยการวิเคราะห์เป็นระดับตำบล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

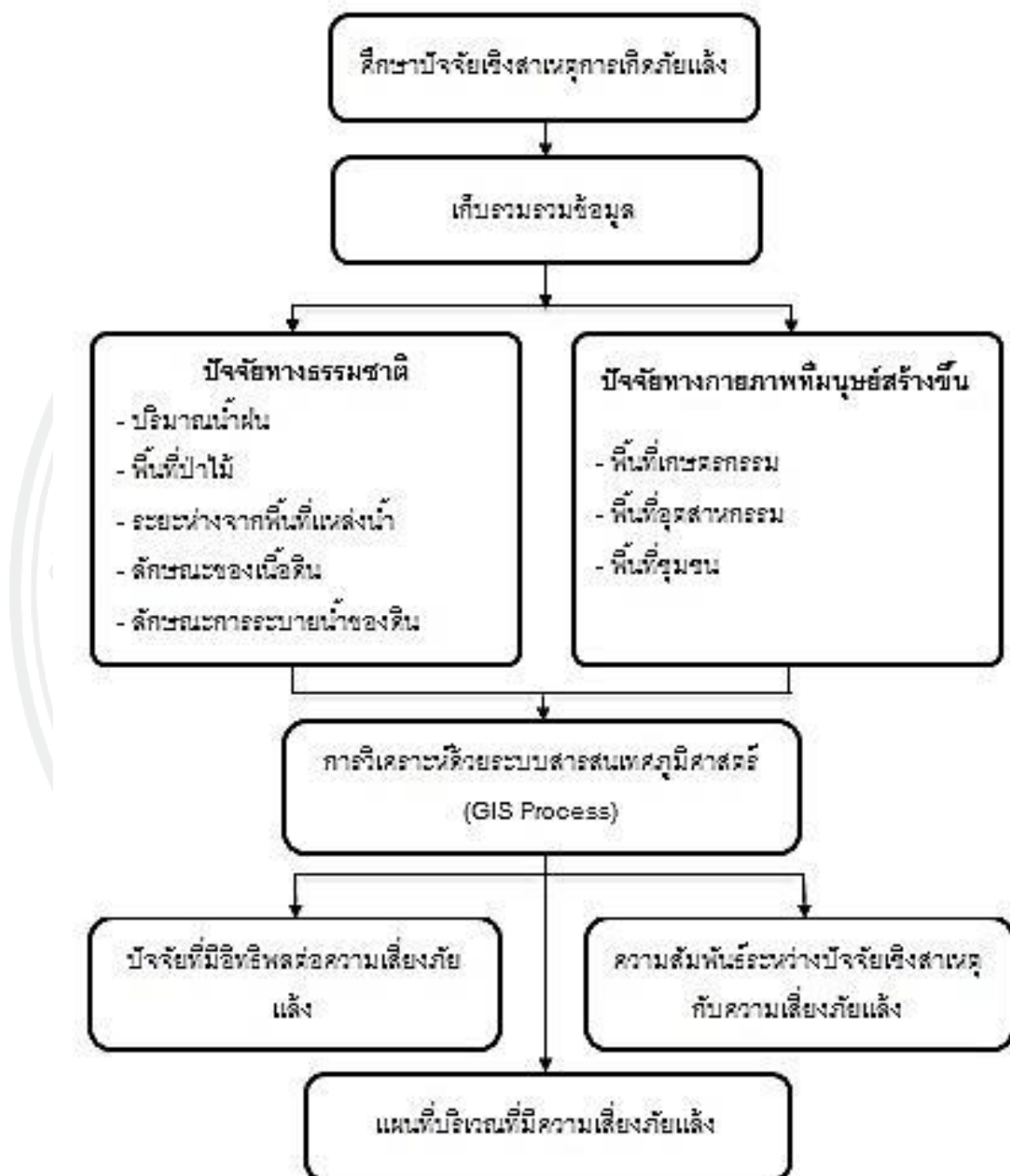
1.4.1 ทราบถึงปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง

1.4.2 ทราบถึงพื้นที่เสี่ยงภาวะภัยแล้งในจังหวัดลำปางโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวางแผนป้องกันและแก้ไขปัญหาอย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่

1.4.3 สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาด้านสาเหตุการเกิดภัยแล้งไปยังพื้นที่ในบริเวณใกล้เคียงหรือพื้นที่ห่างไกลที่มีการเกิดภัยแล้งได้อย่างเหมาะสม



1.5 กรอบแนวคิดการศึกษา



ภาพที่ 1.2 แสดงกรอบแนวคิดการศึกษา

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาเรื่อง “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง” ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมสำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการศึกษาโดยอาศัยหนังสือ ตำรา บทความวิจัย บทความวิชาการ และเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับภัยแล้ง
- 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
- 2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับภัยแล้ง

2.1.1 ความหมายของภัยแล้ง

Kemp (1990: 38) นักวิชาการแห่งมหาวิทยาลัยเคเนดิสรัฐอเมริกาได้นิยามความหมายของภัยแล้งไว้ว่าเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพียงชั่วคราว โดยมีลักษณะของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาน้อยกว่าปกติ สาเหตุของปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่าปกติเกิดจากความแปรปรวนของของภูมิอากาศ ทั้งอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น ความชื้นต่ำ ประกอบกับความรุนแรงของลมพัด ในทางกลับกันเขาได้จำแนกความหมายของคำว่า “ภัยแล้ง” แตกต่างจาก “ความแห้งแล้ง” ซึ่งหมายถึงความเป็นปกติของธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นแบบถาวรและยาวนาน ลักษณะดังกล่าวพบในพื้นที่ทะเลทรายทั่วโลกที่มีปริมาณน้ำฝนตกน้อยกว่า 100 มิลลิเมตรต่อปี แม้จะปรากฏลักษณะทางธรรมชาติเช่นนี้สิ่งมีชีวิตในพื้นที่ยังคงสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการดำรงชีวิตให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมได้อย่างสมดุล

Hisdal and Tallaksen (2000: 1) ได้ระบุความหมายของภัยแล้งในเชิงคณิตศาสตร์เอาไว้ว่า การนิยามเกี่ยวกับปัญหาภัยแล้งอาจมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับมุมมองของผู้ที่ศึกษา ทำให้มีผลต่อการสรุปผลเชิงปรากฏการณ์ที่แตกต่างกัน ภัยแล้งไม่ได้หมายถึงความแห้งแล้ง เช่นเดียวกับคำนิยามของ แคมป์ ที่กล่าวไว้ข้างต้น เนื่องจากภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นลักษณะของภัยแล้งในที่นี้จึงสามารถแสดงผ่านค่าความแปรผันไปจากค่าเบี่ยงเบนปกติ ในขณะที่นิยามความหมายเกี่ยวกับภัยแล้งของ Yevjevich (1967: 4) ระบุว่า ภัยแล้งมีคำจำกัดความมากมายทำให้มีอุปสรรคต่อการศึกษามาก เนื่องด้วยผู้ศึกษามีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันในการนิยามปัญหา อย่างไรก็ตามเขาเสนอแนะว่า ทฤษฎีรัน (theory of run) น่าจะมีความเหมาะสมมากที่สุด

เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาภัยแล้ง โดยพิจารณาความต่อเนื่องของปริมาณน้ำที่เกินความต้องการ (Positive Run-Sum) และ ความต่อเนื่องของปริมาณน้ำที่ขาดแคลน (Negative Run-Sum) ประกอบกับช่วงเวลาที่น้ำเกินความต้องการ (Positive Run-Length) และช่วงเวลาที่น้ำขาดแคลน (Negative Run-Length) เพื่อวัดปริมาณการใช้น้ำ

กรมชลประทาน (2508) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า ภัยแล้งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีความเพียงพอต่อการทำการเกษตร ส่วนราชบัณฑิตยสถาน (2526) ได้กำหนดความหมายภัยแล้งว่า สภาวะที่ไม่มี ความชุ่มชื้น ความสดชื่น ในทางตรงกันข้ามกลับพบว่ามี ความแร้นแค้น เช่นเดียวกับคำนิยามของ เกษม จันทรแก้ว (2543: 259) กล่าวถึงภัยแล้งไว้ว่า เป็นวิกฤตที่ขาดแคลนน้ำ โดยช่วงเวลานั้นจะไม่มี ฝนตก (Surface Runoff) โดยมาจากสาเหตุทางสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น ช่วงเวลาที่ขาดฝน ยาวนาน สภาวะไร้ความชื้นในบางเวลาที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช และปริมาณน้ำไม่ เพียงพอต่อความต้องการของคน ในทางกลับกัน เพลเมอร์ (Palmer, 1965: 1-2) มองว่า ภัยแล้ง หมายถึงสิ่งที่ผู้คนต่างสนใจในหลายๆแง่มุม เช่น มุมมองของนักเศรษฐศาสตร์ เห็นว่าภัยแล้งหมายถึง ความขาดแคลนที่มีผลต่อระบบเศรษฐกิจ ในขณะที่ เกษตรกรมองว่า ภัยแล้งหมายถึง การขาดแคลน น้ำในการปลูกพืช เช่นเดียวกับกับ นักทรัพยากรน้ำ เห็นว่า ภัยแล้งหมายถึง ปริมาณน้ำในแหล่งพื้นที่ ชุ่มน้ำมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์

นอกจากนี้ เล็ก จินดาสงวน (2538: ม.ป.ป.) ยังจำแนกความหมายของคำว่า ภัยแล้ง ออกเป็น 2 คำได้แก่ ภัย ซึ่งหมายถึง ความเสียหาย และ แล้ง หมายถึง สภาพที่มีน้ำน้อย โดยมีความหมายรวมกันว่า ความเสียหายอันเกิดจากการมีน้ำน้อย ในกรณีที่มีความรุนแรงมากจะเรียกว่า ทุพภิกภัย ซึ่งหมายถึง ภาวะข้าวยาหมากแพง สภาพลักษณะเช่นนี้เกิดได้ตลอดทั้งปี ต่อมา ยุทธชัย อนุ รักษิพันธ์ และสรรสฤษฎ์ เขียรโพธิ์ภักษ์ (2546: 10-15) อธิบายเกี่ยวกับภัยแล้งว่ามี ความสัมพันธ์กับ ปริมาณน้ำฝนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศทางปฐพีวิทยา และอุทกวิทยา ในขณะที่ สมพิศ นิธิยานันท์ (2546: 4) นิยามว่า ภัยแล้ง หมายถึง ความไม่เสถียรของฝนที่เคยตกตาม ฤดูกาล ซึ่งมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำใต้ดิน น้ำบนผิวดิน ตลอดจนจนถึงความชื้นในดิน ด้วยเหตุเช่นนี้จึงเกิด ผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช

สำนักพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา (2546) ได้อธิบายความหมายของภัยแล้งว่า สภาพการขาดแคลนน้ำในพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน ทำให้เกิดความแห้งแล้ง ซึ่งมีผลต่อสังคมในชุมชน ภัยแล้งตามธรรมชาติมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลก การแปรผันของสภาพ ภูมิอากาศ ความแปรปรวนของระดับน้ำทะเล ภัยทางธรรมชาติ การกระทำของมนุษย์ การทำลายชั้น โอโซน การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อุตสาหกรรมที่สูงขึ้น ความเสื่อมโทรม ของป่าไม้ ในขณะที่ประเทศไทยฝนแล้งหรือฝนทิ้งช่วงยาวนาน เป็นสาเหตุของภัยแล้ง ซึ่งทำให้ไม่มี

ฝนในฤดูฝนตามปกติ ทั้งนี้ภัยแล้งในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับสถานที่และฤดูกาล ซึ่งเสมือนคำอธิบายเดียวกันกับ สีใส ยี่สุนแสง (2547: 6) ที่ระบุว่า ภัยแล้งเป็นสถานการณ์การขาดแคลนน้ำในพื้นที่หนึ่งยาวนาน จนเกิดความเสียหายต่อชุมชนจากความแห้งแล้ง

ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2543: 36) ได้อธิบายความหมายของภัยแล้งไว้ว่า เป็นภัยทางธรรมชาติหรือสภาวะการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเพียงช่วงหนึ่ง โดยมีลักษณะสภาพอากาศที่แห้งผิดปกติ ฝนตกน้อยกว่าปกติ ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ทำให้เกิดผลกระทบต่อมนุษย์ในการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค พืชขาดน้ำหล่อเลี้ยง ความรุนแรงของภัยแล้งขึ้นอยู่กับสภาวะฝนแล้งหรือความแห้งแล้งของอากาศที่เคลื่อนตัวผ่านบริเวณนั้นไม่มีความชื้นเพียงพอ ภัยแล้งจะทวีความรุนแรงขึ้นจึงมีผลมาจากความชื้นในบรรยากาศ ความชื้นใต้ดิน การกระจายตัวของพื้นที่แห้งแล้ง ในขณะที่ “ภัยแล้ง” จะมีความแตกต่างกับ “สภาวะฝนแล้ง” ซึ่งหมายถึง ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการ อย่างไรก็ตามลักษณะทั้งสองประการมีความคล้ายคลึงกันในแง่ของสาเหตุร่วมของปัญหาภัยแล้งคือ ปริมาณน้ำฝน

สมมต สมบูรณ์ และ สุภาพ บุญไชย (2548: 7-15) ได้ให้ขอบเขตความหมายของภัยแล้งไว้ว่า ปริมาณน้ำที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อการอุปโภคและบริโภคตลอดทั้งปี อันเนื่องมาจากสาเหตุทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในบริเวณเขตร้อน โดยที่ฤดูฝนมีระยะเวลาอันสั้นประมาณ 3-4 เดือนในทางกลับกันช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วงกลับมีระยะเวลายาวนานกว่าโดยประมาณ 7-8 เดือน นอกจากนี้ด้วยสภาพพื้นดินที่ไม่เอื้ออำนวยให้เกิดการซังหรือซึมลงใต้ดินทำให้ปริมาณบนผิวดินน้อยตามมา ซึ่งมีความคล้ายคลึงกันกับการให้คำนิยามของ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2542: 32-41) ที่ชี้ว่า ภัยแล้งมีต้นเหตุมาจากการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค และการเกษตร เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางสภาพแวดล้อมจนมีผลให้ระบบนิเวศเกิดการเสียสมดุลโดยป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำตามธรรมชาติถูกทำลายเพื่อปรับเปลี่ยนเป็นแปลงเกษตรกรรมเชิงพาณิชย์ ทำให้แหล่งพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นเสียไปจากปริมาณฝนที่ตกน้อย หากไม่มีการแก้ไขและจัดการปัญหาอย่างเหมาะสมจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อไปในอนาคต

กรมส่งเสริมการเกษตร (2547: 1) ได้จำกัดความหมายของภัยแล้งว่า ภัยแล้งเป็นภัยที่เกิดจากการขาดฝน ฝนทิ้งช่วงเวลานาน หรือมีปริมาณฝนน้อยในระหว่างเดือนมีนาคมจนถึงเมษายน (ฤดูแล้ง) และระหว่างเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกรกฎาคม ตามลำดับ โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นได้สร้างความเสียหายต่อแหล่งเกษตรกรรมประจำปี ในขณะที่ กรมพัฒนาที่ดิน (2548) ได้นิยามความหมายของภัยแล้งว่า ประเทศไทยประสบกับปัญหาภัยแล้งอันเนื่องมาจากฝนแล้ง ฝนทิ้งช่วงยาวนาน ปริมาณน้ำฝนที่น้อย ฝนไม่ตกตามฤดูกาล ส่วนใหญ่มักเกิดขึ้น 2 ช่วงเวลาในแต่ละปี ได้แก่ ฤดูหนาว-ฤดูร้อน (ปลายเดือนตุลาคมเป็นต้นไป) โดยเริ่มที่บริเวณตอนบนของประเทศไทยไปจนถึงภาคตะวันออก

ตามลำดับ (เหนือ อีสาน กลาง และตะวันออก) ยกเว้นภาคใต้ ลักษณะทางธรรมชาติเช่นนี้จะดำเนินไปเรื่อยๆจนถึงช่วงฤดูฝนในปีถัดไป (กลางเดือนพฤษภาคม) และภัยแล้งอีกช่วงหนึ่งจะอยู่ระหว่างกลางฤดูฝน (ปลายเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วง แต่เกิดเฉพาะในบางพื้นที่ หรือบางกรณีก็กระจายตัวเป็นบริเวณกว้างทั่วประเทศ

นิทัศน์ พรหมพันธุ์ (2548: 1) ให้คำจำกัดความภัยแล้งว่า เป็นภัยธรรมชาติที่สร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมในบริเวณกว้าง โดยมีสาเหตุของการเกิดปัญหาหลากหลายแง่มุม ทั้งทางด้านธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์ โดยปัญหาภัยแล้งในประเทศไทยนั้นเกิดจากฝนแล้งและฝนขาดช่วง ทำให้ปริมาณน้ำฝนมีน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ประกอบกับการไม่มีแหล่งกักเก็บน้ำ และศักยภาพในการกักเก็บน้ำของดิน ในขณะที่ จิรภัทร อัครจินตจิตน์ (2551: 1) ได้ระบุความหมายของภัยแล้งที่แตกต่างไว้ว่า ภัยแล้งเป็นสิ่งที่ยังไม่มีนิยามที่แน่นอน ด้วยเหตุที่มีหลากหลายบุคคลที่ทำการศึกษา ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมมองของแต่ละคน โดยทั่วไปภัยแล้งหมายถึง การขาดน้ำอย่างรุนแรง (Severe Water Shortage) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความต้องการการใช้น้ำและการสนองความต้องการการใช้น้ำ (Demand and Supply) ดังนั้นในกรณีนี้การให้คำจำกัดความของภัยแล้งที่เหมาะสมโดยทั่วไป คือ การขาดน้ำเพื่อใช้ประกอบกิจกรรมต่างๆ ในทางตรงกันข้าม กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์ (2551: 2-4) ระบุว่าสภาพการขาดแคลนน้ำมีสาเหตุมาจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์หากพบพื้นที่ไหนที่มีลักษณะดังกล่าวจะเรียกว่า พื้นที่นั้นเกิดภัยแล้ง

กัลยาณี สุวรรณประเสริฐ (2548: 1-3) อธิบายไว้ว่า ปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อยกว่าค่าปกติหรือฝนไม่ตกตามฤดูกาลนั้นเป็นสาเหตุของภัยแล้ง ในช่วงเวลาดังกล่าวจะปรากฏให้เห็นว่าสภาพอากาศมีความแห้งสูง มนุษย์ขาดแคลนน้ำใช้ พืชขาดน้ำในการเจริญเติบโต สิ่งมีชีวิต และสัตว์ ความรุนแรงของภัยแล้งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่กล่าวไว้ข้างต้น (สุรพันธ์ สันติยานนท์, 2548: 1) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับคำกล่าวของ Piampajjai and Tancho (2558: 58) ที่พบว่า ภัยแล้ง คือ สภาพลมฟ้าอากาศที่แห้งแล้งจากฝนที่น้อยกว่าปกติหรือไม่มีฝนในฤดูฝนครอบคลุมพื้นที่ในบริเวณกว้าง และมีระยะเวลายาวนาน ทำให้ขาดน้ำอุปโภคและบริโภค ความแร้นแค้น ภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งเนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร่องมรสุมที่ลมตะวันตกเฉียงใต้พัดไปไม่ถึง มักพบในเขตภาคอีสานและภาคกลางของประเทศ ภัยแล้งได้สร้างความเสียหายต่อระบบสังคมอย่างมหาศาลทั้งนี้ความรุนแรงจะขึ้นอยู่กับ ความชื้นในอากาศ ความชื้นใต้ดิน ช่วงเวลาที่ความแห้งแล้ง บริเวณพื้นที่แห้งแล้ง

สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์ (2558) ระบุความหมายของภัยแล้งว่า เป็นภัยธรรมชาติที่สร้างความเสียหายทางสังคมและเศรษฐกิจ เช่น การขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค การสูญเสียผลผลิตทางการเกษตร เป็นต้น โดยเฉพาะประเทศไทยที่ต้องพึ่งพาน้ำมาใช้ในภาคเกษตรและ

อุตสาหกรรมเพื่อสร้างฐานการผลิตและส่งออกที่สำคัญของโลก ภัยแล้งจึงมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ตลอดจนถึงได้รับการจัดเป็นปัญหาสำคัญของชาติ ในขณะที่ วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2559) ได้ประมวลความหมายของภัยแล้งไว้ว่า สภาพอากาศที่ไม่มีความชื้นหรือไม่มีน้ำ โดยจะเกิดขึ้นเมื่อฝนที่ตกตามฤดูกาลนั้นมีปริมาณที่น้อยกว่าค่าเฉลี่ยและความไม่แน่นอนของสภาพอากาศ ผลกระทบจะเกิดขึ้นมากที่สุดในภาคการเกษตร ทั้งนี้องค์การสหประชาชาติพยากรณ์ว่าทุกๆปีบริเวณพื้นที่ที่เคยอุดมสมบูรณ์จะมีจำนวนลดลงโดยประมาณได้เทียบเท่ากับพื้นที่ในประเทศยูเครน

2.1.2 รูปแบบของภัยแล้ง

สนธิ เวสาร์ชชันท (2510: 3-7) ได้กำหนดรูปแบบความรุนแรงของภัยแล้งจากการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนออกเป็น 3 ชั้นได้แก่ ภัยแล้งขั้นเบาบางหรือฝนแล้ง (Dry Spell) ภัยแล้งขั้นปานกลาง (Partial Drought) และภัยแล้งขั้นรุนแรง (Absolute Drought) ซึ่งพบว่า ภัยแล้งขั้นเบาบางหรือฝนแล้ง คือ มีปริมาณฝนตกไม่ถึง 1 มิลลิเมตร ต่อวันยาวนานถึง 15 วัน ในขณะที่ภัยแล้งขั้นปานกลาง คือ มีปริมาณฝนเฉลี่ยไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรต่อวัน ยาวนานมากกว่า 1 เดือน และภัยแล้งขั้นรุนแรง คือ มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตรมากกว่า 15 วันในช่วงฤดูฝน หรืออาจมีฝนตกบ้างแต่ไม่เกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดข้างต้น

งานศึกษาของ Wilhite and Glantz (1985: 118) ได้จำแนกภัยแล้งออกเป็น 4 ประเภทได้แก่ ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) และภัยแล้งเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคม (Socioeconomic Drought) โดยมีเนื้อหาสาระดังนี้

1) ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) หมายถึง ความแห้งแล้งอันเกิดขึ้นจากสาเหตุที่ฝนทิ้งช่วง หรือมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้งมีที่มาจากรจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่าค่าที่ระบุไว้ ความแห้งแล้งในประเด็นนี้จึงเป็นสาเหตุขั้นปฐมภูมิของปัญหาอื่นๆที่ตามมาเป็นลำดับ

2) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) หมายถึง ความแห้งแล้งอันเกิดจากผลพวงของความแห้งแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา ความแห้งแล้งในประเด็นนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่มีความอดทนต่อสภาพอากาศที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการน้ำในพืชแต่ละชนิด ประกอบกับช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืช ลักษณะดังกล่าวมีอิทธิพลต่อผลผลิตทางเกษตร ดังนั้นการให้คำจำกัดความด้านสาเหตุของความแห้งแล้งนั้นจึงต้องพิจารณาว่าพื้นที่ดังกล่าวปลูกพืชชนิดใดบ้าง อีกทั้งช่วงเวลาของการเติบโตของพืชแต่ละประเภทมีความสัมพันธ์กับช่วงฤดูฝนหรือไม่ และปริมาณของผลผลิตต่อโรนั้นมากน้อยเท่าใด

3) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) หมายถึง ความแห้งแล้งอันเนื่องมาจากมีปริมาณน้ำฝนตกลงมาน้อยหรือไม่มีฝนตก ทำให้พื้นที่ชุ่มน้ำทั้งใต้ดินและผิวดินแห้งขอด (แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ ห้วย หนอง คลอง บึง ตลอดจนถึงน้ำบาดาล) ประเด็นในการพิจารณาภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา คือ ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำ ซึ่งงานศึกษาด้านอุทกวิทยามักมีความเกี่ยวข้องกับภัยแล้งในลักษณะนี้ เพราะเป็นภัยที่เริ่มเกิดขึ้นอย่างช้า ทำให้มีความแตกต่างจากภัยแล้งเชิงอุทกนิยมนิเวศวิทยา และภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม เหตุการณ์ในลักษณะดังกล่าวอาจเปรียบได้กับกรณีที่ฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้น ความชื้นในดินจะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้พืชเป็นสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศที่ได้รับผลกระทบเร็วที่สุดในขณะที่หากมีปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลงเนื่องจากฝนไม่ตกยาวนานจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต

ในทางตรงกันข้ามการพิจารณาถึงผลกระทบของภัยแล้งจะมีความสลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้นหากมีการจัดสรรน้ำเพื่อไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในกิจกรรมหลากหลายประเภท เช่น การจัดสรรน้ำเพื่อบรรเทาปัญหาภัยแล้ง การสัญจรทางน้ำ การผลิตกระแสไฟฟ้า ฯลฯ ประกอบกับช่วงเวลาก่อนหลังของการเกิดปัญหาและระยะเวลาของปัญหา เมื่อพิจารณาจากสิ่งเหล่านี้ในหลายแง่มุมจะทำให้ปัญหาภัยแล้งที่ประเมินมีความยากลำบาก นอกจากจะพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนเป็นสาเหตุหลัก แต่การจะนิยามปัญหาอย่างรอบคอบไม่ได้มีต้นเหตุมาจากแหล่งเดียว นั้นหมายความว่าต้องพิจารณาในประเด็นอื่นๆร่วมด้วย เช่น การลดลงของป่าไม้ การสร้างเขื่อน การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

4) ภัยแล้งเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคม (Socio-Economic Drought) หมายถึง ภัยแล้งที่มีความสัมพันธ์กับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งเรียกว่า การตอบสนองด้านอุปทาน (Supply) และความต้องการด้านทรัพยากร ซึ่งเรียกว่า ความต้องการด้านอุปสงค์ (Demand) ด้วยเหตุที่ทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัดซึ่งสวนทางกับความต้องการของผู้ใช้จึงทำให้เกิดความขาดแคลนไม่เพียงพอ ปัญหาภัยแล้งในลักษณะนี้มีความแตกต่างจากการให้ขอบเขตของความหมายภัยแล้งในด้านอื่นๆ เนื่องด้วยภัยแล้งเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคมมีความเกี่ยวข้องกับความต้องการใช้น้ำ ประกอบกับทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด ผลกระทบของปัญหาจะมีลักษณะเป็นห่วงโซ่ที่ดำเนินต่อไป เช่น เมื่อเกิดความแห้งแล้งสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศจะได้รับผลกระทบเป็นลำดับแรก ต่อมาปริมาณน้ำเหนือเขื่อนจะส่งผลกระทบต่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีผลทำให้ต้องเพิ่มปริมาณการนำเข้าน้ำมัน และถ่านหิน หรือผลผลิตข้าวที่เสียหายจะมีผลทำให้ราคาข้าวในตลาดสูงขึ้นตาม

ปัญหาในลักษณะนี้มักมีการแก้ไขโดยการปรับปรุงศักยภาพการผลิตให้สูงขึ้น เช่น การคิดค้นพันธุ์ข้าวที่ทนต่อสภาวะความแห้งแล้ง การสร้างเขื่อนเก็บน้ำ เมื่อศักยภาพในการผลิต ประกอบกับความต้องการในการบริโภคมีความสมดุลกันปัญหาภัยแล้งจะเริ่มคลี่คลายลง ในทางกลับกันหากมี

ความเหลื่อมล้ำกันระหว่าง ศักยภาพในการผลิต และความต้องการในการบริโภคจะก่อให้เกิดปัญหาภัยแล้ง และถ้าหากเหลื่อมล้ำกันมากยิ่งขึ้นทวีความรุนแรงของปัญหามากขึ้น

แม้ว่าจะมีความแตกต่างระหว่างคำว่า “ความแห้งแล้ง” และ “ภัยแล้ง” ตามที่ Kemp (1994: 45-47) เสนอไว้ อย่างไรก็ตามเขายังได้จำแนกรูปแบบของภัยแล้งโดยพิจารณาจากมุมมองทางเกษตรกรรมออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งแบบถาวร (Permanent Drought) เป็นช่วงเวลาที่มีความชื้นไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตในพืชบางชนิด ยกเว้นพืชเช่น กระบองเพชรที่สามารถทนต่อความแห้งแล้งได้ดี ประเภทถัดมาคือ ภัยแล้งตามฤดูกาล (Seasonal Drought) โดยจะเกิดในระยะเวลาหนึ่งของปี เช่นฤดูแล้งที่ไม่มีฝนตก และประเภทต่อมาคือ ภัยแล้งที่ไม่แน่นอน (Contingent Drought) โดยพบเพียงบางช่วงเวลาที่ไม่มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อพืช หรือในบางเวลาก็อาจมีน้ำเพียงพอซึ่งปรากฏการณ์ลักษณะนี้ไม่มีความแน่นอนในการทำนายภัยแล้งล่วงหน้าได้ชัดเจน และประเภทสุดท้าย คือ ภัยแล้งที่มองไม่เห็น (Invisible Drought) ภัยแล้งประเภทนี้ต้องอาศัยเครื่องมือวัดและเทคนิคทางสถิติในการพยากรณ์ ผลที่ได้จะพบว่าพืชสามารถทนต่อความแห้งแล้งได้

กรมอุตุนิยมวิทยาของสหราชอาณาจักร ได้จำแนกประเภทของภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศอังกฤษ ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ภัยแล้งขั้นรุนแรง (Absolute Drought) และภัยแล้งขั้นปานกลาง (Partial Drought) โดยภัยแล้งขั้นรุนแรงจะมีช่วงระยะเวลาของฝนทิ้งช่วงติดต่อกันนาน 15 วันในระหว่างนี้อาจมีฝนตกบ้าง แต่ปริมาณฝนไม่เกิน 0.2 มิลลิเมตร ในขณะที่ภัยแล้งขั้นปานกลางมีช่วงระยะเวลายาวนานถึง 29 วันและมีปริมาณน้ำฝนเพียง 0.2 มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า (His Majesty's Stationery Office, 1932) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับ ปราณี ว่องวิทวัส และนงศันาด อยู่ประสิทธิ์ (2534: 5-10) ได้แบ่งขอบเขตของภัยแล้งโดยใช้ปริมาณน้ำฝนจำแนกระดับความรุนแรง 3 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งระดับน้อยหรือฝนทิ้งช่วง (Dry Spell) ภัยแล้งระดับปานกลางหรือภัยแล้งชั่วคราว (Partial Drought) และภัยแล้งระดับมากหรือภัยแล้งขั้นรุนแรง (Absolute Drought)

ภัยแล้งระดับน้อยหรือฝนทิ้งช่วง หมายถึง ภัยแล้งในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคม-เดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกน้อยกว่าค่าเฉลี่ย โดยมีปริมาณน้ำฝนไม่เกิน 1 มิลลิเมตรต่อวันเป็นเวลา 15 วัน ลำดับถัดมาคือ ภัยแล้งระดับปานกลางหรือภัยแล้งชั่วคราว หมายถึง ภัยแล้งที่มีฝนตกในช่วงฤดูฝนแต่มีปริมาณน้ำฝนไม่เกิน 0.01 มิลลิเมตรเป็นเวลามากกว่า 29 วัน ลักษณะผลกระทบของภัยแล้งในช่วงนี้คือ ขาดแคลนน้ำซึ่งภาคเกษตรกรรมจะได้รับผลกระทบก่อน ลำดับสุดท้ายคือ ภัยแล้งระดับมากหรือภัยแล้งสมบูรณ์ หมายถึง ภัยแล้งที่เกิดจากการไม่มีฝนตกในช่วงหน้าฝนติดต่อกันมากกว่า 15 วัน หรือมีฝนตกแต่ปริมาณน้ำฝนไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร ภัยแล้งชนิดนี้สร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศและเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศมากที่สุด

พัชรา วงศ์ชุ่มพิศ (2534: 7-10) ได้อธิบายรูปแบบของภัยแล้งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งทางอากาศ (Meteoroidal Drought) ภัยแล้งทางน้ำ (Hydrological Drought) และภัยแล้งทางการเกษตร (Agricultural Drought) โดยพรรณนาเกี่ยวกับภัยแล้งแต่ละประเภทดังนี้

1) ภัยแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (Meteoroidal Drought) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงจากสภาพภูมิอากาศ โดยมีตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือฝน ประกอบกับ อุณหภูมิ ความชื้น ลม และการระเหย เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามีปริมาณที่น้อยกว่าเกณฑ์ที่คาดว่าจะเกิด อีกทั้งยังทั้งช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน และกระจายตัวเป็นบริเวณกว้าง เกณฑ์การวัดใช้ดัชนี Decile Range

2) ภัยแล้งทางอุทกวิทยา (Hydrological Drought) หมายถึง ความเกี่ยวเนื่องที่มีผลพวงมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเป็นเวลานาน ซึ่งมีผลทำให้ระดับน้ำบนผิวดินและระดับน้ำใต้ดินลดลง มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ในการทำกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่ระดับบุคคล ไปจนถึงระดับประเทศ เช่น การอุปโภค-บริโภค การทำการเกษตร การทำอุตสาหกรรม การผลิตพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้มีความเกี่ยวเนื่องกับมิติทางเศรษฐศาสตร์ คือ ความต้องการใช้น้ำ (Water Demand) และศักยภาพของทรัพยากรน้ำที่มี (Water Supply) เกณฑ์ดังกล่าวมักถูกนำมาใช้วัดปัญหาภัยแล้งทางน้ำ

3) ภัยแล้งทางการเกษตร (Agricultural Drought) หมายถึง ภัยแล้งที่ก่อให้เกิดการขาดแคลนน้ำสำหรับการทำการเกษตร เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกน้อย ความชื้นในดินต่ำ โดยตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อภัยแล้งทางการเกษตรคือ สภาพของดินไม่เอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก การใช้ที่ดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภท เช่น การตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งทำให้ดินขาดสิ่งปกคลุมเมื่อเกิดความร้อนบนพื้นผิวดิน น้ำบนผิวดินจะระเหยกลับขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ในทำนองเดียวกันน้ำที่ซึมลงผ่านชั้นดินยังมีปริมาณน้อย ทำให้พืชดึงน้ำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตน้อยตามไปด้วย เกณฑ์การวัดภัยแล้งดังกล่าวมักใช้เกณฑ์ Aridity Index

ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2543: 38) ได้จำแนกประเภทของภัยแล้งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) และภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) โดยมีเนื้อหาสาระดังนี้

1) ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) หมายถึง ภาวะฝนแล้งอันเกิดจากการมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ หรือช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วงยาวนานและกระจายเป็นบริเวณกว้าง

2) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) หมายถึง ภาวะที่ปริมาณน้ำในแหล่งพื้นที่ชุ่มน้ำทั้งน้ำบนผิวดินและน้ำใต้ดินน้อยกว่าปกติ

3) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาและภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา โดยพิจารณาถึงสภาพการขาดน้ำของพืชซึ่งมาจากสาเหตุที่มีปริมาณฝนที่ตกลงมาน้อยและความไม่กระจายตัวของฝน จึงมีผลทำให้ความชื้นบนผิวดินและใต้ดินลดลง ทำให้เกิดผลกระทบทางการเกษตรและการประมง ลักษณะของปัญหาเช่นนี้อาจเปรียบเทียบให้เห็นภาพด้วยตัวอย่างเช่น เมื่อผลผลิตทางเกษตรและการประมงลดลง ทำให้ผู้คนอดอยาก แร้นแค้น ทำให้เกิดโรคระบาด เมื่อศักยภาพในการผลิตลดลงทั้งศักยภาพของพื้นที่ ศักยภาพของคน และศักยภาพในการเอื้ออำนวยการผลิต จึงมีผลทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้น รัฐบาลต้องทุ่มเทงบประมาณเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เกิดภาวะไม่มีงานทำ การอพยพเข้ามาในเมืองหลวง สร้างปัญหาสังคมและอาชญากรรมตามมาเป็นลักษณะของวงจรรอบ

Panu and Sharma (2002) ได้แบ่งลักษณะปัญหาภัยแล้งโดยใช้เกณฑ์ช่วงเวลาวิเคราะห์ ภัยแล้งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ เกณฑ์ที่นิยมมากที่สุดคือ เกณฑ์การวัดรายปี ถัดมาคือ เกณฑ์การวัดรายเดือน และเกณฑ์การวัดรายวัน อย่างไรก็ตามแม้ว่าช่วงเวลาที่เกณฑ์การวัดเป็นรายปีนั้นจะได้รับการถกเถียงว่ายาวนานเกิน หากแต่ยังสามารถใช้ในการมองภาพรวมของภัยแล้งเพื่อการพยากรณ์ในปีต่อไปได้ ในขณะที่ เกณฑ์การวัดรายเดือน น่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าในด้านการติดตามและกำกับ (Monitoring) และภัยแล้งด้านการผันน้ำ (Water Supply) และเกณฑ์การวัดรายวันมักนำมาใช้ในการพยากรณ์ภัยแล้งในระยะสั้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามงานศึกษาของ มาฆวิวัฒน์ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา (2547: 41-44) จำแนกภัยแล้งโดยพิจารณาเฉพาะตัวแปรด้านปริมาณน้ำฝนและจำแนกรูปแบบภัยแล้งเป็น 3 ประเภท ภัยแล้งระดับเบาที่มีปริมาณฝนต่อวันไม่ถึง 1 มิลลิเมตรมากกว่า 15 วัน ภัยแล้งระดับปานกลางมีปริมาณฝนไม่ถึง 0.25 มิลลิเมตรมากกว่า 1 เดือน และภัยแล้งระดับสูงไม่มีฝนถึง 0.25 มิลลิเมตรมากกว่า 15 วันในช่วงฤดูฝน

กรมอุตุนิยมวิทยา (2546) ได้จำแนกประเภทของภัยแล้งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) ภัยแล้งด้านการเกษตร (Agricultural Drought) ภัยแล้งด้านอุทกวิทยา (Hydrological Drought) ภัยแล้งด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Drought) โดยพบว่า ภัยแล้งด้านอุตุนิยมวิทยา พิจารณาจาก การใช้เกณฑ์การวัดปริมาณน้ำฝนและช่วงเวลาที่ฝนทิ้งช่วง ธรรมชาติวิสัยของฤดูฝนต้องมีฝนตกประกอบกับพื้นที่นั้น ในขณะที่ ภัยแล้งด้านการเกษตร พิจารณาโดย การขาดแคลนน้ำของพืช และภัยแล้งด้านอุทกวิทยา พิจารณาจาก การลดระดับของน้ำใต้ดินและน้ำบนผิวดิน ซึ่งประกอบด้วยลุ่มน้ำหลัก ลุ่มน้ำสาขา และภัยแล้งด้าน

เศรษฐศาสตร์ พิจารณาโดยใช้สภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภค ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจในภูมิภาคนั้นๆ

นอกจากนี้ กรมอุตุนิยมวิทยา ยังได้จำแนกภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทยโดยใช้เกณฑ์ด้านเวลาออกเป็น 2 ช่วงได้แก่ ภัยแล้งช่วงเริ่มต้น ซึ่งเริ่มจาก ช่วงฤดูหนาว-ฤดูร้อน โดยพบในบริเวณภาคเหนือ ภาคอีสาน ภาคกลางและภาคตะวันออก ซึ่งจะเริ่มมีปริมาณน้ำฝนลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนไปจนกระทั่งสิ้นฤดูร้อน และจะมีฝนอีกครั้งก็ต่อเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีต่อไป ลักษณะภัยแล้งเช่นนี้เป็นธรรมชาติวิสัยที่เกิดขึ้นโดยปกติ และภัยแล้งช่วงหลัง ซึ่งเริ่มจาก ช่วงกลางฤดูฝน นับตั้งแต่ปลายเดือนมิถุนายน-เดือนกรกฎาคม ลักษณะของภัยแล้งช่วงหลังจะปรากฏฝนทั้งช่วงหรือฝนไม่ตกตามฤดูกาล โดยอาจพบลักษณะภัยแล้งประเภทนี้ทั่วประเทศ หรือพบเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น ทั้งนี้ความรุนแรงของภัยแล้งจะขึ้นอยู่กับการพัดผ่านของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึง

องค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, 2006: 8) ได้จำแนกเกี่ยวกับภัยแล้งไว้ 3 ลักษณะได้แก่ ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) และภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) โดยอธิบายรูปแบบของแต่ละลักษณะดังนี้

1) ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาน้อยกว่าระดับปกติและมีระยะเวลายาวนาน โดยประมาณการณ์ว่ามีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละปี ร้อยละ 60 มีช่วงเวลายาวนานมากกว่า 2 ปี ประกอบกับการกระจายตัวของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมด

2) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา หมายถึง เงื่อนไขที่มีความเกี่ยวเนื่องกับภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา ผลกระทบของภัยแล้งชนิดนี้จะสร้างความเสียหายต่อพืชที่ต้องการน้ำหล่อเลี้ยง ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยาอาจพิจารณาโดยการประเมินได้ 3 ระดับโดยการปริมาณน้ำที่กักเก็บเหนือเขื่อน ความแห้งแล้งของน้ำในเขื่อน และพื้นที่ชุ่มน้ำ ภัยแล้งชนิดนี้จะนำไปสู่ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรมต่อไป

3) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์น้ำ (Water Demand) และอุปทานน้ำ (Water Supply) ซึ่งภัยแล้งเชิงเกษตรกรรมนี้มีอิทธิพลมาจากภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาและภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา ปัญหาจะมีลักษณะเป็นลูกโซ่ ยกตัวอย่างเช่น ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาน้อยทำให้พืชขาดน้ำ จากนั้นผลผลิตจะเกิดความเสียหายจากการไม่มีน้ำหล่อเลี้ยงเพียงพอ และผลสืบเนื่องจากนั้นคือผลผลิตจะลดลงตามมา อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะภัยแล้งในพื้นที่เกษตรกรรม อรรถัย แผงจินดา (2550) เสนอว่า สิ่งที่ควรพิจารณาควรเป็น ปริมาณน้ำฝนรายปีถ้าหากไม่เกิน 1,200 มิลลิเมตรถือว่ามีความชื้นแล้ง จำนวนวันที่ฝนตก แต่ต้องพิจารณาไปพร้อมกับปริมาณ

น้ำฝนด้วย เนื่องจากบางพื้นที่เกิดภาวะฝนแล้งและน้ำท่วมในเวลาใกล้เคียงกัน ฝนทิ้งช่วง โดยให้ฝนตกไม่ถึง 1 มิลลิเมตรเกินกว่า 15 ถือว่ามีความเสี่ยง และปริมาณน้ำ จากแหล่งต้นน้ำ

สุวัฒน์ เปี่ยมปัจจัย และ ดวงตา ตันโซ (Piampajjai and Tancho, 2558: 56) ได้จำแนกลักษณะภัยแล้งเป็น 4 ประเภทได้แก่ ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม (Agricultural Drought) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought) และภัยแล้งเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคม (Socioeconomic Drought) ซึ่งคล้ายคลึงกับการจำแนกภัยแล้งของ Wilhite and Glantz (1985: 118) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ 1) ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา คือ ความแปรผันของภูมิอากาศทำให้มีปริมาณน้ำฝนน้อย 2) ภัยแล้งเชิงเกษตรกรรม คือ ความร้อนบนพื้นผิวโลกสูงมีผลทำให้พืชคายน้ำเร็วในทางกลับกันน้ำฝนที่ตกลงมามีปริมาณน้อยทำให้เกิดผลกระทบต่อผลผลิตการเกษตร 3) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา คือ น้ำบนผิวดินและใต้ดินมีปริมาณน้อยอันเนื่องมาจากฝนที่ตกน้อยทำให้น้ำเหนือเขื่อนลดระดับลงตาม และ 4) ภัยแล้งเชิงเศรษฐศาสตร์และสังคม คือ ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมอันเนื่องมาจากภัยแล้ง เช่น ราคาสินค้าแพง และการอพยพของประชากร เป็นต้น

2.1.3 สาเหตุของภัยแล้ง

ปัญหาที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงประจักษ์คือ เรื่องน้ำ กล่าวคือ ราชอาณาจักรขาดแคลนน้ำทั้งเพื่อการอุปโภคบริโภคและเพื่อเกษตรกรรม มีสภาพการดำรงชีวิตอย่างอัตคัดขัดสน ซึ่งสาเหตุของความขาดแคลนคือ การขาดประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำยามน้ำมีปริมาณมากมาใช้ แหล่งน้ำตามธรรมชาติต้นเขิน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, ม.ป.ป: 56) อย่างไรก็ตามนักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องด้านภัยแล้ง เช่น สรณี แสงมิตร และดุขุฎิ ศุขวัฒน์ (2524: 10-15) สมิต ธรรมสโรช (2534: 66-80) และกรมอุตุนิยมวิทยา (2546) ได้จำแนกสาเหตุของภัยแล้ง โดยพิจารณาจากสาเหตุหลัก 2 ประการได้แก่ สาเหตุจากธรรมชาติ และสาเหตุจากมนุษย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้ 1) ภัยแล้งอันเกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ถูกจัดเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่มีมนุษย์เป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์ ทำให้ธรรมชาติเกิดการเสียสมดุลทั้งระบบ ภัยแล้งประเภทนี้มีภัยต่อการควบคุม ซึ่งมีองค์ประกอบย่อย 5 ประการ

ประการแรก คือ ภาวะฝนแล้ง โดยทั่วไปบริเวณที่ถูกจัดเป็นเขตแห้งแล้งหรือแม้แต่ประเทศไทยก็ตาม พื้นที่ในกลุ่มเหล่านี้ต้องอาศัยลมมรสุม และลมพายุจากมหาสมุทรพัดเอาไอน้ำจากมหาสมุทรขึ้นฝั่งเพื่อสร้างเป็นหย่อมความชื้นและก่อตัวเป็นเมฆฝนต่อไป แต่เนื่องจากผลกระทบของลมมรสุม และพายุเหล่านี้จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก ทำให้ลมมรสุมและพายุเปลี่ยนทิศทางไปจากเดิม ประการที่สอง คือ อากาศหรืออุณหภูมิของลม ซึ่งมีบทบาทให้การสร้างสภาพการขัดขวางการเกิดฝนและทวีความรุนแรงของภัยแล้ง เช่น กำลังของแรงลมทำให้ความชื้นบนผิวดิน

ระเหยไปอย่างรวดเร็ว ประการที่สาม คือ ความชื้นในอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสร้างสภาพที่เอื้ออำนวยให้เกิดเม็ดฝน จากปฏิกิริยาการควบแน่นของอากาศด้วยมวลของไอน้ำทำให้เกิดเป็นเม็ดฝน องค์ประกอบตัวนี้จะมีความสัมพันธ์กับ อุณหภูมิของลม กล่าวคือ ถ้าในอากาศมีความชื้นสูงน้ำจะระเหยน้อย ในขณะที่อุณหภูมิสูงหรือลมพัดแรงจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการระเหยที่สูงตามเช่นเดียวกัน

ประการที่สี่ คือ ความเย็นของมหาสมุทร ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่าในสารทุกประเภทจะมีการเคลื่อนที่อยู่เสมอ น้ำก็ถูกจัดเป็นสารประเภทหนึ่งในรูปของเหลว อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเป็นตัวเร่งให้เกิดการเคลื่อนที่เร็วขึ้น เมื่ออุณหภูมิในมหาสมุทรสูงขึ้นจะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ ในขณะที่อุณหภูมิของโลกที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลายและมีผลต่อระดับความเย็นของมหาสมุทรทำให้เกิดความยากลำบากต่อการกลั่นตัวของไอน้ำตามปกติ ในทำนองเดียวกันแม้ไอน้ำจะเคลื่อนตัวเข้าสู่ฝั่งด้วยกำลังลม แต่ระหว่างการเคลื่อนตัวผ่านบริเวณที่มีความเย็นและความชื้นสูงก็จะเกิดความหนาแน่นเป็นเม็ดฝนอย่างรวดเร็ว ทำให้ฝนตกลงในมหาสมุทรอีกครั้ง ประการที่ห้า คือ คุณสมบัติของดิน เราจะพบระบบนิเวศในดินทั้งพืชและสัตว์มากมายด้วยโครงสร้างของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์เช่นนี้จะมีช่องรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) และช่องรูพรุนขนาดใหญ่ (Macrooes) ลักษณะเหมือนฟองน้ำ เมื่อน้ำฝนตกลงสู่พื้นดินจะถูกดูดซับไว้โดยชั้นดินที่มีรูพรุนเหล่านี้และกระจายตัวลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำต่างๆ เมื่อผืนดินเหล่านี้ถูกเปลี่ยนสภาพไปจากเดิมเช่น การเกิดดินถล่มและการสูญเสียพืชปกคลุมดินย่อมทำให้เกิดภัยแล้งในที่สุด

2) ภัยแล้งอันเกิดจากมนุษย์ มีบทบาทหลักสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ปัญหาภัยแล้งทวีความรุนแรงมากขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ก่อให้เกิดการเสียสมดุลทางธรรมชาติ โดยพบว่ามีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ การตัดไม้ทำลายป่า เป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่าป่าไม้เป็นแหล่งของระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด ป่าไม้เปรียบเสมือนเกราะป้องกันการระเหยของความชื้น อีกทั้งยังเป็นแหล่งกักเก็บน้ำ ป่าดงดิบได้ถูกจัดเป็นป่าที่มีศักยภาพในการดูดซับน้ำไว้สูงแล้วค่อยๆ ปล่อยตัวไปยังแหล่งพื้นที่ชุ่มน้ำต่างๆ ป่าไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงจะสามารถดูดซับน้ำฝนได้สูงถึง 300 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อมนุษย์ตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมใดๆก็ตามโดยไม่ปลูกทดแทนนั้นจะเป็นสิ่งบั่นทอนคุณภาพป่าไม้ลง ถัดมาคือ การทำเกษตรกรรม การทำเกษตรกรรมผิดวิธีทั้งการเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์ก็ตามย่อมมีผลต่อการเกิดภัยแล้งได้ เกษตรกรรมที่ผิดวิธีทำให้เกิดการพังพลายของชั้นดินดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นถึงการสูญเสียแหล่งฟองน้ำตามธรรมชาติ ในขณะที่การใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืชจะทำให้เกิดการสูญเสียพืชปกคลุมดิน ประกอบกับการเลี้ยงสัตว์จำนวนมากนั้นจะเป็นการเพิ่มแรงกดทับของดินแน่นตัวขึ้นทำให้น้ำซึมผ่านยากและระเหยไปในที่สุด สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดภัยแล้งที่รุนแรงขึ้น และ การทำอุตสาหกรรม ทั้งการก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม การทำเหมืองแร่มีส่วนสำคัญต่อการสูญเสียความสมดุลของดินเช่นเดียวกัน

ในขณะที่ Kovach (1995: 91-90) อธิบายเกี่ยวกับสาเหตุหลักเกี่ยวกับการเกิดภัยแล้งไว้ 2 ประเภทเช่นเดียวกัน คือ การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลก (Climate Change on a global scale) และ ผลสะท้อนกลับทางชีวภูมิศาสตร์กายภาพ (Biogeophysical Feedback) โดยมีองค์ประกอบภายในคล้ายคลึงกับนักวิชาการและหน่วยงานของไทยที่ได้กล่าวมาข้างต้น (สรณี แสงมิตร และดุขฎิ ศุขวัฒน์, 2524: 10-15; สมิทร ธรรมสโรช, 534: 66-80; กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546) โดยมีสาระดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลก หมายถึง การเปลี่ยนแปลงอันเกิดจากลักษณะลักษณะทางธรรมชาติด้วยองค์ประกอบ 3 ประการได้แก่ ประการแรก คือ อุณหภูมิของน้ำทะเลและมหาสมุทรเย็นกว่าปกติ ทำให้มีผลต่อความชื้นต่ำลง ประการที่สอง ผลกระทบของปรากฏการณ์เอลนีโญ ทำให้พื้นที่ที่เคยมีฝนตกกลายเป็นพื้นที่ฝนแล้ง ในทางกลับกันพื้นที่ฝนแล้งกลับมีฝนตก ตัวอย่างเช่น ด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก (เปรู และชิลี) มักมีฝนฟ้าคะนอง ในทางกลับกันด้านทิศตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิก (ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย ไทย และฟิลิปปินส์) จะเกิดความแห้งแล้งแทน ประการที่สาม ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ในทุกๆ 18.6 ปีจะเป็นการครอบงอมของวัฏจักรจันทร์คติ ดวงจันทร์จะเป็นสัญญาณเตือนให้ทราบถึงการเกิดภัยแล้ง เช่น ในสหรัฐอเมริกาเมื่อปีค.ศ. 1991 เกิดภัยแล้งจากการน้ำขึ้นน้ำลงเป็นบริเวณกว้าง

2) ผลสะท้อนกลับทางชีวภูมิศาสตร์กายภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศวิทยาอันเป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์ สภาพดินเสื่อมโทรม และการเพิ่มจำนวนประชากร โดยสามารถจำแนกองค์ประกอบได้ 4 ประการ ประการแรกคือ การทำการเกษตรมากเกินไป (Overcultivation) เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปุ๋ยตามธรรมชาติในดินไม่มีเพียงพอต่อการเติบโตของพืช เมื่อเป็นเช่นนี้จึงทำให้พื้นที่บริเวณนั้นไม่สามารถปลูกพืชหรือเื้อ้อำนวยให้พืชเติบโตได้ตามธรรมชาติ ประการที่สองคือ การทำปศุสัตว์มากเกินไป (Overgrazing) ฝูงสัตว์จำนวนมากทำให้เกิดการเหยียบย่ำสิ่งปกคลุมดิน อีกทั้งยังมีฝุ่นผงกระจายขึ้นไปยังชั้นบรรยากาศ ประการที่สาม คือ การตัดไม้ทำลายป่า (Deforestation) ป่าเป็นแหล่งดูดซับน้ำตามธรรมชาติที่ดีที่สุด เมื่อไม่มีป่าไม้จะก่อให้เกิดน้ำท่วมเฉียบพลันในฤดูฝน อีกทั้งไม่มีน้ำที่ซึมจากแหล่งต้นน้ำในฤดูแล้ง และประการสุดท้ายคือ ระบบการชลประทานไม่มีประสิทธิภาพ (Bad Irrigation Practice) คือ การระบายน้ำที่เร็วเกินกว่าปกติทำให้ดินที่อุ้มน้ำได้ไม่เกิดการปนเปื้อนของโซเดียมบนผิวหน้าของดินที่ละลายมากับน้ำใต้ดิน

ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2543) ได้จัดทำรายงานโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเพื่อเสนอต่อ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ได้สรุปสาเหตุของการเกิดภัยแล้งโดยมีสาเหตุ 4 ประการ ได้แก่ ประการแรก คือ ภัยแล้ง

เป็นผลมาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ ทำให้มีปริมาณฝนน้อยกว่าปกติ หรือไม่มีฝนตามฤดู อีกทั้งจำนวนวันที่ฝนตกในฤดูฝนสั้นลงและยาวนาน ประการที่สอง คือ สภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเกิดฝน ประการที่สามคือ การตัดไม้ทำลายป่า และประการสุดท้ายคือ ความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และการเพิ่มขึ้นของครัวเรือน

ชัชฎา แก้วพฤษาพิมล (Kaewpruksapimon, 2006: 6) อธิบายเกี่ยวกับสาเหตุของภัยแล้งว่า มาจากความขาดแคลนของปริมาณน้ำฝนเป็นระยะเวลายาวนานช่วงหนึ่ง หากไม่มีฝนตกตามปกติจะมีผลทำให้พื้นดินขาดน้ำ ในขณะที่พื้นดินที่มีปริมาณฝนน้อยจะทำให้น้ำระเหยขึ้นสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็ว พืชและสัตว์ต้องการน้ำเพื่อการอยู่รอด ถ้าไม่มีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ จะเกิดการสูญเสียน้ำและล้มตายจากภาวะขาดน้ำและการคายน้ำ น้ำเป็นส่วนประกอบหลักอย่างหนึ่งในห่วงโซ่อาหาร (Food chain) ตัวอย่างเช่น ถ้าหากพืชตายจากการขาดแคลนน้ำ จากนั้นสัตว์ที่กินพืชก็จะตายตามเนื่องจากไม่มีอาหารและน้ำเพียงพอบริโภค วงจรนี้จะเกิดขึ้นหมุนเวียนกันไป ภัยแล้งมักเกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน โดยจะมีสภาพอากาศที่ร้อนและความชื้นบนพื้นผิวดินจะระเหยขึ้นไปอย่างรวดเร็ว ความแห้งแล้งสามารถเกิดขึ้นและมีภาวะคงทนนานหลายปีในกรณีพื้นที่นั้นๆ มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งสูง

ศุภเดช เหล็กชูชาติ (2554: 31) พบว่าสาเหตุการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคอีสานว่ามีสาเหตุ 8 ประการ ได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก ทำให้มีปริมาณน้ำฝนตกน้อยและทิ้งช่วงยาวนาน 2) การบุกรุกและทำลายแหล่งต้นน้ำ 3) ป่าไม้เสื่อมโทรม 4) ความต้องการใช้น้ำเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมสูงขึ้น 5) ดินไม่เหมาะสมต่อการอุ้มน้ำซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย 6) พื้นที่กักเก็บน้ำมีน้อย 7) การตั้งถิ่นฐานของชุมชนห่างไกลจากแหล่งชลประทาน และ 8) การบริหารจัดการผืนน้ำไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่ง ยังมีสาเหตุมาจากการใช้น้ำฟุ่มเฟือย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไม่เหมาะสมร่วมด้วย ธวัชชัย ดิงสัญชลี (2554: 13) ในขณะที่สุวัฒน์ เปี่ยมปัจจัย และ ดวงตา ตันโซ (Piampajjai and Tancho, 2558: 56) กล่าวถึงสาเหตุของภัยแล้งว่ามีมูลเหตุ 2 ประการ ได้แก่ ประการแรก สาเหตุทางธรรมชาติ คือ การแปรผันของสภาพภูมิอากาศ และการแปรผันของระดับน้ำทะเล ประการที่สอง สาเหตุของมนุษย์ คือ การตัดไม้ทำลายป่า ภาวะเรือนกระจก การทำลายชั้นบรรยากาศโลก การเกิดขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในมุมมองพฤติกรรมการณ์การใช้น้ำของมนุษย์ซึ่งกลับพบว่าเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง อีกทั้งยังได้รับผลกระทบจากการภัยแล้งเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะผู้ใช้น้ำในครัวเรือนที่ไม่อาจปฏิเสธความรับผิดชอบต่อวิกฤตภัยแล้งได้ (พันพร โชติพิทักษ์ชูกุล, 2539: 1) ในภาคครัวเรือนมีความต้องการใช้น้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค โดยจำแนกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกคือ ใช้ปรุงอาหาร ประมาณ 2 ลิตรต่อคนต่อวัน และส่วนที่ 2 คือ ใช้ชำระล้างสิ่งสกปรกจากร่างกาย

และเครื่องใช้ต่างๆประมาณ 45 ลิตรต่อคนต่อวัน รวมทั้งสิ้น 47 ลิตรต่อคนต่อวัน ลักษณะการใช้น้ำดังกล่าวเป็นการใช้น้ำโดยทั่วไป หากแต่เมื่อพิจารณาตามอัตราการใช้น้ำในเขตเมืองจะพบว่ามีอัตราสูงถึง 400 ลิตรต่อคนต่อวัน ซึ่งในอนาคตมีแนวโน้มว่าความต้องการใช้น้ำจะมีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานขั้นต่ำถึง 2 เท่า (จิรพล สินธุนาวา, 2536: 52)

ถ้าผู้ใช้น้ำในเขตเมืองมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียอย่างไม่เกิดประโยชน์ ก็จะช่วยให้การแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำได้อีกวิธีหนึ่ง พฤติกรรมที่พึงประสงค์ในการใช้น้ำอย่างประหยัดจึงควรมีการปรับเปลี่ยน อย่างเช่น ไม่เปิดน้ำทิ้งไว้ระหว่างล้างหน้า แปรงฟัน โกนหนวด การเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดน้ำสำหรับชักโครก การล้างผักและถ้วยจานโดยใช้ภาชนะรองรับน้ำและนำน้ำที่เหลือไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นต่อไป ไม่เปิดก๊อกน้ำจนสิ้นเวลาซักผ้าแต่ควรแช่ก่อนซักน้ำสะอาด อีกทั้งหมั่นตรวจสอบระบบท่อประปาหรือก๊อกน้ำอย่างสม่ำเสมอ หรือแม้แต่การเติมน้ำให้หมดก็ตาม (จิรพล สินธุนาวา, 2536: 52) ดังนั้นถ้าผู้ใช้น้ำหันมาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใช้น้ำอย่างประหยัดแล้วก็จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนน้ำเพราะถือว่าเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่งเช่นเดียวกัน (ประจวบจิตร คำจตุรัส, 2540: 105) อีกทั้งยังเป็นการสร้างการมีส่วนร่วมให้ประชาชนอย่างจริงจัง

การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมในระยะยาวและถาวร จึงไม่เพียงแต่แก้ไขด้วยการสร้างเทคโนโลยีหรือสิ่งปลูกสร้างเท่านั้น (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530: 18; วิชาญ อมรากุล, 2559; อภิชาติ อนุกุลอำไพ, 2559) มิเช่นนั้นจะก่อให้เกิดปัญหาซ้ำซากไม่จบสิ้น หากแต่ควรมุ่งพยายามปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อม (เย็นใจ เลหาวิช, 2520: 3) เพราะพฤติกรรมของคนจะเป็นเครื่องตัดสินใจว่าสิ่งแวดล้อมของเขาจะเป็นอย่างไร สาระสำคัญต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่พึงปรารถนาต่อสิ่งแวดล้อม และแก้ไขพฤติกรรมที่ไม่พึงปรารถนาทั้งหลายต่อการทำลายสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน (Hartzog, 1971: 85; เกษม จันทร์แก้ว, 2522) ดังนั้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมกรใช้น้ำอย่างไม่เกิดประโยชน์เป็นการใช้น้ำอย่างประหยัดนอกจากจะช่วยลดความรุนแรงของการขาดแคลนน้ำทั้งในระยะสั้นและระยะยาวแล้วนั้น ยังทำให้ผู้ใช้น้ำบรรเทาความเดือดร้อนจากการขาดแคลนน้ำอีกด้วย ในทางกลับกันหากผู้ใช้น้ำมีพฤติกรรมกรใช้น้ำอย่างฟุ่มเฟือยก็มีแนวโน้มทำให้ปัญหาภัยแล้งมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (พันพร โชติพิทักษ์ชูกุล, 2539: 1)

2.1.4 ผลกระทบของภัยแล้ง

การขาดแคลนน้ำ จัดเป็นปัญหาระดับโลกที่กล่าวขานกันมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 ในที่ประชุม Earth Summit ที่กรุงโจฮันเนสเบิร์ก ประเทศแอฟริกาใต้ และในปีต่อมาโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Environment Program: UNEP) ได้พิจารณาการณรงค์ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำความว่า “Water- Two Billion People are Dying for it” เนื่องจาก

องค์การอนามัยโลก และองค์การสหประชาชาติ ได้ประมาณการกันว่า ในช่วงกลางศตวรรษนี้ปัญหาสำคัญที่มวลมนุษยชาติต้องประสบคือ เรื่อง การขาดแคลนน้ำ แม้ว่าการขาดแคลนน้ำจะไม่มีรายงานว่ามีความรุนแรงมากนัก หากแต่จะมีประชากรทั่วโลกประสบกับปัญหานี้มากกว่า 2,000 ล้านคนใน 40 ประเทศ อย่างไรก็ตามถ้าหากปัญหามีแนวโน้มที่ความรุนแรงมากขึ้นจำนวนผู้ประสบภัยพิบัติย่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า 7,000 ล้านคนใน 60 ประเทศทั่วโลก (Global Water Partnership, 2002) ดังนั้นปัญหาภัยแล้งที่ทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ทุกวันนี้เป็นส่วนหนึ่งของปัญหาการขาดแคลนน้ำเช่นเดียวกัน (ประพัฒน์ ปัญญาชาติรักษ์, 2548: 11)

ประเทศไทยมีฐานการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งหมายความว่ากิจกรรมประเภทนี้ต้องพึ่งพาฝนจากธรรมชาติ ภัยแล้งจะสร้างผลกระทบโดยตรงต่อประชากรผู้มีอาชีพเกษตรกรรมทำให้มีผลผลิตทางการเกษตรลดลง ด้านเศรษฐกิจ สุขภาพอนามัยของประชาชน อีกทั้งสูญเสียงบประมาณของประเทศในการบรรเทาความเดือดร้อนในพื้นที่ประสบภัยพิบัติเป็นจำนวนเงินมหาศาล สถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นแต่ละครั้ง นอกจากจะส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจแล้วยังส่งผลกระทบต่อสภาพสังคมคือจิตใจของผู้ประสบภัยเช่นเดียวกัน (สุรพันธ์ สันติยานนท์, 2548: 1)

ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมีอิทธิพลอย่างมีนัยยะสำคัญมาตั้งแต่ยุคประวัติศาสตร์การพัฒนาของสังคมมนุษย์ แหล่งอารยธรรมหลายแห่งต้องเสื่อมสลายลงเนื่องจากภัยแล้งที่เกิดขึ้น ตัวอย่างสำคัญอย่างเช่น อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการหมุนเวียนของกระแสลม และความแห้งแล้งทางตอนเหนือของประเทศซีเรีย เมื่อประมาณ 2,200 ปีก่อน คริสต์ศักราช มีผลทำให้อารยธรรม Subir ในอาณาจักรแห่งเมโสโปเตเมียต้องล่มสลายลง เนื่องจากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมของประชาชนในแถบนั้นต้องพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม สมิทร ธรรมสโรช (2543: 66-80) ได้ประมวลผลกระทบของภัยแล้งไว้ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม ทำให้แหล่งน้ำตามธรรมชาติแห้งขอด ระดับน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลง พื้นที่ชุ่มน้ำจะเกิดความแห้งแล้ง การกัดเซาะหน้าดิน อีกทั้งการไม่ใช้ประโยชน์จากพื้นที่ ด้านผลกระทบทางเศรษฐกิจ ทำให้ผลผลิตทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมลง คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน ราคาถูกลง และความยากจนไปทั่วหัวระแหง และด้านสังคม เกิดการอพยพของแรงงานในภาคชนบทเข้าสู่เมือง ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ ชวนาในภาคอีสานที่อพยพมายังกรุงเทพฯ สุขภาพอนามัยและการจัดการคุณภาพชีวิตลดลง ตลอดจนถึงความขัดแย้งจากการแย่งชิงน้ำ

สภาวะการขาดแคลนน้ำหรือน้ำแล้งนั้นประชาชนต้องประสบกับปัญหาต่างๆ อาทิ ความหิวโหย โรคระบาด โจรกรรม การย้ายถิ่นฐานเพื่อเสาะหาแหล่งที่ดินทำกินใหม่ หรือแม้กระทั่งเปลี่ยนแปลงอาชีพเกษตรกรรมเป็นกรรมกร (มาฆวัฒน์ เสนีย์วงศ์, 2547: 50) นอกจากนี้ผลกระทบทางเศรษฐกิจ อย่างเช่น การสิ้นเปลืองหรือสูญเสียผลผลิตด้านการเกษตร ปศุสัตว์ ป่าไม้ การประมง

เศรษฐกิจในครัวเรือน ราคาที่ดินต่ำลง โรงงานเสียหาย การว่างงาน ความเสื่อมโทรมของภูมิทัศน์การ
ท่องเที่ยว พลังงานลดลง อุตสาหกรรมขนส่งที่ต้องพึ่งพาแหล่งน้ำไม่สามารถใช้งานได้ ในด้าน
สิ่งแวดล้อม เช่น การขาดแคลนน้ำ โรคในสัตว์ป่า ปริมาณน้ำลดลง พื้นที่ชุ่มน้ำลดลง การหมุนของ
น้ำเค็ม น้ำบาดาลแห้ง คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลง ไฟป่า และการกัดเซาะหน้าดินทำให้คุณภาพอากาศ
และทัศนียภาพไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งยังมีผลกระทบด้านสุขอนามัยและความ
บาดหมางในการใช้น้ำ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2546)

วิชญ์ บุญมาร์ตัน (2548: 17) ได้อธิบายถึงผลกระทบของภัยแล้งไว้ว่า ภัยแล้งที่ประสบ
ปัญหาอยู่นั้นนอกจากจะมีผลโดยตรงต่อระบบการเกษตรทั้งหมด อีกทั้งยังสร้างความเดือนร้อนแก่
ประชาชน นอกจากนี้ภัยแล้งยังส่งผลกระทบต่อระบบอุตสาหกรรม สังคมและสิ่งแวดล้อมใน
ภาพรวมซึ่งมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

- 1) ด้านการเกษตรและที่ดินทำกิน ภัยแล้งได้ทำให้เกิดสภาพความชื้นในดินลดลง พืชขาด
น้ำทำให้เกิดผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน อีกทั้งผลผลิตยังมีปริมาณน้อย
- 2) ด้านเกษตรกร ทำให้น้ำที่ใช้เพื่อการเพาะปลูกหรือน้ำชลประทานไม่มีเพียงพอ อีกทั้ง
รายได้และความสามารถในการซื้อของเกษตรกรลดลง จึงมีผลต่อภาระหนี้สินเช่นเดียวกัน
- 3) ด้านอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความขาดแคลนจากปริมาณของวัตถุดิบที่ต่ำลง มีผลต่อ
ราคาสินค้าในตลาดที่เพิ่มสูงขึ้น หรือแม้กระทั่งยอดจำหน่ายสินค้าลดลงตามกำลังซื้อของผู้บริโภค
โดยเฉพาะเกษตรกร
- 4) ด้านรัฐบาล ต้องทุ่มเทงบประมาณเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรและระบบเศรษฐกิจทั้งหมด
- 5) ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความขัดแย้งจากการแย่งชิงน้ำเพื่ออุปโภคและ
บริโภคหรือแม้กระทั่งเพื่อการเกษตร เกิดปัญหาในการจัดการคุณภาพชีวิต ระดับการเปลี่ยนแปลงทาง
อุทกวิทยาโดยเฉพาะปัญหาการหมุนของน้ำเค็มและระดับน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลง เกิดไฟป่าบ่อยขึ้น
การอพยพย้ายถิ่นของประชาชนไปยังพื้นที่อุดมสมบูรณ์ และสุขอนามัยที่ปลอดภัย
- 6) ด้านเศรษฐกิจโดยรวม ทำให้เกิดผลผลิตภักดิ์มวลรวมของภาคการเกษตรลดลง อัตรา
การว่างงานสูงขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มชาวนา การส่งออกผลผลิตด้านการเกษตรลดลง และอัตราการ
เพิ่มขึ้นของเงินเฟ้อในผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นจากภัยแล้งตามทัศนะของ ศุภเดช เหล็กชูชาติ (2554: 31) เห็นว่า
ภัยแล้งได้ส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ได้แก่ 1) ผลผลิตการเกษตรได้รับ

ความเสียหายจากการขาดแคลนน้ำทั้งน้ำชลประทานและน้ำฝนโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกนาข้าว พืชไร่ และบ่อเลี้ยงปลา 2) คุณภาพในกลุ่มคนชนบทจากการขาดแคลนน้ำเพื่ออุปโภค บริโภค ตลอดจนโรคระบาดในสัตว์และคน 3) ขาดความอบอุ่นเนื่องจากสมาชิกในครัวเรือนต้องละทิ้งถิ่นฐานออกไปทำงานนอกพื้นที่ 4) สัตว์ไม่มีน้ำกิน 5) ภัยซ้ำซ้อนและต่อเนื่องจากภัยแล้ง เช่น ไฟป่า หมอกควันจากการเผาซังข้าว อีกทั้งเกิดพายุฤดูร้อน ลมพัดแรงบ้านเรือนเสียหายและต้นไม้หักล้มขวางทางจราจร และ 6) อัตราการระเหยของน้ำสูงขึ้นจากอุณหภูมิที่ร้อนขึ้นมีผลทำให้แหล่งพื้นที่ชุ่มน้ำลดลง

2.1.5 สถานการณ์ภัยแล้งทั่วโลก

2.1.5.1 ภัยแล้งในทวีปยุโรป

น้ำคือชีวิตซึ่งถือเป็นแหล่งเกื้อหนุนระบบนิเวศและสภาพบรรยากาศ หากแต่ในปัจจุบันทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัดและปริมาณน้ำสะอาดบนโลกยังมีน้อยกว่าร้อยละ 1 ที่มนุษย์สามารถเข้าถึงและนำไปใช้ประโยชน์ได้ ผู้คนต้องเรียนรู้คุณค่าของทรัพยากรอันสำคัญที่สุดเหล่านี้ เนื่องจากมันเป็นทรัพยากรที่นับวันจะมีแนวโน้มร่อยหรอลง การแข่งขันการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจทำให้ชุมชนและระบบนิเวศเกิดผลกระทบตามมา ถ้าหากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิปกติทั่วยุโรปจะทำให้เกิดระดับน้ำที่ลดลงในหลายๆพื้นที่ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราจะต้องค้นหาวิธีการในการแก้ไขปัญหาเพื่อปกป้องทรัพยากรเหล่านี้ต่อไปในอนาคต ภัยแล้งหมายถึงการลดลงของปริมาณน้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ตัวอย่างเช่น การไม่มีฝนตกติดต่อกัน ในอีกแง่มุมหนึ่งการขาดแคลนน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อความต้องการใช้น้ำกับปริมาณน้ำที่มีอยู่สวนทางกัน ดังนั้นเราต้องเรียนรู้สิ่งเหล่านี้ไปพร้อมกัน กล่าวคือ เราต้องเรียนรู้ในการอนุรักษ์น้ำในขณะเดียวกันต้องมีการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (European Union, 2010)

ทวีปยุโรปไม่ได้ถูกจัดเป็นทวีปที่แห้งแล้ง หากแต่ความต้องการน้ำในปัจจุบันเป็นสิ่งที่จะต้องให้ความสำคัญสำหรับประชากรเกือบครึ่งของยุโรป สถานการณ์ของประเทศในยุโรปที่มีความหลากหลายในการใช้น้ำได้ถูกทำการสำรวจโดยใช้ดัชนีการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ไม่ถูกต้อง (The water exploitation index: WEI) พบว่าปริมาณของน้ำที่สรุปผลออกมาในแต่ละปีมีค่าเท่ากับสัดส่วนของทรัพยากรน้ำสะอาดในระยะยาวทั้งหมด ดัชนีดังกล่าวคือตัวชี้วัดสถานการณ์วิกฤติของทรัพยากรน้ำสะอาด ซึ่งหากพบค่า WEI สูงกว่าร้อยละ 20 หมายถึงสถานการณ์น้ำเริ่มมีความน่าเป็นห่วง ในขณะที่ถ้าค่า WEI สูงกว่าร้อยละ 40 แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์นั้นเกิดวิกฤติและยังสะท้อนว่าการใช้ทรัพยากรน้ำเป็นไปอย่างไม่เกิดประโยชน์ อย่างเช่น ไชปรัส บัลแกเรีย เบลเยียม สเปน อิตาลี และมอลตา พบว่ากำลังมีการใช้น้ำเกินกว่าร้อยละ 20 ซึ่งหมายถึงมีความต้องการน้ำมากขึ้นในระยะยาวทุกๆปี ในขณะที่ ไชปรัส เป็นประเทศที่กำลังเผชิญกับภัยแล้งกลับพบว่ามีการบริหารน้ำหรือความต้องการน้ำสูงมากกว่าร้อยละ 40 (European Environment Agency, 2009)

ภูมิศาสตร์ของยุโรปและสภาพบรรยากาศได้ทำให้เกิดการกระจายน้ำอย่างไม่ทั่วถึง สถานการณ์นั้นได้ทำให้เกิดความเลวร้ายมากยิ่งขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ ในยุโรปทางตอนใต้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวได้มีผลต่อความต้องการการใช้น้ำเพิ่มขึ้น นั้นเป็นผลทำให้เกิดการกลายเป็นทะเลทราย (Desertification) และการหนุนของน้ำเค็ม (salt-water intrusion) ทั่วทั้งเขตน้ำจืดบริเวณชายฝั่ง การขาดแคลนน้ำเป็นปัญหาร้ายแรงที่เกิดขึ้นทางตอนใต้และยังไม่มีแนวโน้มว่าปัญหาจะจำกัดอยู่ในพื้นที่บริเวณนั้นเพียงอย่างเดียว รัฐสมาชิกส่วนใหญ่ได้เผชิญกับภัยแล้งมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 และมีรายงานว่าปัจจุบันหลายประเทศได้เผชิญกับภัยแล้งบ่อยขึ้นและยังมีการนำน้ำบาดาลมาใช้ในปริมาณสูงขึ้น สภาพของปัญหาการขาดแคลนน้ำยังคงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและยังเป็นที่น่ากังวล เนื่องจากมีผลกระทบต่อประชากรอย่างน้อยร้อยละ 11 และมีผลโดยรวมทั้งทวีปร้อยละ 17 (Tallaksen, 2007)

นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 จำนวนการเกิดขึ้นของภัยแล้งมีความถี่สูงขึ้นอีกทั้งยังทวีความรุนแรงกว่าเดิม มูลค่าความเสียหายกว่า 100 ล้านเหรียญยูโร ตลอดระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมาภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดครั้งหนึ่งเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2003 มีพื้นที่หนึ่งในสามของทวีปยุโรปและคนจำนวนกว่า 100 ล้านคนได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติ นอกจากนี้ระหว่างปี ค.ศ.1976- ปีค.ศ. 2006 ประชาชนจำนวนมากในหลายพื้นที่ถูกกระหน่ำจากภัยแล้งและยังเพิ่มสูงขึ้นกว่าร้อยละ 20 ของมูลค่าความเสียหายต่อปีซึ่งคิดเป็น 4 เท่าของความเสียหายที่เคยเกิดขึ้นมาก่อนหน้านี้ ความต้องการใช้น้ำยังคงมีการทำนายว่าปริมาณน้ำร้อยละ 20-60 ที่มีอยู่ในยุโรปถูกใช้ไปโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เช่น การรั่วไหลในระบบอุตสาหกรรมและครัวเรือน ไม่มีการติดตั้งเทคโนโลยีในการกักเก็บน้ำ การชลประทานที่ไม่จำเป็นมากเกินไป เป็นต้นภายใต้สถานการณ์ปัจจุบันที่เรียกว่า ความไม่สามารถในการกระทำได้ตามปกติวิสัย (Business as usual) กล่าวคือเราไม่สามารถใช้น้ำได้อย่างไม่จำกัดเหมือนในอดีต การบริโภคน้ำโดยประชาชน อุตสาหกรรม และเกษตรกรรมอาจจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ในปี ค.ศ. 2030 อีกทั้งปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศจะเพิ่มความรุนแรงของปัญหาภัยแล้งและการขาดแคลนน้ำในอนาคตมากยิ่งขึ้น (European Union, 2010)

2.5.1.2 ภัยแล้งในทวีปอเมริกาใต้

โบลิเวีย รัฐบาลได้มีการประกาศภัยฉุกเฉินในเทศบาลของโบลิเวียเช่น Omereque de Cochabamba ในวันที่ 5 ตุลาคม ปีค.ศ. 2015 ภัยพิบัตินั้นคือ ภัยแล้ง ซึ่งสร้างความเสียหายต่อพืชผลทางเกษตร มีครัวเรือนได้รับผลกระทบประมาณ 400 หลังคาเรือน ประชาชนประมาณ 2,000 คนไม่มีน้ำเพื่อการชลประทานในนาเกษตรเนื่องจากปริมาณน้ำแห้งขอดในแม่น้ำ Mizque จากเอกสารการวางแผนราชการด้านปรากฏการณ์เอลนีโญปี ค.ศ. 2015 - ค.ศ. 2016 อาจมีผลทำให้ปริมาณน้ำฝนมีระดับต่ำในพื้นที่ 109 ตำบลภายในประเทศจะประสบกับภัยแล้ง ในขณะที่

เดือนธันวาคมรัฐบาลได้ประกาศการเตือนภัยแล้งในพื้นที่ทั้งหมด 27 เทศบาล เช่น Oruro, Cochabamba และ Chaquisacu (ECHO, 2015) ต่อมาเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ. 2016 ภัยแล้งยังคงมีผลทำให้เขตทางภาคใต้ของ Altiplano และ Chaco (Government of Bolivia, 2016) ได้รับความเดือนร้อน และเขตทางตะวันตก 7 พื้นที่ก็ได้รับผลกระทบเช่นเดียวกัน เช่น Oruro และ Lapaz ซึ่งพบว่ามีจำนวนครัวเรือนกว่า 70,000 หลังคาเรือนที่ประสบภัยแล้ง (OCHA, 2016a) ในเดือนมิถุนายน มีประชาชนกว่า 160,000 คนและเทศบาลจำนวน 104 แห่งถูกประกาศเป็นเขตภัยแล้ง (PAHO, 2016a) ต่อมาเดือนสิงหาคมมีจำนวนครัวเรือน 130,000 หลังคาเรือนที่ได้รับความเสียหายจากภัยแล้งในพื้นที่ Oruro และ Cochabamba ซึ่งทั้ง 2 พื้นที่นี้เป็นเขตที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด นอกจากนี้ Beni ถูกจัดเป็นรัฐที่ประสบภัยแล้งเช่นเดียวกัน ภัยแล้งได้สร้างความเสียหายต่อ สถานการณ์น้ำในประเทศ สุขภาพอนามัยและการขาดแคลนอาหารอย่างรุนแรง (OCHA, 2016b)

บราซิล ประสบกับภัยแล้งมายาวนานโดยมีระยะเวลาถึง 35 ปี อีกทั้งยังเกิดในเขตที่มีประชากรหนาแน่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่เหล่านี้ต้องพึ่งพาอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ อีกทั้งชั้นใต้ดินยังไม่มีน้ำเนื่องจากความแห้งแล้ง (Thomas Reuters Foundation, 2015) ในเดือนตุลาคมปี ค.ศ. 2015 พื้นที่ป่าไม้ 13,440 แห่งที่ได้รับการจดทะเบียนเป็นป่าของรัฐ Amazonas ถูกไฟไหม้และได้รับการประกาศเป็นพื้นที่ภัยพิบัติฉุกเฉินจำนวน 90 วันครอบคลุมพื้นที่ 12 เมือง (OCHA, 2015c) สภาพอากาศที่แห้งแล้งอย่างรุนแรงมีผลมาจากปรากฏการณ์เอลนีโญในพื้นที่การผลิตอย่างเช่น Parama บางส่วนของ Sao Paulo และ Mato Grosso มีรายงานว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีปริมาณน้อยลง อีกทั้งพื้นที่การเพาะปลูกยังลดน้อยลง (FAO, 2015)

โคลัมเบีย ปรากฏการณ์เอลนีโญมีแนวโน้มทำให้ปริมาณน้ำฝนลดน้อยลงมากกว่าร้อยละ 60 ในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนตุลาคม-ธันวาคม (Government of Colombia, 2015) ภัยแล้งเป็นสิ่งที่น่าเป็นห่วงสำหรับชาวนาที่ใช้ น้ำจากแม่น้ำ Magdalena และ Cauca จำนวน 23 จังหวัด (AFP, 2015; Reuters, 2015) ซึ่งพบว่ามีปริมาณน้อยลงเรื่อยๆ ในเดือนมกราคมปี ค.ศ. 2016 เทศบาลกว่า 124 แห่งได้รับผลกระทบจากภัยแล้งทั่วประเทศ (Government of Colombia, 2015) อีกทั้งเดือนเมษายนในปีเดียวกันสถานการณ์ภัยแล้งได้ถูกประกาศเป็นภัยพิบัติในพื้นที่เช่น Cordoba และ Cesar (PAHO, 2016b) ในขณะที่เปรู บริเวณเขตเกษตรกรรมได้รับผลกระทบจากภัยแล้งและหลายจังหวัด เช่น Apurimac (PAHO, 2016c) และ Junin ถูกประกาศเป็นพื้นที่ภัยพิบัติ รัฐบาลได้ออกแถลงการณ์ป้องกันความเสี่ยงและแผนการอพยพก่อนเกิดภัยแล้งสำหรับปี ค.ศ. 2016 (El Comercio, 2016; Government of Peru, 2016) ในช่วงต้นเดือนมีนาคม ปีค.ศ. 2016 รัฐบาล

ได้ทำการลงทุนมากกว่า 13 ล้านเหรียญเพื่อปฏิบัติการอพยพและเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัยสำหรับภัยแล้ง (WFP, 2016b)

เอกวาดอร์ ความซับซ้อนของสถานการณ์ระหว่างภัยแล้งและน้ำท่วมเกิดมาจากอิทธิพลของปรากฏการณ์เอลนีโญ อีกทั้งยังเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวในจังหวัด Manabi และ Esmeraldas (WFP, 2016a) เอกวาดอร์ได้สูญเสียงบประมาณมากกว่า 7,100 ล้านเหรียญเนื่องจากความเสียหายของปรากฏการณ์เอลนีโญ เหตุการณ์ดังกล่าวได้ถูกทำนายล่วงหน้าในฤดูใบไม้ผลิปี ค.ศ. 2016 ไว้ว่าผลผลิตการเกษตรจะลดลง เช่น ข้าว (ร้อยละ 16) ข้าวโพด (ร้อยละ 22) น้ำตาล (ร้อยละ 40) ถั่ว (ร้อยละ 30) ซึ่งมีผลทำให้เกิดความขาดแคลนทางอาหารในครัวเรือนทั้งเศรษฐกิจท้องถิ่นและเศรษฐกิจของประเทศ (WFP, 2016a) ปารากวัย รัฐบาลได้ประกาศรายงานสถานการณ์ภัยแล้งว่ามีจำนวนครัวเรือนกว่า 1,100 ครัวเรือนที่ประสบภัยแล้ง ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ. 2016 (Government of Paraguay, 2016) และเวเนซุเอลา รัฐบาลได้ชี้ว่าในเดือนมกราคม ปีค.ศ. 2016 อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 18 แห่งมีปริมาณน้ำน้อยมาก ซึ่งเกิดมากกว่า 3 ปีตั้งแต่ปีค.ศ. 2013 ปริมาณน้ำฝนมีเพียงร้อยละ 45 ซึ่งต่ำกว่าในปีที่ผ่านมา (AFP, 2016)

2.5.1.3 ภัยแล้งในทวีปอเมริกาเหนือ

ภัยแล้งเป็นภัยทางธรรมชาติอย่างหนึ่งมักมีผลกระทบที่ตามมาต่อระบบสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม ประเด็นนโยบายสาธารณะจะมีความสัมพันธ์ต่อระดับของภัยแล้งที่ขึ้นอยู่กับวิธีการนิยามและการวัดภัยแล้งซึ่งนำไปสู่วิธีการที่ดีที่สุดในการเตรียมพร้อมสำหรับการอพยพและการตอบสนองต่อผลกระทบของภัยแล้ง อีกทั้งผู้ที่มีความเกี่ยวข้องในกระบวนการเหล่านั้น ภัยแล้งในปี ค.ศ. 2011 และ ปี ค.ศ. 2012 ในมลรัฐแท็กซัสและเขตทางตอนกลางของทวีป ภัยแล้งในปัจจุบันเกิดขึ้นมลรัฐแคลิฟอร์เนีย และหลายส่วนของรัฐทางภาคตะวันตก อีกทั้ง 15 ปีของสภาพความแห้งแล้งในทางตะวันตกเฉียงใต้ได้ทำให้เกิดความสนใจของรัฐต่อปัญหาภัยแล้งและผลกระทบอันใกล้ต่อความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร เช่นเดียวกันกับปัญหาในระยะยาวอย่างเช่น การคาดการณ์ภัยแล้งและความเชื่อมโยงที่เป็นไปได้ระหว่างภัยแล้งและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศอันมีมนุษย์เป็นตัวการ (Folger and Cody, 2015)

บางส่วนของสหรัฐมักเผชิญกับภัยแล้งมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 พื้นที่มากกว่าร้อยละ 6.6 ของสหรัฐเผชิญกับภัยแล้งอย่างรุนแรงในแต่ละปี พื้นที่กลุ่มเหล่านี้ที่ได้รับผลกระทบยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ทั้งหมดของสหรัฐที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 มีพื้นที่เพียงน้อยนิดเช่นเดียวกับพื้นที่เพียงร้อยละ 6.6 ได้เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกือบครึ่งประเทศมากกว่าร้อยละ 55 โดยการติดตามและทำนายผลรายสัปดาห์มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 โดยมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งหมดที่ได้รับผลกระทบโดยรวมร้อยละ 27 ภัยแล้งมีการนิยามที่หลากหลาย ง่ายที่ง่ายที่สุดอาจ

หมายถึง ประสิทธิภาพของปริมาณน้ำฝนขาดช่วงเป็นระยะเวลาหนึ่ง ฝนขาดช่วงในฤดูฝน หรือ ยิ่งกว่านั้นอาจจะเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนก็ได้ ความต้องการที่สูงขึ้นของกิจกรรมมนุษย์ทางน้ำ และการปลูกพืชในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดต่อการกักเก็บน้ำ และสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น การเพิ่มความรุนแรงของภัยแล้ง ตัวอย่างเช่น ภัยแล้งในช่วงฤดูการเพาะปลูกอาจนำไปสู่ปัญหาความรุนแรงมากขึ้น ในด้านผลกระทบ เช่น พืชผลทางการเกษตรเสียหายและลดลง (Folger and Cody, 2015)

นักวิทยาศาสตร์บางท่านกล่าวถึงภัยแล้งว่าเป็นเสมือนภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นในอเมริกาเหนือ การเกิดขึ้นของสภาพภัยแล้งอาจย้อนรอยไปยังอดีตกว่า 1,000 ปี ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากการบันทึกทางประวัติศาสตร์ การสำรวจวงปีของต้นไม้ (Tree-ring) สามารถใช้ในการจำลองความเป็นมาของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้โดยพบว่า ในสหรัฐได้เผชิญกับช่วงเวลาของภัยแล้งมายาวและรุนแรงมาตั้งแต่อดีตซึ่งเรียกว่า มหัทภัยแล้ง (MegaDroughts) ตัวอย่างเช่น การตรวจดูภัยแล้งจากวงปีต้นไม้สามารถให้เบาะแสเกี่ยวกับความรุนแรงของภัยพิบัติมานานหลายทศวรรษในอเมริกากลางตะวันตกเฉียงใต้ช่วงศตวรรษที่ 13 มหัทภัยแล้งครั้งนี้ได้สร้างผลกระทบต่อการไหลของน้ำในแม่น้ำสายหลักทางตะวันตก ตลอดระยะเวลาในช่วงปี ค.ศ. 1130 ถึงปี ค.ศ. 1154 ทำนายได้ว่าการไหลของแม่น้ำโคโรราโดมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 84 ของปริมาณน้ำตามปกติ ข้อมูลปัจจุบันพบว่า การไหลของน้ำในแม่น้ำโคโรราโดตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ยังคงมีระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ย (Folger and Cody, 2015)

คำถามคือ หลายส่วนของสหรัฐ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอเมริกากลางตะวันตกเฉียงใต้ เช่น แคลิฟอร์เนียอาจกำลังเผชิญกับการเริ่มต้นของมหัทภัยแล้งในยุคสมัยใหม่หรือไม่ เนื่องจากมหัทภัยแล้งได้เกิดขึ้นมาแล้วก่อนหน้านี้ กล่าวคือ จะมีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะมีการหวนกลับมาอีกครั้งของภัยแล้งในระยะยาวหลายศตวรรษ นอกจากนี้ภัยแล้งจะมีความเลวร้ายในอนาคตหรือไม่ถ้าอากาศที่อุ่นขึ้นจากการเพิ่มปริมาณของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ อย่างไรก็ตามการทำนายความรุนแรงและความถาวรของภัยแล้งทั่วเขตที่มีภูมิประเทศจำเพาะอาจยังไม่มีความเป็นไปได้เพียงช่วงเวลาใน 2-3 เดือน เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณาร่วมกัน เช่น ปริมาณน้ำฝน ความร้อน ความชื้นของดิน ความรุนแรงอาจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในหลายพื้นที่ของสหรัฐ สิ่งเหล่านี้อาจเป็นประเด็นท้าทายต่อการเกิดขึ้นของการตอบสนองของนโยบายสาธารณะสำหรับการเตรียมพร้อมและรับมือกับภัยแล้งในอนาคต (Folger and Cody, 2015)

2.5.1.4 ภัยแล้งในทวีปออสเตรเลีย

ออสเตรเลียถูกจัดเป็นทวีปที่แห้งแล้งที่สุดทวีปหนึ่งซึ่งเผชิญกับความแห้งแล้งอยู่บ่อยครั้ง โดยมีภัยแล้งครั้งใหญ่ซึ่งนับได้จำนวน 12 ครั้งที่บ้านทีกไว์ในออสเตรเลียตั้งแต่ปี ค.ศ.

1860 เป็นต้นมาแต่เหตุการณ์เลวร้ายที่สุดเพิ่งเริ่มเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1895 - ปี ค.ศ. 1903, ปี ค.ศ. 1963 - ปี ค.ศ.1968, ปี ค.ศ. 1982 - ปี ค.ศ. 1983 และ ปี ค.ศ. 2002 - ปี ค.ศ. 2003 เป็นต้น ภัยแล้งครั้งยิ่งใหญ่เมื่อปี ค.ศ. 2002- ปี ค.ศ. 2003 ได้ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชและสัตว์ รวมทั้งผลผลิตทางการเกษตร (ภัยแล้งครั้งที่ 4) ต่อมาภัยแล้งครั้งที่ 3 เกิดขึ้นในนิวเซาท์เวลส์ของรัฐควีนส์แลนด์ เหตุการณ์ในครั้งนี้มี ความรุนแรงกว่าที่เคยเกิดมาในรอบ 10 ปีทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำอย่างมหาดศาลในเขตอ่าวทอง (Gold Coasts) เชื้อนเพื่อการชลประทานทางเกษตรได้เริ่มมีการลดระดับของปริมาณน้ำและอ่างเก็บน้ำก็เริ่มแห้งขอดตามมา (Jacaranda, 2004)

ภัยแล้งปรากฏในเขตที่มีประชาชนผู้ต้องการน้ำใช้แต่จำนวนของประชาชนไม่มีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำที่มีอยู่ อีกทั้งเกิดภาวะฝนแล้งและฝนทิ้งช่วงยาวนานเป็นปี ประสิทธิภาพของฝนตกในเขตพิเศษจึงเกิดความน่าวิตกกังวลและรุนแรง โดยเฉพาะเมื่อไม่มีฝนเป็นเวลา 3 เดือนหรือมากกว่านั้น มีฝนตกในบางพื้นที่ต่ำกว่าร้อยละ 5 -10 ของพื้นที่จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่กักเก็บไว้ในแต่ละปี ภัยแล้งได้ทำลายสภาพภูมิทัศน์ เศรษฐกิจ และสภาพชีวิตของคนที่ย้ายในชนบท ภัยแล้งในออสเตรเลียได้สร้างผลกระทบอย่างเช่น ผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย ซึ่งหมายถึงการสูญเสียรายได้ของเกษตรกรทำให้ราคาสินค้าสูงขึ้นตาม สิ่งมีชีวิตตายจากการขาดแคลนน้ำและความหิวโหย เกษตรกรต้องเตรียมยืมเงินสำรองเพื่อใช้ซื้อวัตถุดิบในการเลี้ยงสัตว์เพื่อการอยู่รอดและต้องขนส่งน้ำมาจากต่างประเทศ อีกทั้งยังมีการย้ายถิ่นฐานไปจากเมืองและขายกิจการ นอกจากนี้ยังสูญเสียการสร้างกำไรจากธุรกิจขนาดเล็กและชุมชนท้องถิ่นต้องเสียฐานลูกค้าไป (Jacaranda, 2004)

ภัยแล้งยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียต่อพืชผลและการกัดกร่อนของผิวดิน แหล่งกักเก็บน้ำและเชื้อนเกิดความแห้งแล้ง ประกอบกับคุณภาพน้ำลดลง และโรคระบาดจากการแพร่กระจายของสารพิษ รวมทั้งเกิดไฟป่าและพายุฝุ่นในอากาศ ภัยแล้งมักมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยส่วนใหญ่ภัยแล้งในออสเตรเลียเกิดจากสภาพทางปรากฏการณ์ที่นักอุตุนิยมวิทยาเรียกว่า ปรากฏการณ์เอลนีโญ โดยปกติแต่ละพื้นที่จะมีน้ำพื้นผิวที่ร้อนเคลื่อนตัวผ่านมหาสมุทรแปซิฟิกมายังออสเตรเลีย ปาปัวนิวกินี และอินโดนีเซีย ในอีกด้านหนึ่งของมหาสมุทรคือทวีปอเมริกาใต้จะเผชิญกับภัยแล้ง เมื่อมีปรากฏการณ์ลมทะเลและพื้นผิวของมหาสมุทรจะย้อนกลับเข้าสู่ทางตรงกันข้าม สภาพอากาศที่ร้อนจะถูกพัดไปยังอเมริกาใต้ ลักษณะการวนกลับของกระแสลมพายุจะมีผลทำให้เกิดฝนตกในอเมริกาใต้และเกิดฝนแล้งในออสเตรเลีย (Jacaranda, 2004)

2.5.1.5 ภัยแล้งในทวีปเอเชีย

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ได้รับผลกระทบอย่างใหญ่หลวงจากภัยแล้ง ประเทศจีนทางตะวันออกเฉียงใต้และตอนเหนือ มักพบกับภัยแล้งเป็นประจำและมีช่วงระยะเวลายาวนาน ภัยแล้ง

ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของทวีป ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆตามรูปแบบการสื่อสารทางไกล ได้แก่ ญีปุ่น-แปซิฟิก และเส้นทางสายไหม ในอดีตได้เผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำทะเลในทางตอนเหนือฝั่งตะวันออกเฉียงของมหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดียในระหว่างการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ ในฤดูร้อนทำให้เกิดความผิดปกติของสภาพอากาศที่เรียกว่า ลักษณะแซนวิช (Sandwich Pattern) ระยะเวลาได้เผชิญกับลมมรสุมของมหาสมุทรอินเดียและเป็นการเพิ่มระดับของคลื่นรอสบี้ (Rossby Wave) ไปยังพื้นที่ทางตอนเหนือของทวีปเอเชีย สิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลอย่างมีนัยยะสำคัญต่อปริมาณน้ำฝนทั่วประเทศจีนทางตอนเหนือ อีกทั้งแนวโน้มของภัยแล้งมีการพยากรณ์กันว่าจะเพิ่มความรุนแรงมากขึ้นทั่วทั้งภาคเหนือตอนกลางของประเทศในพื้นที่ของจีน (Zhang and Zhou, 2015)

ในขณะที่ทางตอนทางตะวันตกเฉียงเหนือมีแนวโน้มจะลดระดับความรุนแรงลงจากปี ค.ศ. 1950 จนถึงปัจจุบัน ภัยแล้งที่เพิ่มขึ้นทางตอนเหนือของจีนเป็นผลมาจากความอ่อนแอของลมมรสุมฤดูร้อนที่จะนำพามวลไอน้ำมาจากมหาสมุทรแปซิฟิกขึ้นบนฝั่ง แรงผลักดันของลมร้อนมายังเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มว่าจะอ่อนกำลังลงจากการวิเคราะห์ตัวแบบการพยากรณ์บรรยากาศ ผลการทำนายของการคำนวณชั้นบรรยากาศอันเนื่องมาจากอิทธิพลของปรากฏการณ์เอลนีโญและยังเกี่ยวข้องกับรูปแบบการสื่อสารทางไกลด้วยแบบจำลองผ่านเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ให้ผลการทำนายว่าจะเกิดภัยแล้งเพิ่มขึ้นและทวีความรุนแรงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตามมา (Zhang and Zhou, 2015)

ภัยแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งอยู่ในเขตบริเวณเส้นศูนย์สูตร จัดอยู่ในเขตอบอุ่นและได้รับอิทธิพลทางธรรมชาติจากลมตะวันออกเฉียง ประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ประกอบด้วย พม่า กัมพูชา ลาว ไทย เวียดนาม บรูไน มาเลเซีย ติมอร์ตะวันออก ปาปัวนิวกินี ฟิลิปปินส์ และสิงคโปร์ ในกลุ่มประเทศเหล่านี้มีประชากรกว่า 580 ล้านคนในปี ค.ศ. 2009 (ร้อยละ 8.7) ของประชากรทั้งโลกโดยประเทศอินโดนีเซียมีประชากรมากที่สุดเป็นอันดับ 5 ของโลก ประมาณ 236 ล้านคน เอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูมิภาคแห่งหนึ่งที่มีการเจริญเติบโตเป็นเมืองแห่งหนึ่งของโลก อีกทั้งยังมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียทรัพยากรและผลกระทบต่อระบบนิเวศอันใกล้เคียง จนนำไปสู่ปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและภัยแล้งในภูมิภาคเหล่านี้ โดยพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4-1.3 องศาเซลเซียสในปี ค.ศ. 2030 และ 0.9-4.0 องศาเซลเซียสในปี ค.ศ. 2070 ในขณะที่ปริมาณน้ำในฤดูฝนมีแนวโน้มลดลง คือ ต่ำกว่าร้อยละ 10 ในปีค.ศ. 2030 และต่ำกว่าร้อยละ 20-30 ในปีค.ศ. 2070 ในขณะที่ระดับน้ำทะเลจะเพิ่มสูงขึ้นราว 3-16 เซนติเมตรในปี ค.ศ. 2030 และ 7-50 เซนติเมตรในปี ค.ศ. 2070 (Yusuf and Francisco, 2009)

กลุ่มประเทศที่ว่านี้คือ ฟิลิปปินส์ เวียดนาม กัมพูชา ลาว ไทย และอินโดนีเซีย จะถูกจัดเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศโลกที่เรียกว่า ฮอทสปอต (Hotspots) (Yusuf and Francisco, 2009) และกระแสน้ำในแม่น้ำโขงจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0-105 ล้านลูกบาศก์เมตร (Arnell, 2004: 31-52) ภัยแล้งและน้ำท่วมจะเป็นปัญหาหลักในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนในภูมิภาคเหล่านี้ หากจะกล่าวถึงภัยแล้งจะพบว่ามีความหลากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณของน้ำฝนที่ต่ำกว่าปกติตั้งแต่เดือนสิงหาคม โดยจะเริ่มลดระดับลงกลายเป็นฤดูแล้งและกลายเป็นฤดูแล้งที่แล้งกว่าปกติ ซึ่งสวนทางกับความต้องการน้ำดื่มและน้ำด้านการชลประทาน ภัยแล้งได้สร้างผลกระทบต่อเกษตรกร การขาดแคลนอาหาร การเข้าถึงน้ำสะอาด การผลิตพลังงาน การคมนาคมทางน้ำ การท่องเที่ยวและนันทนาการ ป่าไม้และสัตว์ป่า สุขภาพของมนุษย์และการพัฒนาเศรษฐกิจของผู้คนที่ยากจน โดยเฉพาะกลุ่มชาวนาจะมีความยากลำบากต่อการเพาะปลูกเนื่องจากปริมาณน้ำมีน้อยลง กลุ่มคนเหล่านี้จะต้องมองหาใหม่และเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตจากระบบการเกษตรที่ถูกทำลายลงจากภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Polpanich, 2010)

ผลกระทบของภัยแล้งในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เราจะพบว่า ไทย เวียดนาม พม่า กัมพูชา ลาว และบางส่วนของเกาะอินโดนีเซีย ได้รับความเสียหายอย่างมหาศาลในปี ค.ศ. 2004 จนถึงปัจจุบัน พืชแห้งแล้งและการหวนของน้ำเค็มเป็นสิ่งที่ประเทศไทยกำลังเผชิญ พื้นที่ทางการเกษตรเกิดความเสียหายกว่า 809,000 ไร่ นับเป็นเงินกว่า 193.2 ล้านเหรียญสหรัฐ ในบริเวณแม่น้ำโขงจะสูญเสียรายได้จากการท่องเที่ยวทางเรือกว่า 4.29 ล้านเหรียญสหรัฐ ในขณะที่เวียดนามจะสูญเสียรายได้จากพืชการเกษตร 60 ล้านเหรียญสหรัฐ ผู้คนจำนวน 1.3 ล้านคนไม่สามารถเข้าถึงน้ำสะอาด ในทำนองเดียวกันกัมพูชาจะได้รับผลกระทบจากการขาดแคลนอาหาร อินโดนีเซียและมาเลเซียจะมีศักยภาพในการผลิตน้ำมันปาล์มลดลง 1 ล้านตัน ในขณะที่ประเทศไทยและเวียดนามจะลดการผลิตข้าวลงเช่นเดียวกัน (Polpanich, 2010)

อย่างไรก็ตาม Polpanich (2010) อธิบายว่าภัยแล้งมีคุณลักษณะเฉพาะไม่เหมือนกับภัยทางธรรมชาติประเภทอื่นดังเช่น แผ่นดินไหว น้ำท่วม พายุไต้ฝุ่น สึนามิ เฮอร์ริเคน ดินถล่ม และอื่นๆ กล่าวคือ ภัยแล้งจะมีแนวโน้มการเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และไม่เป็นที่สังเกตหรือมองเห็นได้ ช่วงเวลาของภัยแล้งจะดำเนินเป็นระยะเวลายาวนานในลักษณะที่ค่อยๆเกิดขึ้น ซึ่งทำให้ผลกระทบของปัญหามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น นั่นจึงเป็นเหตุทำให้ภัยแล้งต้องได้รับการประเมินบ่อยครั้ง เนื่องจากมีการทำลายที่เกิดขึ้นในระดับต่ำและยังมีผลกระทบที่มองเห็นได้จากมนุษย์น้อย แม้ว่าจะมีการพัฒนารูปแบบการคำนวณและทำนายผลของภัยพิบัติแต่ยังไม่สามารถสำรวจด้วยตาหรือข้อมูลพื้นฐานในช่วงเวลาอันสั้นได้ กว่าจะมีเหตุผลหรือหลักฐานสนับสนุนเพียงพอก็สายเกินไปแล้ว

2.5.1.6 ภัยแล้งในประเทศไทย

สภาพภัยแล้งหรือฝนแล้งจัดเกิดขึ้นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510-2541 เป็นระยะๆ โดยปรากฏในรายงานของสถาบันทรัพยากรโลก (World Resources Institute, 1998 quoted in Piampajjai and Tancho, 2558: 57) พบว่าปริมาณน้ำที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยทั่วภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าต่อจำนวนประชากรของไทยเท่ากับ 3,442 ลบ.ม. ต่อคนต่อปี ผลผลิตข้าวมีผลกระทบมากที่สุดสำหรับประเทศไทยในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้เกษตรกรเกิดภาวะความยากจนทุกหัวระแหงมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ที่จังหวัดชุมพรกระจายตัวขึ้นไปเป็นวงกว้าง และในปี พ.ศ. 2511 เกิดขึ้นที่จังหวัดพิษณุโลกมาจนถึงภาคกลางทั้งหมด และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2522 มีรายงานว่าเกิดฝนทิ้งช่วงระหว่างฤดูฝนยาวนานผิดปกติ ทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ภาคเหนือเป็นวงกว้างกว่า 1.3 ล้านไร่ ภาคอีสาน 8.5 ล้านไร่ ภาคกลาง 2.6 ล้านไร่ ภาคกลางและภาคตะวันออก 2.6 ล้านไร่ ในปีต่อมาสำนักเลขาธิการป้องกันภัยพลเรือนกระทรวงมหาดไทยรายงานพื้นที่กว่า 41 แห่งที่ประสบภาวะฝนทิ้งช่วงเป็นระยะตลอดฤดูฝน (Piampajjai and Tancho, 2558: 57-58)

แต่เป็นที่น่าแปลกว่าในปี พ.ศ. 2533 พบว่าภัยแล้งเกิดขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคใต้ซึ่งเป็นบริเวณที่มีฝนตกชุกประจำ อย่างไรก็ตามในปีต่อมาจนถึงปี พ.ศ. 2536 พบปริมาณฝนทิ้งช่วงตอนปลายหน้าแล้งและก่อนเริ่มเข้าสู่ฤดูฝนในพื้นที่ทั่วประเทศยกเว้นภาคใต้ เช่นเดียวกันในปี พ.ศ. 2539 พื้นที่เกษตรกรรมครอบคลุมพื้นที่ 50 จังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง (มัญญู ศรีขจร และอรุณพงษ์ กาญจนะ, 2540: 1-5) อีกทั้งพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทานได้รับผลกระทบจากปริมาณน้ำเหนือเขื่อนและอ่างเก็บน้ำไม่เพียงพอต่อการทำเกษตรกรรม ในปี พ.ศ. 2537 ภัยแล้งได้สร้างความเสียหายทางเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยากว่า 2,973 ล้านบาท (มนยศ วรธนะ, 2538: 1-2) ตามมาด้วยภัยแล้งปี พ.ศ. 2541 ประเทศไทยได้สูญเสียเม็ดเงินจากภัยแล้งเป็นเงินกว่า 8,900 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2541) นอกจากความเสียหายทางการเงินแล้วยังก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อมนุษย์ตั้งแต่ระดับบุคคล ครัวเรือน ชุมชน ตลอดจนถึงประเทศในเวลาเดียวกัน (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2542)

ปัจจุบันภัยแล้งที่รุนแรงที่สุดในรอบ 50 ปีถูกทำนายว่าจะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2559 ในประเทศไทยระดับน้ำจากเขื่อนหลักอยู่ในระดับต่ำมาตลอดเวลาดังแต่ปี พ.ศ. 2537 (Banks, 2016) อุตสาหกรรมหลายประเภทได้รับผลกระทบจากวิกฤติภัยแล้ง น้ำอาจมีความเสี่ยงในหลายๆ จังหวัดไปจนถึงเดือนมิถุนายนก่อนที่จะเข้าสู่ฤดูฝนต่อไป หน่วยงานภาครัฐในจังหวัดชลบุรีได้ออกประกาศแก่ประชาชนเรื่องน้ำสำหรับใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภคทุกเช้าและเย็น นอกจากนี้กรมชลประทานยังเปิดเผยว่ายังมีปริมาณน้ำเหลือเพียงพอไปจนถึงปลายเดือนกรกฎาคมนี้

(BangkokPost, 2016) ประชาชนต้องใช้น้ำอย่างประหยัดและชวานาควรรหลีกเลี่ยงการปลูกข้าวนอกฤดูฝน หรือข้าวนาปรัง หน่วยงานภาครัฐได้แนะนำให้ประชาชนหลีกเลี่ยงการเล่นน้ำในเทศกาลสงกรานต์แม้ว่าอาจเป็นเรื่องที่บังคับใช้ได้ยาก (Asian Correspondent Stuff, 2016) ประเทศไทยควรพิจารณาแผนการรับมือในระยะยาวต่อสถานการณ์เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับความเลวร้ายที่จะเกิดขึ้นหลังจากนี้ไป

วิกฤติน้ำของประเทศไทยมีสาเหตุมาจากระดับน้ำที่แห้งขอดอย่างรุนแรงในสภาพความแห้งแล้งจากปรากฏการณ์เอลนีโญ ผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นอย่างเช่น ความร้อนสูงขึ้น (สูงสุดเป็นประวัติการณ์ถึง 44 องศาเซลเซียส) สภาพที่แห้งแล้งขึ้น และพายุไต้ฝุ่นฤดูร้อนที่รุนแรงกว่าเดิม เป็นต้น ภัยแล้งที่เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกทำให้มีฝนตกช้า หลังจากภัยแล้งเกิดขึ้นจากปรากฏการณ์เอลนีโญแล้ว จะเข้าสู่ปรากฏการณ์ลานีญาซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปกติจนนำไปสู่ปัญหาที่เรียกว่า น้ำท่วม จากการรายงานของสำนักงานประสานงานด้านกิจการมนุษยชนแห่งสหประชาชาติระบุว่า ผลกระทบหลักด้านความมั่นคงของมนุษย์เกิดขึ้นในหลายประเด็นเช่น แหล่งปลา ภัยแล้ง และไฟป่าในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Cochrane, 2016)

ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำหลักแสดงให้เห็นว่าระดับน้ำของเขื่อนภูมิพลมีความจุเพียงร้อยละ 34 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาปกติ ตามมาด้วยเขื่อนสิริกิติ์มีความจุน้ำร้อยละ 44 เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์มีปริมาณร้อยละ 38 และเขื่อนวชิราลงกรณ์มีปริมาณน้ำเหนือเขื่อนร้อยละ 57 โดยภาพรวมระดับน้ำเหนือเขื่อนยังคงเป็นที่น่ากังวล เนื่องจากต้องมีการผันน้ำไปยังหลายพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน), 2559) รัฐบาลต้องทุ่มเทงบประมาณกว่า 11.5 ล้านบาทตั้งแต่เดือนตุลาคมปีค.ศ. 2558 เพื่อช่วยเหลือผู้ที่ประสบภัยแล้ง (ASEANTODAY, 2016) ในหลายพื้นที่ต้องมีการสูบน้ำบาดาลมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาในระยะสั้น อีกทั้งงบประมาณกว่า 84 ล้านบาทต้องถูกใช้เพื่อขุดลอกลำน้ำเจ้าพระยาและลำน้ำท่าจีน (Aljazeera, 2016) นอกจากนี้ยังมีการสร้างบ่อน้ำกว่า 4,300 แห่งโดยทันทีด้วยงบประมาณกว่า 96 ล้านบาท (Thaiturapaisan, 2015) และให้หน่วยงานที่รับผิดชอบคอยกำกับติดตามความต้องการน้ำและคุณภาพน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการทุกพื้นที่

เช่นเดียวกับกับภาคอุตสาหกรรมในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะไม่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งยกเว้นเพียง 2 จังหวัดเช่น ชลบุรี และฉะเชิงเทรา ที่ต้องคอยติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด แผนการรับมือได้มีการวางแผนว่าจะมีการผันน้ำปริมาณ 87 ลบ.ม. จากอ่างเก็บน้ำประแส ไปยังอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ซึ่งจะถูกกระจายไปยังพื้นที่อุตสาหกรรมและแหล่งที่

อยู่อาศัยของประชาชนเพื่ออุปโภคและบริโภคในจังหวัดระยองและชลบุรี นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างทางขนส่งน้ำประปาสะอาด 2 เส้นทางจากหนองปลาเฒ่าและหนองโค เพื่อสนับสนุนแหล่งน้ำของอ่างเก็บน้ำหนองปลาเฒ่าในจังหวัดระยองภายในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 ในส่วนของจังหวัดฉะเชิงเทรามีความต้องการน้ำประมาณ 7 ลบ.ม. ในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากระดับน้ำในลุ่มน้ำป่าสักมีระดับต่ำทำให้ต้องส่งน้ำจำนวน 2.5 ลบ.ม. และอีกกว่า 4.5 ลบ.ม. จากแหล่งน้ำอื่นๆมาหมุนเสริม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559)

สำหรับกรุงเทพมหานครและอยุธยา มีแผนการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรม เช่น การอุปโภคและบริโภคพื้นฐานจำนวน 2,173 ลบ.ม. เกษตรกรรมจำนวน 3,564 ลบ.ม. อุตสาหกรรมจำนวน 196 ลบ.ม. โดยใช้น้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาจำนวน 3,200 ลบ.ม. เชื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์จำนวน 2,700 ลบ.ม. เชื่อนแควน้อยบำรุงแดน 200 ลบ.ม. และเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์จำนวน 300 ลบ.ม. (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) แผนการรับมือในระยะยาวมุ่งให้ความสนใจไปยังภาคอุตสาหกรรมโดยนำระบบการรีไซเคิลน้ำไปปฏิบัติสำหรับการจัดการน้ำและความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หากแต่ยังมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณน้ำฝนอาจตกเข้าไปจนถึงช่วงฤดูฝนของปี พ.ศ. 2559 ตามที่กรมอุตุนิยมวิทยาประกาศว่า ไม่ได้มีเพียงแค่ปรากฏการณ์เอลนีโญที่มีผลต่อประเทศไทยเท่านั้น หากแต่เกิดขึ้นทั่วโลก ดังนั้นแผนการแก้ไขปัญหาในระยะยาวต้องมีการกำกับ ติดตาม และดูแลอย่างใกล้ชิดเป็นประจำทุกๆปี (InterRisk Asia, 2016)

การแก้ไขปัญหาในระยะยาว คณะกรรมการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ (กนช.) ได้จัดทำนโยบายและจัดสรรทรัพยากรน้ำระหว่างปี พ.ศ. 2558-2569 โดยเน้นการจัดการน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภค การวางระบบน้ำประปาเพื่อให้หมู่บ้านในประเทศไทยมีน้ำใช้อย่างเพียงพอจนถึงปี พ.ศ. 2560 ด้านความมั่นคงของน้ำการผลิตซึ่งต้องมีการพัฒนาแหล่งน้ำในเขตชลประทาน ตลอดจนการอนุรักษ์และฟื้นฟู พัฒนาแหล่งน้ำนอกเขตชลประทาน เช่น การขุดสระน้ำในไร่นา การพัฒนาแหล่งน้ำชุมชน การขุดเจาะน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร อีกทั้งยังต้องมีการบูรณาการแผนงานเพื่อการจัดการปัญหาน้ำท่วม โดยการขุดลอกลำน้ำสายหลักและสาขา เพื่อป้องกันน้ำท่วมชุมชนเมือง การผันน้ำเลี้ยงชุมชน การสร้างแก้มลิงในพื้นที่ราบลุ่ม การบำบัดคุณภาพน้ำเสีย ตลอดจนจนถึงการผลักดันน้ำเค็มและการฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรม (สำนักโฆษก สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี, 2559: 5)

ในขณะที่สถานการณ์ภัยแล้งในจังหวัดลำปาง เกิดจากปริมาณฝนที่ตกน้อยกว่าเกณฑ์ที่ประเมินไว้ ทำให้น้ำฝนที่ไหลเข้าเขื่อนมีปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์ อีกทั้งต้องระบายน้ำออกจากเขื่อนมากกว่าแผนที่วางไว้เพื่อเสริมปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาน้อยกว่าปกติ ผลลัพธ์คือปริมาณน้ำเหนือเขื่อนมีปริมาณน้อยกว่าปีที่ผ่านมา เช่น ปี พ.ศ. 2557 ระดับน้ำของเขื่อนกิ่วลมมีความจุน้ำ 50

ลบ.ม. แต่ปี พ.ศ. 2558 ลดลงเหลือเพียง 34 ลบ.ม. ในขณะที่เขื่อนก๊วกคองหามีความจุน้ำ 75 ลบ.ม. ต่อมาลดลงเหลือเพียง 22 ลบ.ม. ทำให้ต้องมีการร่วมกันบริหารจัดการน้ำในอ่างเก็บน้ำให้มิใช้อย่างยั่งยืน โดยการจัดสรรน้ำให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้มีใช้อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมผ่านการพึ่งพาน้ำฝนเป็นหลักและน้ำหนุ่นเสริมจากชลประทานเมื่อฝนทิ้งช่วง ได้แก่ การอุปโภค บริโภค การประปา การรักษาระบบนิเวศ เกษตรกรรมและอุตสาหกรรม เป็นต้น (สำนักงานเกษตร และสหกรณ์จังหวัดลำปาง, 2558)

จากการทบทวนวรรณกรรมผ่านตำรา หนังสือ บทความวิชาการ บทความวิจัย เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ตลอดจนถึงสำนักข่าวทั้งในและต่างประเทศสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบเพื่อคัดสรรตัวแปรหรือปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการเกิดภัยแล้ง โดยพบว่าปริมาณน้ำฝน เป็นสาเหตุหลักที่สำคัญมากที่สุดและถูกจัดเป็นปัจจัยสำคัญประการแรกในการพิจารณาสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้ง นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วยอย่างเช่น พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ลักษณะของเนื้อดินและการระบายน้ำของดิน เป็นต้น เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับศักยภาพของพื้นที่โดยตรง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาร่วมด้วย เช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่นั้น นั้นหมายความว่าถ้าหากพื้นที่แห่งนั้นมีปริมาณการใช้น้ำในปริมาณสูง และยังสวนทางกับปริมาณน้ำที่มีอยู่จะเกิดความเสี่ยงภัยแล้งด้วยเช่นเดียวกัน

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.2.1 ความเป็นมาของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ประวัติศาสตร์ของมนุษย์ได้ประดิษฐ์แผนที่ขึ้นโดยการใช้การวาดลายเส้น เติมสัญลักษณ์ และคำอธิบายลงบนผ้าหรือกระดาษ โดยใช้ในยุคแรกๆที่เริ่มมีการเดินทางสำรวจหรือการคมนาคม ในแผนที่จะมีการกำหนดทิศเหนือเป็นทิศหลักเสมอ ในขณะที่มาตรฐานใช้หลักของการเดินนับก้าวซึ่งเป็นวิทยาการในยุคอดีต แล้วจึงนำขนาดของพื้นที่จริงมาลดทอนเป็นพื้นที่ขนาดเล็กลงบนกระดาษหรือผ้า อย่างไรก็ตามปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดทำแผนที่ในยุคนี้คือการทำสำเนาแผนที่ต้นฉบับหรือการคัดลอกซึ่งสามารถทำได้เพียงการนำต้นฉบับมาวางทับแล้วทำการคัดลอกลาย ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะทำให้เส้นทางมีความผิดเพี้ยนไปจากต้นฉบับ ทั้งนี้การจะจัดทำแผนที่แบบฉบับคัดลอกที่มีความใกล้เคียงกับต้นฉบับได้นั้นต้องอาศัยความสามารถเฉพาะของบุคคลที่มีความชำนาญมาก ตลอดจนถึงวัสดุที่นำมาใช้ และการหดตัวของกระดาษจากความชื้น นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนแก้ไขข้อมูลตัวอักษร สัญลักษณ์ และคำอธิบายต่างๆยังทำได้ยากมาก เนื่องจากหากมีการแก้ไขอาจทำให้แผนที่เกิดการชำรุดได้ง่ายขึ้น (TYDC, 1987: 1)

ต่อมาเทคนิควิทยาการทางวิทยาศาสตร์ได้มีความรุ่งเรืองขึ้น ทำให้นักประดิษฐ์ได้คิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำแผนที่ขึ้น โดยนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิตแผนที่ที่มีความรวดเร็วแม่นยำมากขึ้น เช่น เครื่องอัดสำเนาเอกสาร เป็นต้น ในยุคนี้เครื่องอัดสำเนาเอกสารได้มีบทบาทสำคัญมากกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เสียอีก ผู้จัดทำแผนที่อาจไม่จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญเรื่องแผนที่ แต่เป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องอัดสำเนามากกว่า โดยหลักวิธีคือ การนำแผ่นใสซึ่งมีลายเส้นของแผนที่ และมีการแบ่งชั้นที่ข้อมูลออกจากกันเพื่อแก้ไขข้อมูล ทั้งลายเส้น สัญลักษณ์ สี และตัวอักษรเป็นต้น ตัวอย่างเช่น การทำแผนที่ชุมชน จะต้องมีการจัดทำแผนที่ขอบเขตการปกครองของชุมชน 1 ฉบับ แผนที่เส้นทางการคมนาคม 1 ฉบับ แผนที่แหล่งน้ำ 1 ฉบับ แผนที่การตั้งถิ่นฐาน 1 ฉบับ และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 1 ฉบับ โดยแผนที่ทุกฉบับต้องได้รับการตรึงด้วยหมุดเพื่อให้ทับกันแบบแนบสนิทมากที่สุด แล้วจึงทำการอัดสำเนาลงบนกระดาษ (TYDC, 1987: 2-3)

หลังจากนั้นมาไม่นานความยุ่งยากของการใช้แผ่นใสและความคลาดเคลื่อนของการตรึงหมุดไม่เท่ากัน ทำให้มีความพยายามนำเอาเทคโนโลยีมาใช้เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว เทคโนโลยีที่เวลานั้นคือ คอมพิวเตอร์ ที่ช่วยให้มนุษย์ได้ทำงานสะดวก รวดเร็ว แม่นยำ ประหยัดเวลา สามารถทำซ้ำๆ ได้โดยไม่เกิดความเบื่อหน่ายเหมือนมนุษย์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) จึงได้รับการพัฒนาขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1960 (TYDC, 1987: 4-5) เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์นั้นสามารถสร้างพื้นที่ในการจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ และปรับเปลี่ยนไปเป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้สะดวกขึ้น ในการผลิตแผนที่นั้นต้องการความถูกต้อง แม่นยำและสามารถนำแผนที่ไปใช้ในการตอบคำถามของมนุษย์ได้ อย่างไรก็ตามการใช้คอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้นั้นต้องอาศัยทักษะในการฝึกฝนเพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญเป็นอย่างดีเพื่อให้เกิดแผนที่ที่มีความสวยงาม นอกจากนี้แล้วแผนที่ต้องมีประโยชน์ในด้านอื่น เช่น การวางแผนการพัฒนาชุมชน การเฝ้าระวังเตือนภัยพิบัติ เป็นต้น ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงต้องได้รับการพัฒนาไปควบคู่กันให้มีประสิทธิภาพสูงสุด (Huxhold, 1995: 1-2)

การพัฒนาด้านเทคโนโลยีได้มีความก้าวกระโดดไปมากทำให้ปัจจุบันจึงเกิดการพัฒนาระบบภูมิสารสนเทศ (Geo Information System) โดยมีองค์ประกอบหลัก 3 ประเภทได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ซึ่งแต่ละประเภทยังมีความแตกต่างกันออกไป เช่น การรับรู้จากระยะไกล ซึ่งเป็นศาสตร์ในการศึกษาข้อมูลพื้นโลกโดยใช้การบันทึกภาพซึ่งติดตั้งบนดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การตรวจวัดการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนขึ้นไปกระทบอุปกรณ์ในการบันทึกภาพ เช่น ข้อมูลภาพจากดาวเทียม และ

ภาพออร์โธรี (สุรณี อิงคากุล, 2548: 68-81) ในขณะที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก จะเป็นการค้นหาพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่นำทางด้วยดาวเทียมโดยใช้คลื่นความถี่สูงทำให้สามารถรับข้อมูลได้ตลอด 24 ชั่วโมง (สุรเพชร จิระขจรกุล, 2549: 12)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของประเทศไทยนั้นเดิมทีเกิดขึ้นมาจากการ การศึกษาการจัดการชั้นคุณภาพลุ่มน้ำโดยมีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ดิน (Land Use) ลักษณะพืชพรรณ (Vegetation Type) ความสูง (Elevation) ความลาดชัน (Slope) ทิศทางลาด (Aspect) ธรณีวิทยา (Geology) และดิน (Soil) กลุ่มข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกจัดประเภทขึ้นเป็นแผนที่ระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ดังนั้นแล้วระบบดังกล่าวจึงเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับแผนที่ก่อนที่จะมีการพัฒนาให้มีความซับซ้อนยิ่งขึ้นในปัจจุบัน ก่อนที่จะมีการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับระบบคอมพิวเตอร์ ได้มีการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำแผนที่ (Map Processing) มาก่อนซึ่งก็คือแผนที่ที่มีลักษณะเป็นการมองบนกระดาษให้เกิดเป็นเส้นแนว จะปรากฏตัวอักษรแสดงชื่อสถานที่ เครื่องหมาย และสัญลักษณ์ต่างๆ ของภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตามหากสังเกตจะพบว่าข้อมูลที่วาดบนแผนที่นั้นคือ ดัชนีพิกัด (Location Index) ซึ่งประกอบไปด้วย ละติจูด (Latitude) และ ลองจิจูด (Longitude) ดังนั้นแล้วการทำแผนที่จึงหมายถึงการแปลงระบบพิกัดร่วมกับสันฐานของวัตถุบนพื้นโลกออกมาเป็นแผนภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาตัวเอง ตลอดจนถึงการแปลงมาตราส่วนของแผนที่ ซึ่งภายหลังปี ค.ศ. 1960 คอมพิวเตอร์จึงได้ถูกนำมาใช้ในการจัดทำแผนที่จนถึงปัจจุบัน (ครรรชิต มาลัยวงศ์, 2529: 60)

2.2.2 ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

TYDAC (1987: 1) ให้คำนิยามว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือ ระบบโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการสร้าง และการวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงสันฐานของพื้นผิววัตถุบนโลก ทั้งแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนผังภูมิประเทศในลักษณะของสิ่งปลูกสร้างจากมนุษย์ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ข้อมูลเหล่านี้สามารถแปลงเป็นรหัสเพื่อนำไปใช้งานในด้านต่างๆได้อย่างหลากหลาย

คณะกรรมการประสานงานภาครัฐ (Federal Interagency Coordinating Committee, 1988: 1) อธิบายว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ (ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์) และวิธีการที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ การจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์ การสร้างแบบจำลอง และการแสดงผลเชิงพื้นที่ เพื่อสร้างเงื่อนไขการวางแผนที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิจัยระบบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental System Research Institute (ESRI), 1992) ให้ความหมายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการใช้ระบบคอมพิวเตอร์

ชุดคำสั่ง ฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ในการออกแบบการบันทึก จัดเก็บ บำรุงรักษา ประมวลผล และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของพิกัดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์

MacDonell and Kemp (1995: 42) ให้คำนิยามระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่าเป็น ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในการบริหารจัดการ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลในลักษณะของแผนที่ หรือข้อมูลเชิงคุณลักษณะเกี่ยวกับภูมิศาสตร์โลก

Burrough and McDonnell (1998: 11) ให้ความหมายว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล อีกทั้งยังนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งบนพื้นโลก

Steinberg and Steinberg (2006: 7) ให้คำจำกัดความระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่า หมายถึง ระบบที่ผ่านการออกแบบขึ้นเพื่อเก็บรวบรวม การจัดการ การวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูล ผ่านแผนที่หรือข้อมูลดิจิทัลเชิงพื้นที่

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ (2538) อธิบายว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณผ่านการเชื่อมโยงกับตำแหน่งบนพื้นโลกเพื่อตอบคำถามว่าวัตถุมีคุณลักษณะอย่างไรมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร และอยู่ ณ ตำแหน่งใด นอกจากนี้จะตอบคำถามข้างต้นแล้วยังสามารถแสดงที่ตั้งเพื่อใช้วางแผน และกำหนดความสัมพันธ์ของทรัพยากรด้วยเช่นกัน ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สะดวก และรวดเร็ว

สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2539: 1-2 อ้างถึงใน มนต์ธิดา ใจสบาย, 2553: 49) เห็นว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบเครื่องมือที่มีความสามารถในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ และผนวกรวมเอาข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลพรรณนาไว้ในฐานข้อมูลโดยฐานข้อมูลเหล่านี้จะสามารถดัดแปลง แก้ไข ประมวลผลและเสนอผลการวิเคราะห์ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลให้เกิดความเข้าใจสภาพปัญหาเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจด้านการวางแผนในการจัดการทรัพยากร

สุรีย์ บุญญาพันธ์ เกริกศักดิ์ บุญญาอนุพงศ์ และรัตน์ธศักดิ์ เพ็งชะตา (2541:1) เสนอว่าระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์หมายถึงระบบละมุนภัณฑ์ (Software) ของคอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพในการจัดสร้างฐานข้อมูลพิกัดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ โดยการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลกายภาพ การบันทึกข้อมูลตลอดจนการดึงข้อมูลมาใช้ประโยชน์ (Data Storage and Retrieval) การจัดการข้อมูล

(Manipulation) การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) และการนำเสนอข้อมูล (Display) ผ่านพิกัดทางภูมิศาสตร์

สรรค์ใจ กลิ่นดาว (2542: 1) อธิบายว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือ การรวมองค์ประกอบของคำ 2 คำระหว่าง ระบบสารสนเทศ (Information System) ซึ่งหมายถึง การปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์เพื่อการรวบรวม จัดเก็บและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ต้องการในระยะเวลาอันสั้น โดยข้อมูลนั้นสามารถนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อการตัดสินใจของผู้บริหารในการทำกิจกรรมใดๆก็ตาม ในขณะที่คำว่า ทางภูมิศาสตร์ (Geographic, Geographical) ซึ่งหมายถึง การเขียนเรื่องราวที่เกี่ยวกับโลก ดังนั้นแล้วจึงสามารถรวมความหมายของสองคำได้ว่า ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการรวบรวม จัดเก็บและวิเคราะห์อย่างรวดเร็วในเรื่องเกี่ยวกับโลก

ศิริ คูอาริยะกุล (2545: 1) เสนอว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นชุดของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โปรแกรมคำสั่ง ฐานข้อมูล และเจ้าหน้าที่บุคลากรที่ทำงานประสานกันโดยการนำเข้า การเก็บ การจัดการ การประมวลผล และการแสดงผลเชิงพื้นที่เพื่อสร้างสารสนเทศในการนำไปใช้เพื่อตัดสินใจ แก้ปัญหา และจัดการเชิงพื้นที่

อานันต์ คำภีระ (2546: 1) ให้ความหมายของระบบสารสนเทศไว้ว่า เป็นเครื่องมือประเภทหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลเหล่านั้นจะถูกนำมาสร้างให้อยู่ในรูปแบบความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงระหว่างกัน ทั้งนี้รูปแบบของข้อมูลขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต่อผู้ใช้งาน

ฐาสตินี พงษ์รูป (2550: 49) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ในการรวบรวมข้อมูล ซึ่งกระจายอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนที่ สถิติ ตาราง และคำบรรยายมาจัดเก็บไว้ให้เป็นหมวดหมู่ในระบบที่อ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ เพื่อสะดวกในการแสดงผลและเรียกค้นข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง ง่ายต่อการประมวลผลเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนหรือแก้ไขปัญหาต่างๆตามความต้องการของผู้ใช้งาน

วิเชียร ฝอยพิกุล (2550: 82) ระบุว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หมายถึง ระบบปฏิบัติการทางเทคโนโลยีอย่างหนึ่งที่มีความสามารถในการจัดการด้านข้อมูล อาทิ การรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บ การวิเคราะห์ การนำเสนอผลการวิเคราะห์ และการประเมินข้อมูลทับซ้อนกันเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆตามความต้องการของผู้ใช้ ผ่านการอ้างอิงลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นหน่วยเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล

จินตนา อมรสงวนสิน (2554: 22) กล่าวว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หมายถึงเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ที่ให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้งานด้านการนำเข้าสู่ข้อมูล การจัดเก็บ การสืบค้น การประมวลผล และการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geographic Data) โดยสามารถจำแนกการใช้งานได้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ผ่านการอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์บนพื้นโลกอย่างแม่นยำ

สุเพชร จิรขจรกุล (2552: 16) ให้ความหมายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความประสิทธิภาพในการจัดสร้างฐานข้อมูลโดยการรวบรวม จัดเก็บ ปรับปรุงให้เหมาะสม และการแสดงผลด้วยการกำกับพิกัดอ้างอิงเชิงภูมิศาสตร์

สิริพร กมลธรรม (2553) ได้พรรณนาเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่าเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลที่มีพิกัดอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นโลก โดยผ่านการผสมผสานการทำงานด้วยวิธีการวิเคราะห์ร่วมกับฐานข้อมูลอ้างอิงเชิงพิกัด ดังนั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หมายถึงระบบการให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีเพื่อดำเนินการเป็นขั้นตอนตั้งแต่การรวบรวม การนำเข้าสู่ข้อมูล การจัดทำฐานข้อมูล การให้คุณสมบัติเพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ การสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ อีกทั้งรายงานผลเพื่อตอบคำถามแก่ผู้ใช้งานได้

2.2.3 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2554: 7) จำแนกองค์ประกอบส่วนหลักของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ออกเป็น 5 ส่วนหลักได้แก่ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) กระบวนการทำงาน (Method) ข้อมูล (Data) และเจ้าหน้าที่ (People) โดยแต่ละส่วนต้องทำงานสอดประสานกันเพื่อให้เกิดความมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.2.3.1 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หมายถึง เครื่องคอมพิวเตอร์ที่หมายรวมถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ อาทิ ดิจิทัลเซออร์ สแกนเนอร์ เครื่องพิมพ์ในการนำเข้าสู่ข้อมูล การประมวลผล การแสดงผลผลิตของการทำงาน (ธีรพงษ์ เหล่าสุวรรณ, 2544: 4) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit หรือ CPU) คือ หน่วยควบคุมในการจัดการของระบบ และหน่วยคำนวณเปรียบเทียบข้อมูล (Arithmetic Logic Unit: ALU) ซึ่งเป็นการคำนวณโดยใช้หลักคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

2) หน่วยจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องขับดิสต์ (Disk Drive Storage Unit) โดยปกติเครื่องขับดิสต์จะมีลักษณะ 2 แบบ ได้แก่ เครื่องขับฮาร์ดดิสต์ (Hard Disk Drive) ซึ่งมีความจุของดิสต์มากกว่า 10 เมกกะไบต์ขึ้นไป และเครื่องขับฟลอปปีดิสต์ (Floppy Disk Drive) ซึ่งมีความจุของดิสต์

ขนาด 5.25 นิ้วมีความจุ 360 กิโลไบต์ หรือ 1.2 เมกกะไบต์ และขนาด 3.5 นิ้วที่มีความจุ 1.44 เมกกะไบต์หรือ 2.88 เมกกะไบต์ เป็นต้น

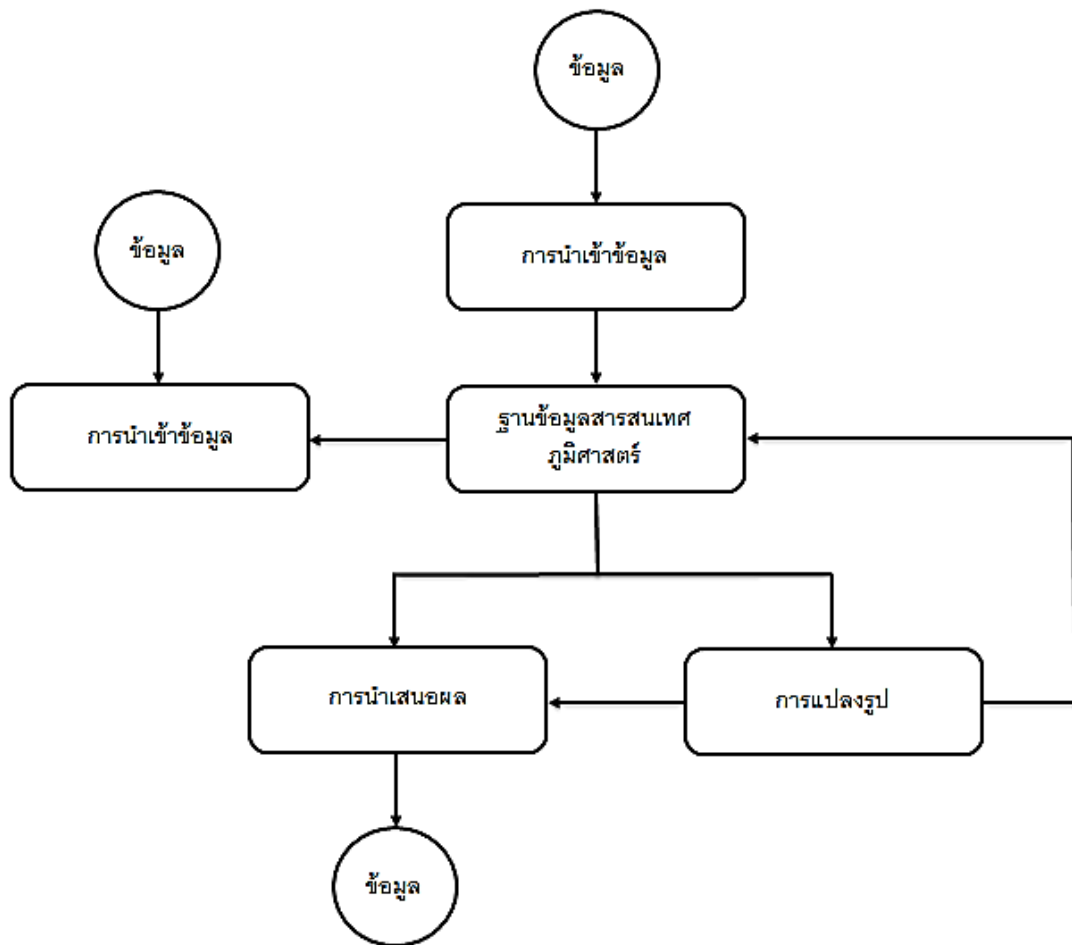
3) เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) คือ ระบบที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อมูลจากแผนที่ให้อยู่ในรูปของดิจิทัล เพื่อส่งไปยังประมวลผลกลางและหน่วยจัดเก็บข้อมูล

4) เครื่องขับเทป (Taps Drive) คือ เครื่องที่มีคุณสมบัติในการเก็บและอ่านข้อมูลจากเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape)

5) เครื่องเขียนรูป (Plotter) และเครื่องพิมพ์ (Printer) คือ เครื่องที่มีความสามารถในการแสดงผลโดยเครื่องเขียนรูปจะแสดงข้อมูลเป็นลายเส้น สำหรับเครื่องพิมพ์จะแสดงข้อมูลเป็นตัวหนังสือ หรือข้อความต่างๆ

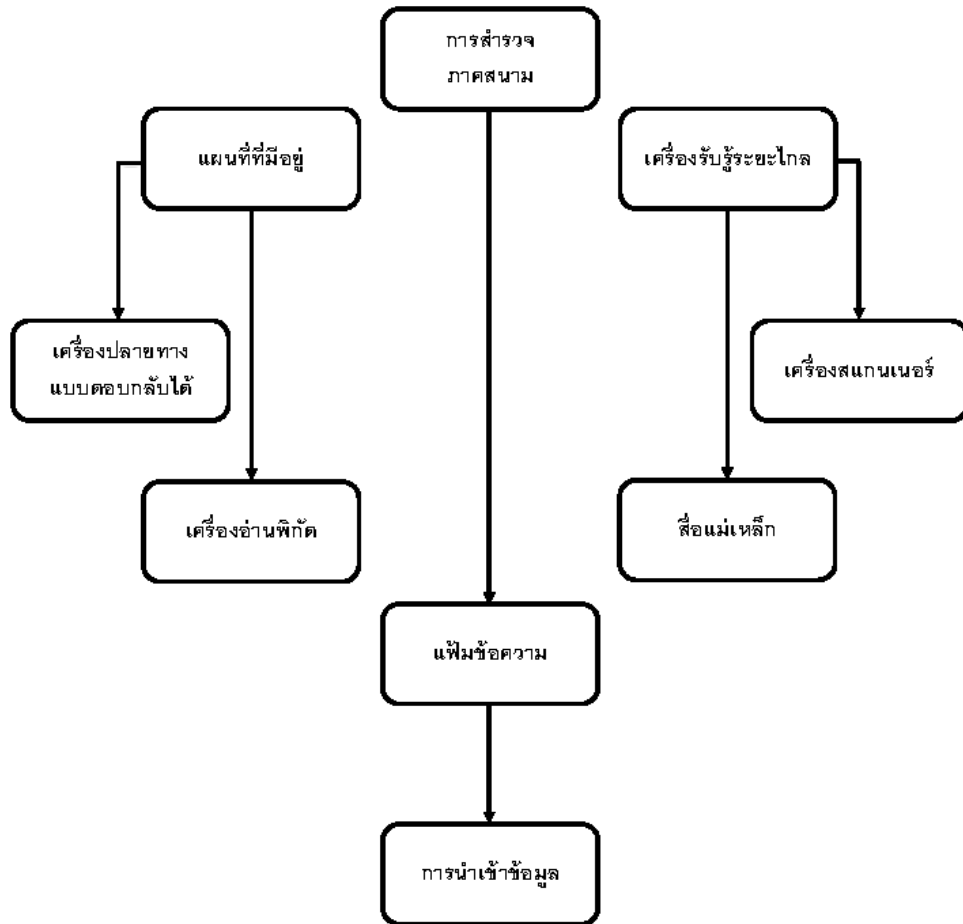
6) หน่วยแสดงผล (Visual Display Unit หรือ Terminal) คือ ส่วนที่ใช้ในการแสดงผลของข้อมูลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งข้อมูลเฉพาะและข้อมูลเชิงพื้นที่

2.2.3.2 โปรแกรม หมายถึง ชุดของคำสั่งสำเร็จรูป อาทิ โปรแกรม Quantum GIS, ArcGIS, ArcView, Arc/info และ MapInfo โปรแกรมเหล่านี้สามารถนำเข้าข้อมูล ปรับเปลี่ยนข้อมูล การจัดการฐานข้อมูล การประมวลผล และการแสดงผลข้อมูล (ธีรพงษ์ เหล่าสุวรรณ, 2544: 5) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



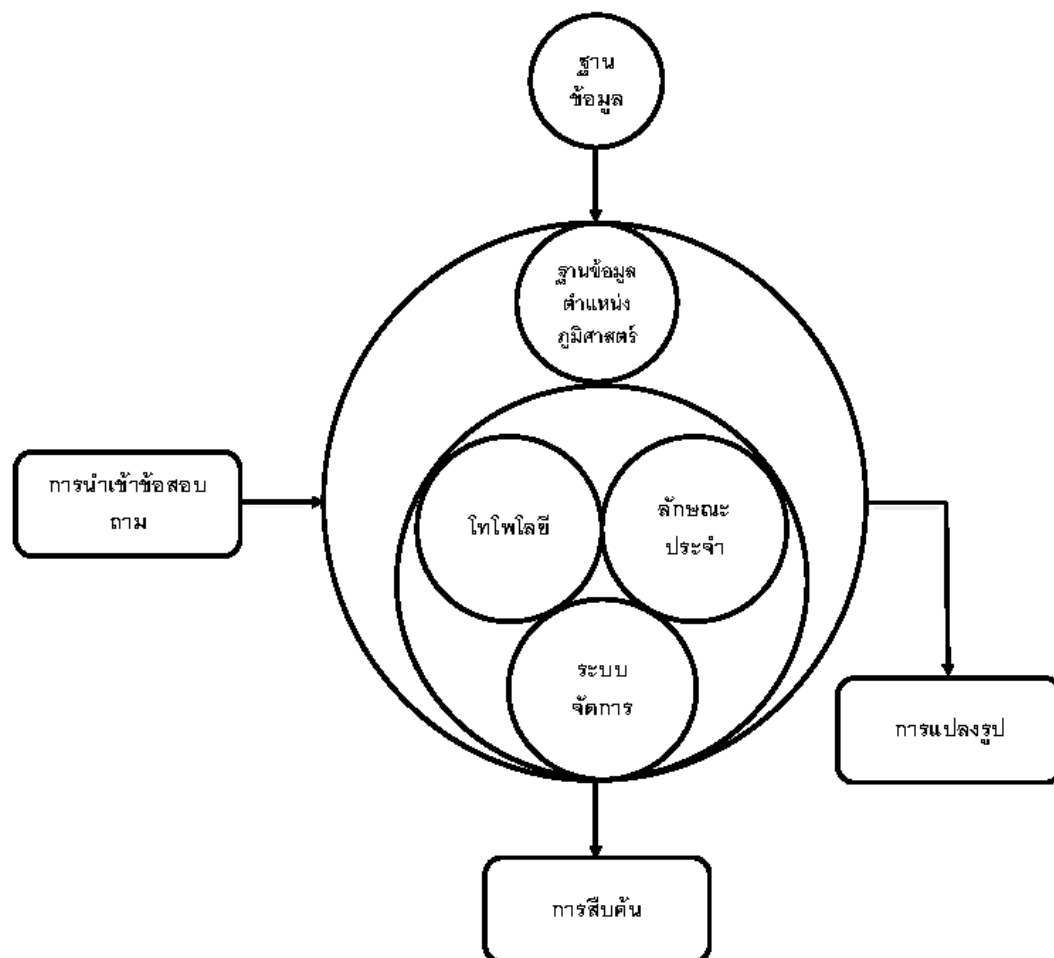
ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบด้านระบบซอฟต์แวร์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
แหล่งที่มา: ดัดแปลงจากธีรพงษ์ เหล่าสุวรรณ (2544: 5)

1) การนำเข้าข้อมูล และการตรวจสอบความถูกต้อง (Data Input and Verification) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงข้อมูลทุกรูปแบบ ซึ่งอาจได้จากแผนที่ การสำรวจภาคสนาม (ภาพถ่ายทางอากาศ ดาวเทียม และเครื่องบันทึก) ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลที่สามารถผสมผสานกันได้กับเครื่องมือคอมพิวเตอร์ เช่น ปลายทางแบบตอบโต้จอภาพ (Terminal) เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) รายการข้อมูลในแฟ้มข้อความเครื่องสแกนเนอร์ (Scanners) ตลอดจนถึงเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลให้อยู่ให้อยู่ในรูปของสื่อแม่เหล็ก (เทปดรัม และจานแม่เหล็ก)



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบการนำเข้าข้อมูลและการตรวจสอบความถูกต้องของระบบสารสนเทศ
 ภูมิศาสตร์
 แหล่งที่มา: อีรพงษ์ เหล่าสุวรรณ (2544: 6)

2) การเก็บข้อมูลและการจัดวางข้อมูล (Data Storage and Database Management) หมายถึง วิธีการที่ใช้กับข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง ความเชื่อมโยง (Topology) และลักษณะประจำต่างๆขององค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ (จุด เส้น และพื้นที่)

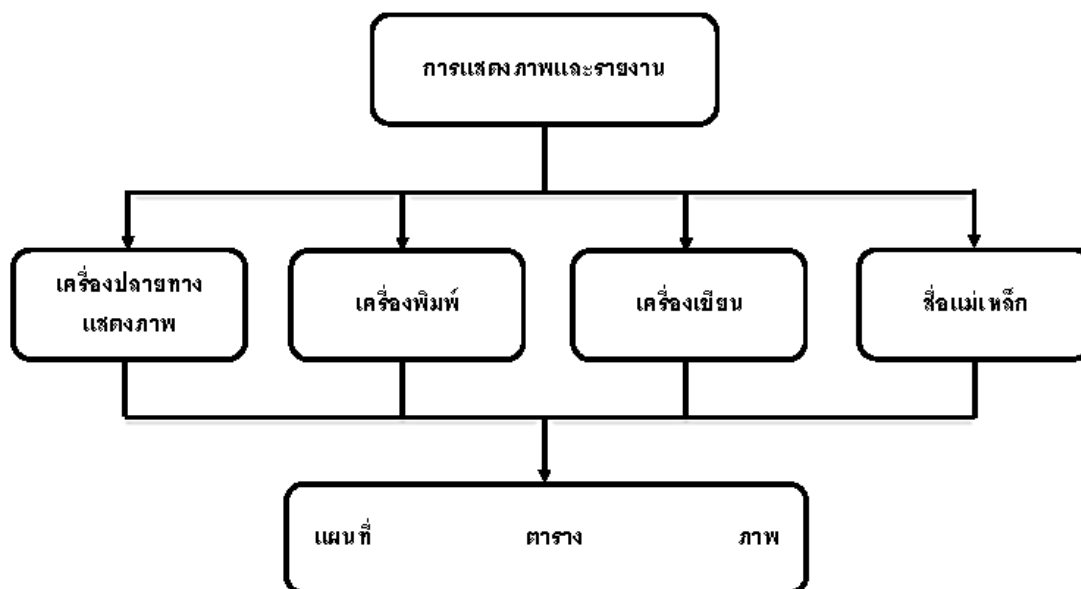


ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูลภูมิศาสตร์

แหล่งที่มา: อีรพงษ์ เหล่าสุวรรณ (2544: 7)

3) การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis) หมายถึง การแปลงข้อมูล บางครั้งเรียกว่า Data Transformation โดยมีวิธีการ 2 แบบ ได้แก่ การแปลงเพื่อลดส่วนที่ผิดพลาดออกจากข้อมูล หรือปรับปรุงให้ทันสมัย และวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลายให้ใช้เพื่อตอบคำถามในเรื่องของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4) การแสดงผลข้อมูลและการนำเสนอ (Data Output and Presentation) หมายถึง การแสดงข้อมูลและรายงานการวิเคราะห์ข้อมูลให้แก่ผู้ใช้ ข้อมูลอาจถูกนำเสนอรูปของแผนที่ ตาราง หรือรูปภาพ ทั้งวิธีการแสดงภาพทางจอมอร์นิเตอร์ เครื่องพิมพ์ หรือเครื่องเขียนบนแผ่นฟิล์มตลอดจนถึงการบันทึกด้วยดิจิทัลบนสื่อแม่เหล็ก



ภาพที่ 2.4 องค์ประกอบการแสดงผลและการนำเสนอ

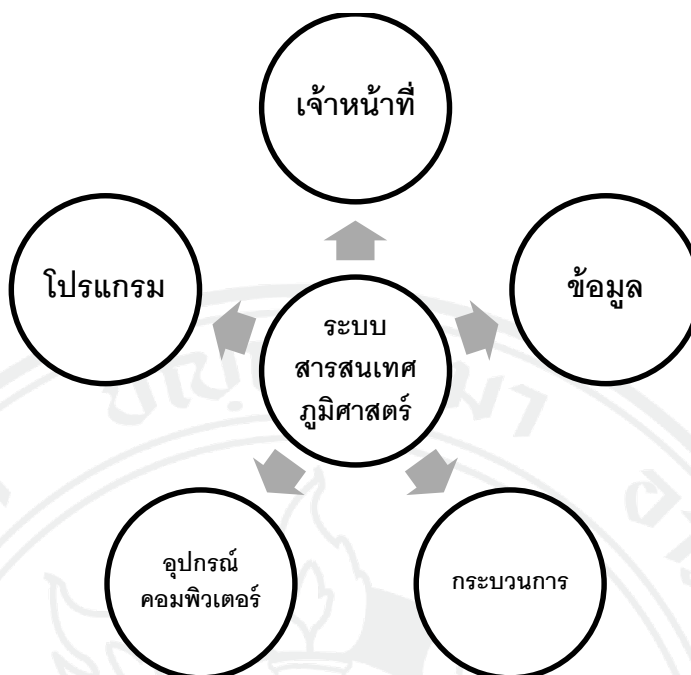
แหล่งที่มา: อีรพงษ์ เหล่าสุวรรณ (2544: 8)

5) การตอบโต้กับผู้ใช้งาน (Interaction with the user) หมายถึง การทำให้ผู้ใช้ยอมรับและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ผ่านระบบโปรแกรมการใช้งานต่างๆ

2.2.3.3 กระบวนการทำงาน หมายถึง ขั้นตอนการทำงานของผู้ใช้ปฏิบัติหน้าที่ซึ่งเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล กระบวนการทำงานของระบบสารสนเทศศาสตร์จะแตกต่างกันออกไปตามความต้องการใช้งานของแต่ละองค์กร ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับหน่วยงานของตนเองมากที่สุด

2.2.3.4 ข้อมูล หมายถึง ข้อมูลต่างๆที่จะใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศศาสตร์และจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล (Database Management System)

2.2.3.5 เจ้าหน้าที่ หมายถึง ผู้ปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวกับระบบสารสนเทศศาสตร์ อาทิ ผู้นำเข้าข้อมูล บุคลากรด้านเทคนิค ผู้ดูแลควบคุมฐานข้อมูล ผู้ชำนาญด้านการวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนจนถึงผู้บริหารที่นำเอาสารสนเทศเหล่านี้ไปใช้เพื่อการตัดสินใจ และประสานงานกันจนเกิดผลลัพธ์ที่เกิดประโยชน์สูงสุด



ภาพที่ 2.5 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

แหล่งที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2554: 8)

2.2.4 ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) โดยมีสาระสำคัญของข้อมูลแต่ละประเภทดังต่อไปนี้ (สุเพชร จิรขจรกุล, 2552: 47-50)

2.2.4.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ปรากฏตำแหน่งอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ (Geo-Referenced) บนพื้นผิวโลกโดยจะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ที่หลากหลาย เช่น รูปแบบจุด (Point Features) รูปแบบเส้น (Linear Features) รูปแบบของพื้นที่ (Area Features)

1) รูปแบบจุด จะมีลักษณะเป็นจุดประจำตำแหน่ง ณ ที่แห่งใดแห่งหนึ่ง ไม่มีขนาดของพื้นที่ และระยะทาง ข้อมูลประเภทจุดจะอาศัยการตั้งฉากของแนวแกน X และ Y และหรือแนวตั้ง (ความสูง) Z โดยสามารถสังเกตขนาดของจุดนั้นๆ ด้วยคำอธิบายสัญลักษณ์ อาทิ ที่ตั้งของสถานีวัดปริมาณน้ำฝน ในขณะที่ค่า Z อาจถูกสร้างมาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน ณ ที่แห่งนั้นก็

2) รูปแบบเส้น จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง เส้นหักมุม เส้นโค้ง ซึ่งประกอบด้วยจุดเริ่มต้น (From Node) และจุดสิ้นสุด (To Node) นอกจากนี้ยังมีจุดเปลี่ยนทิศทาง (Vertices) ที่มี

ลักษณะเป็นการเปลี่ยนมุมการวางตัว ทำให้เกิดเส้นที่อธิบายลักษณะต่างๆ โดยมีความกว้างและความยาว อาทิ ถนน แม่น้ำ เป็นต้น

3) รูปแบบพื้นที่ จะมีลักษณะเป็นขอบเขตของพื้นที่ที่เรียกว่ารูปหลายเหลี่ยมปิด (Polygon) โดยจะมีการรวมกันของจุดโยงกันมากกว่า 4 จุดขึ้นไป โดยที่จุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสิ้นสุดต้องเป็นตำแหน่งเดียวกัน พื้นที่นี้ชนิดสามารถคำนวณขอบเขตของเส้นรอบวงได้

2.2.4.2 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะหรือค่าที่มีขนาดความแปรผันของตำแหน่งแต่ละจุด ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆตามรูปการของข้อมูล คุณลักษณะอาจมีค่าความแปรผันของค่าข้อมูลที่ทำให้การชี้วัดออกมาในรูปของตัวเลข โดยมีระดับการวัด 3 ประเภทดังนี้ (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2550: 14)

1) ระดับกลุ่ม (Nominal Level) เป็นระดับค่าตัวเลขในการจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆแบบหยาบๆ เพื่อใช้ในการแบ่งประเภทข้อมูลเท่านั้น โดยการใช้ตัวเลขหรือสัญลักษณ์แทนการจำแนกประเภทของสิ่งต่างๆ

2) ระดับอันดับ (Ordinal Level) เป็นค่าการจัดลำดับของสิ่งต่างๆที่แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบลักษณะที่เล็กกว่า ใหญ่กว่า หรือเท่ากันเพื่อให้เกิดความสำคัญในการจำแนกข้อมูลให้ลึกซึ้ง

3) ระดับสัดส่วนและช่วงชั้น (Interval-Ratio Level) เป็นค่าตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยว่ามีความแตกต่างกันชัดเจนเพียงใด และให้ความหมายกำกับไว้

2.2.5 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สุระ พัฒนเกียรติ (2546: 40-43) กล่าวถึงโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data Structure) มีข้อจำกัดบางประการที่ไม่สามารถจัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลได้โดยตรง ทั้งนี้ต้องอาศัยการแปลงข้อมูลทำให้เกิดความยุ่งยากซับซ้อน และสิ้นเปลืองเวลา ถึงกระนั้นก็ยังได้มีการพัฒนาโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ขึ้นเฉพาะโดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ โครงสร้างแบบราสเตอร์ (Raster Structure) และโครงสร้างแบบเวกเตอร์ (Vector Structure) ทำให้การทำงานของระบบสารสนเทศมีความคล่องตัวมากขึ้น สาระสำคัญของโครงสร้างข้อมูลในระบบสารสนเทศมีดังนี้

2.2.5.1 โครงสร้างแบบราสเตอร์ เป็นโครงสร้างของข้อมูลที่ประกอบด้วยลักษณะตารางสี่เหลี่ยมกริด (Grid Cell หรือ Pixel) ลักษณะของราสเตอร์จะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดของกริดขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ หรือในบางกรณีอาจขึ้นอยู่กับข้อจำกัด

ของข้อมูล (Resolution) ขนาดความเหมาะสมของพื้นที่เป้าหมาย และระบบการวิเคราะห์ผล โครงสร้างของแต่ละกริดนั้นจะมีลักษณะเรียงตัวกันเป็นแนวนอน (Row) และแนวตั้ง (Column) เพื่อเป็นตัวกำหนดทิศทางและที่ตั้ง ในรูปแบบของข้อมูลแบบจุด กริด 1 กริดจะแทนข้อมูล 1 ข้อมูล ข้อมูล ในขณะที่ข้อมูลแบบเส้น กริดจะถูกลากไปเป็นแนวต่อเนื่องกัน และข้อมูลแบบพื้นที่จะมีการกระจายของกริดในบริเวณรอบๆ

2.2.5.2 โครงสร้างแบบเวกเตอร์ เป็นโครงสร้างของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย จุดเริ่มต้น ขนาด และทิศทางโดยข้อมูลที่มีลักษณะเป็นเส้นและจุดจะถูกนำมาแสดงในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกัน เราเรียกลักษณะประเภทนี้ว่า อาร์ค (Arc) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของข้อมูลเชิงเส้น ปลายของอาร์คที่ประกอบกันขึ้นจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดจะเรียกว่า โพลิกอน (Polygon) รูปแบบของข้อมูลจะถูกอธิบายด้วยการใช้ระบบอ้างอิงพื้นโลก (Coordinate Pairs) ด้วยโครงสร้างของแกน X และ Y

2.2.6 การทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สุระ พัฒนเกียรติ (2546: 40-43) อธิบายถึงกระบวนการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ การนำเข้าข้อมูล (Data Input) การปรับแต่งข้อมูล (Data Manipulation) การจัดการข้อมูล (Data Management) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) และการนำเสนอข้อมูล (Data Output) ซึ่งแต่ละกระบวนการมีสาระสำคัญดังนี้

2.2.6.1 การนำเข้าข้อมูล หมายถึง การนำเข้าข้อมูลสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีลักษณะ 2 ประเภท ได้แก่ การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Data) และการนำเข้าข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ซึ่งเป็นการนำเข้าข้อมูลที่เป็นข้อความหรือตารางผ่านการนำเข้าทางแป้นพิมพ์ (Keyboard Entry) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เจ้าหน้าที่ ข้อมูล อุปกรณ์ โปรแกรม และกระบวนการ

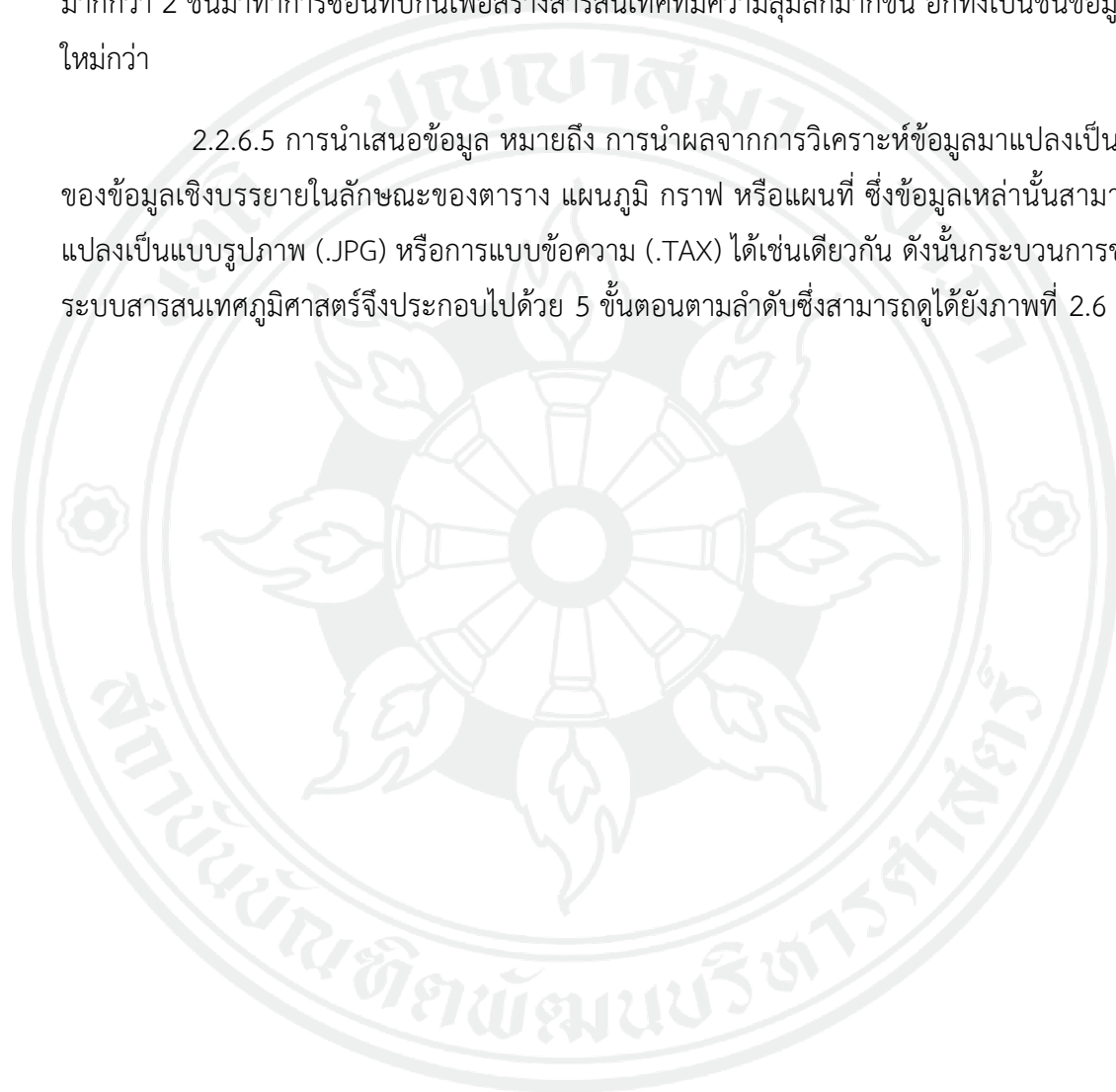
2.2.6.2 การปรับแต่งข้อมูล หมายถึง ข้อมูลที่นำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้มีความถูกต้องและป้องกันข้อผิดพลาด เช่น การแก้ไขความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการลอกลายแผนที่ การซ้อนทับของจุด เส้น หรือพื้นที่ในตำแหน่งเดียวกัน ตลอดจนถึงการปรับปรุงข้อมูลให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น การปรับเปลี่ยนมาตราส่วนของแผนที่ให้เป็นมาตราส่วนเดียวกัน

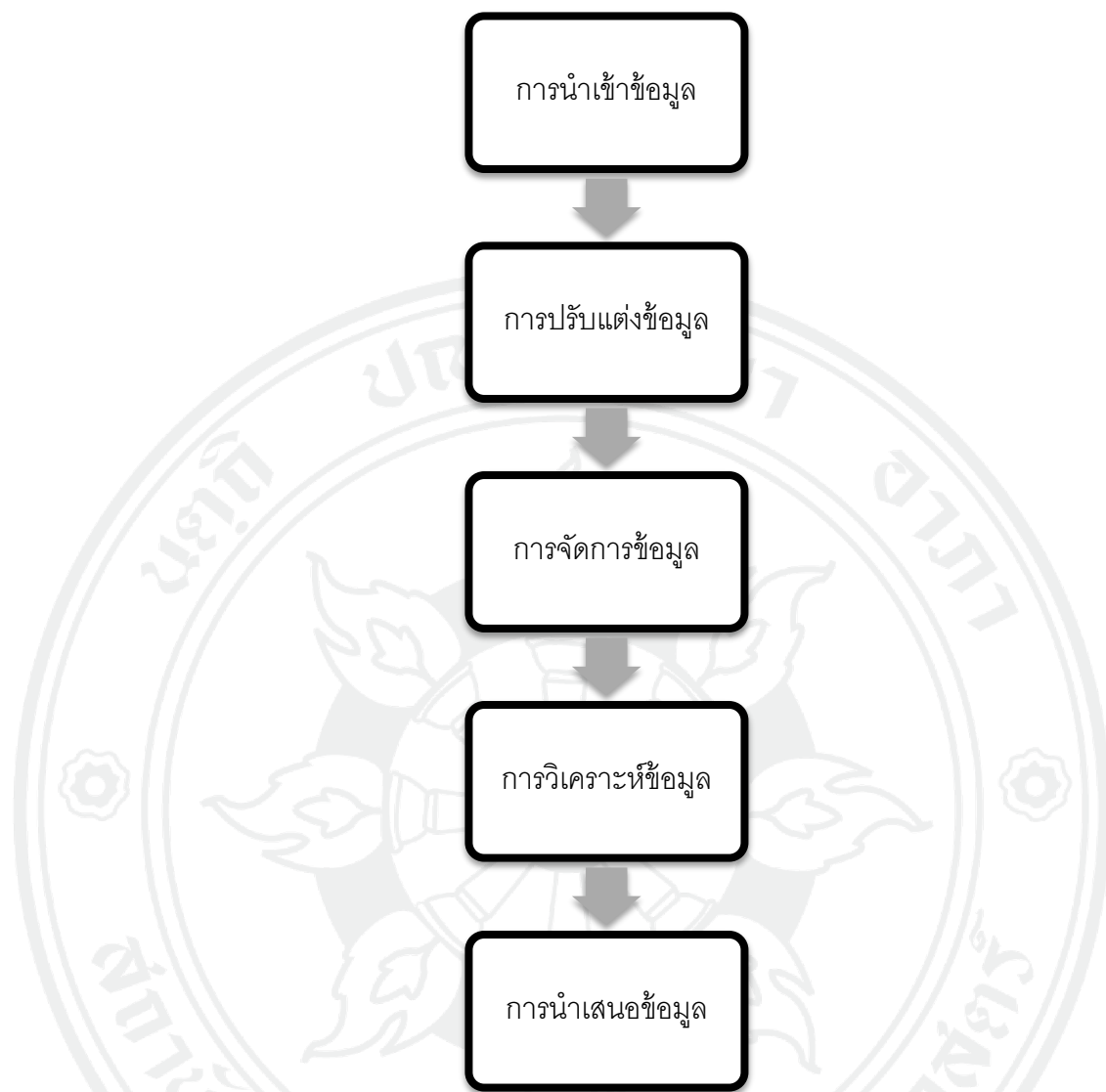
2.2.6.3 การจัดการข้อมูล หมายถึง การจัดระเบียบฐานข้อมูล เช่น การสร้างแฟ้มข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การจัดหมวดหมู่ประเภทของข้อมูล การบันทึกข้อมูล การแก้ไขข้อมูล

การเรียกใช้ข้อมูล ตลอดจนถึงการจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตาราง การจัดการข้อมูลจะช่วยให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว เมื่อมีการดึงข้อมูลมาใช้ประโยชน์

2.2.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล หมายถึง การวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ เช่น การใช้วิธีการวิเคราะห์แบบซ้อนทับ (Overlay Analysis) ซึ่งเป็นการนำชั้นข้อมูลมากกว่า 2 ชั้นมาทำการซ้อนทับกันเพื่อสร้างสารสนเทศที่มีความลุ่มลึกมากขึ้น อีกทั้งเป็นชั้นข้อมูลใหม่กว่า

2.2.6.5 การนำเสนอข้อมูล หมายถึง การนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมาแปลงเป็นรูปของข้อมูลเชิงบรรยายในลักษณะของตาราง แผนภูมิ กราฟ หรือแผนที่ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นสามารถแปลงเป็นแบบรูปภาพ (.JPG) หรือการแบบข้อความ (.TAX) ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นกระบวนการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนตามลำดับซึ่งสามารถดูได้ยังภาพที่ 2.6





ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

แหล่งที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2554: 10)

Cassettari (1993: 138-152) ได้แบ่งขั้นตอนการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ออกเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นแรก คือ การบำรุงรักษาและการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูล การแปลงระบบพิกัดแผนที่ การแก้ไขเชิงเรขาคณิต การเทียบขอบ และการลดปริมาณของข้อมูล

ขั้นที่สอง คือ การบำรุงรักษาและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งเป็นการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลเชิงบรรยายและการสอบถามข้อมูลคุณลักษณะ

ขั้นที่สาม คือ การวิเคราะห์เชิงบูรณาการทั้ง 2 แบบ เป็นการสืบค้นข้อมูล การจำแนกประเภทข้อมูล การซ้อนทับข้อมูล การวิเคราะห์ทางสถิติ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ และการวิเคราะห์มาตราส่วน

ขั้นสุดท้าย คือ การแสดงผลลัพธ์ ซึ่งนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนที่ ตาราง กราฟ รูปภาพ สัญลักษณ์ คำอธิบาย สี และเส้นต่างๆ

2.2.7 ประโยชน์ของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.2.7.1 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาและวิเคราะห์การเกิดภัยทางธรรมชาติ โดยเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถให้แนวทางการศึกษาภัยพิบัติไว้ 4 ประการ ได้แก่ ด้านเวลา ด้านพื้นที่ ด้านขนาด และด้านความรุนแรงของภัยพิบัติ โดยการพิจารณาถึงพื้นที่ที่ได้รับผลจากภัยธรรมชาติ ว่ามีความรุนแรงเพียงใดและส่งผลกระทบต่อมากน้อยเพียง ดังนั้น การศึกษาด้านภัยธรรมชาติต้องอาศัยองค์ความรู้หลากหลายสาขาวิชามาประกอบกันเพื่อทำให้การศึกษา มีความครอบคลุมในทุกสาเหตุที่มีผลต่อการเกิดภัยธรรมชาติซึ่ง ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความทันสมัยมากขึ้นสามารถเฝ้าอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานอย่างยิ่ง (Nossin, 1989: 183-186)

2.2.7.2 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำข้อมูลมาซ้อนทับกันในเชิงพื้นที่ได้หลายๆด้าน ทำให้มีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) ที่มีการมองพื้นที่ในระยะไกลได้กว้างมากขึ้น

2.2.7.3 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถลดระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูล ค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล อีกทั้งยังช่วยลดกำลังคนในการทำงานลงได้มาก

2.2.7.4 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการเตือนภัยธรรมชาติแบบฉุกเฉิน อีกทั้งยังป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้

2.2.7.5 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำมาใช้บริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระดับชุมชนหรือท้องถิ่นซึ่งเป็นการผสมผสานเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อสร้างประสิทธิภาพของการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้อย่างลุ่มลึก ซ้ำซ้อนมากขึ้น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ นั้นมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงบนผิวโลก หรือแม้กระทั่งเหนือพื้นโลกและใต้พื้นโลก (ซรัตัน มงคลสวัสดิ์, 2538: 2-4; สุเพชร จิรขจรกุล, 2549)

2.2.8 ข้อจำกัดของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

แหล่งที่มาขอข้อมูลมีความน่าเชื่อถือลดลง ข้อมูลไม่มีความทันสมัย ความผิดพลาดอันเกิดจากผู้ใช้งานไม่มีความเชี่ยวชาญในด้านนั้นๆ ทำให้การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือจากแหล่งที่มาของข้อมูลเหล่านั้นก่อนเสมอ

2.2.9 โปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ปัจจุบันมีการพัฒนาด้านเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์อย่างกว้างขวางทำให้เกิดซอฟต์แวร์สำหรับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ออกมาเป็นจำนวนมาก เช่น ซอฟต์แวร์ในตระกูล Arc (ArcView, ArcInfo, ArcGIS), MapInfo, Geomedia, Geometica, SPANS และ ILWIS เป็นต้น คุณสมบัติในการประมวลผลข้อมูลของแต่ละโปรแกรมจะมีความแตกต่างกันออกไปตั้งแต่การประมวลผลขั้นพื้นฐานไปจนถึงการประมวลผลขั้นสูง ผู้ใช้จะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความเชี่ยวชาญของตนเอง และวัตถุประสงค์ของงานไปพร้อมกัน ทั้งนี้โปรแกรมที่กล่าวมาข้างต้นเป็นกลุ่มที่มีค่าลิขสิทธิ์ (License) ผู้ใช้งานจึงต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและประโยชน์ที่ใช้งานด้วยเช่นเดียวกัน ในกรณีที่เป็นองค์กรขนาดใหญ่ ซอฟต์แวร์ที่ปฏิบัติการบนระบบ UNIX อาจมีความเหมาะสมมากกว่า ในทางกลับกันจะมีความยุ่งยากหากผู้ใช้งานมีขนาดเล็กหรือใช้งานเพียงคนเดียวอาจเลือกใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Window แทนซึ่งจะช่วยให้ทำงานสะดวกและง่ายขึ้น (สัญญา สราภิรมย์, 2549)

อย่างไรก็ตามหากผู้ใช้งานมีข้อจำกัดเรื่องค่าใช้จ่ายอาจเปลี่ยนไปใช้ซอฟต์แวร์ทางเลือกที่ไม่มีค่าลิขสิทธิ์ (Freeware) ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ตามเว็บไซต์ที่เปิดให้บริการอย่างแพร่หลาย เช่น QuantumGIS, GRASS, Udig, MapWindow, SAGA GIS เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมต่อพ่วงให้ผู้ใช้งานได้ดึงภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ได้ผ่านโปรแกรมเหล่านี้ (Google Earth, NASA WorldWind, PointAsia) แม้จะมีข้อจำกัดอยู่บางประการที่ไม่สามารถเอื้ออำนวยให้ผู้ใช้งานได้ใช้งานเต็มรูปแบบ หากผู้ใช้ประสงค์การใช้งานแบบสมบูรณ์อาจต้องเลือกซื้อลิขสิทธิ์เพิ่มเติม แม้กระนั้นโปรแกรมดังกล่าวก็มีศักยภาพเพียงพอในการทำงานได้อย่างครอบคลุมในระดับหนึ่ง อีกทั้งระบบยังได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นปัจจุบันเสมอ (เสาวลักษณ์ ตั้งคณาทรัพย์, 2552: 16)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงศักยภาพของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงพบว่ามีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สนใจในแง่ของการนำระบบข้อมูลที่จัดเตรียมไว้แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ หากแต่ยังไม่มีการสร้างสารสนเทศที่มีความลุ่มลึกเพียงพอที่อาจถูกหยิบยกมาเป็นสารสนเทศประกอบการตัดสินใจของผู้บริหารหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้น ดังนั้นงานศึกษาในครั้งนี้จึงก่อให้เกิดการบูรณาการระหว่างการนำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศที่มีอยู่มาใช้วิเคราะห์หรือประมาณการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบมากขึ้น

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

2.3.1 ความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

สุเพชร จิระขจรกุล (2549) ให้ความหมายว่า การวิเคราะห์เชิงพื้นที่คือการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้ ทำให้การวิเคราะห์ที่ต้องการมีความลุ่มลึกและสามารถนำไปประยุกต์อย่างเหมาะสมเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานได้อย่างหลากหลาย

สุระ พัฒนเกียรติ (2546: 82) ระบุว่า การวิเคราะห์เชิงพื้นที่คือ การวิเคราะห์โดยใช้สมการเชิงเส้นตรงเพื่อวิเคราะห์พื้นที่เพื่อให้มีการพื้นที่อย่างเหมาะสมในอนาคต โดยมีการเพิ่มค่าทางคณิตศาสตร์ในพื้นที่ต่างๆอย่างเป็นระบบ

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2552) อธิบายว่า การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัยขึ้นไป ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือการวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่หนึ่งสนใจ โดยแต่ละปัจจัยจะต้องมีระบบพิกัดอ้างอิงที่ตรงกับการซ้อนทับซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลใหม่ที่สามารถตอบคำถามของปัญหาที่ต้องการได้

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์กรุงเทพมหานคร (ม.ป.ป.) ได้ให้ความหมายการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ คือ วิธีการเพื่อผลิตสารสนเทศภูมิศาสตร์เพิ่มเติม โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่หรือเพื่เน้นโครงสร้างพื้นที่ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.3.2 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

2.3.2.1 การสอบถามข้อมูลแบบที่ตั้ง (Location) คือ ผู้ใช้ฐานข้อมูลสามารถสอบถามว่า “มีสิ่งหนึ่งอยู่ที่ใด” ซึ่งเป็นคำถามที่สามารถตอบได้โดยระบบภูมิสารสนเทศให้ทราบถึงพิกัดทางภูมิศาสตร์หรือรายละเอียดเชิงบรรยายได้

2.3.2.2 การสอบถามข้อมูลแบบเงื่อนไข (Condition) คือ การตั้งเงื่อนไขในการใช้สอยหรือการวิเคราะห์ข้อมูลว่า “สิ่งที่ถามนั้นอยู่ที่ไหน” พื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขที่ผู้ใช้ต้องการทราบ อาทิ อาคารที่อยู่ห่างจากถนนไม่เกิน 100 เมตร เป็นต้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะสามารถช่วยสืบค้นหาพื้นที่แบบมีเงื่อนไขด้วยความรวดเร็วและสามารถแสดงผลในรูปแบบของแผนที่และข้อมูลเชิงบรรยายได้

2.3.2.3 การสอบถามข้อมูลแบบลักษณะการเปลี่ยนแปลง (Trends) คือ วิธีการที่ผู้ใช้ฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถสอบถามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในฐานข้อมูล

เก็บไว้ว่า “ช่วงเวลาที่ผ่านมาอะไรเปลี่ยนแปลงภายในพื้นที่บ้าง” เช่น สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปหลังจากเกิดภัยพิบัติสึนามิ

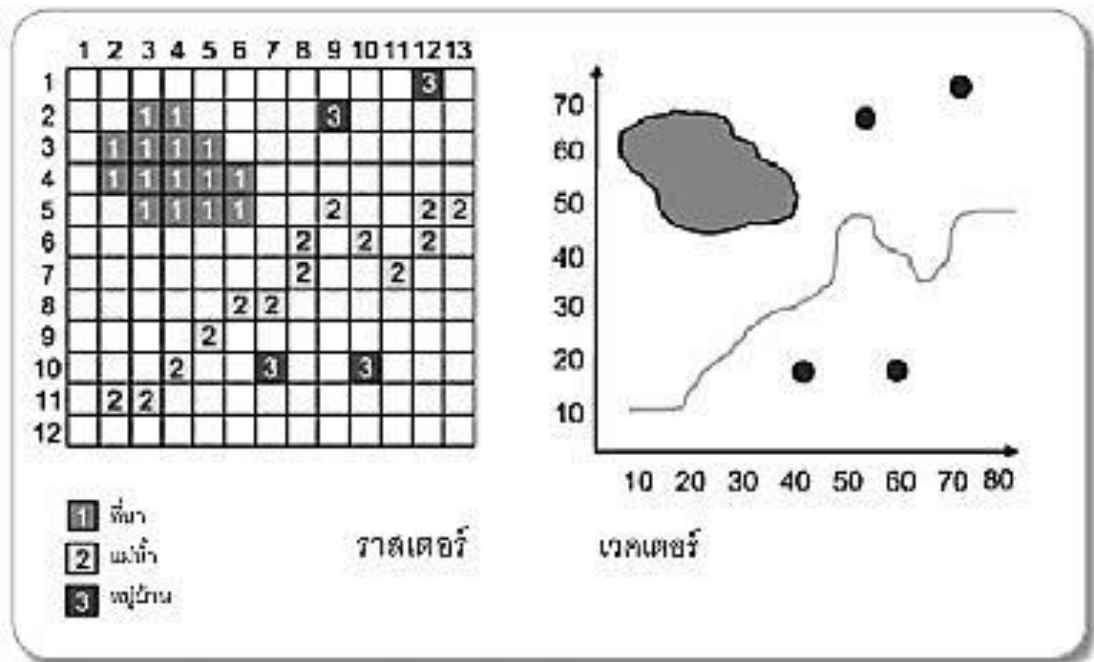
2.3.2.4 การสอบถามข้อมูลแบบวิธีการเปลี่ยนแปลง (Patterns) คือ การสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งต้องใช้การแสดงผลแผนที่หรือข้อมูลแบบความสัมพันธ์ของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อตรวจสอบว่า “ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่แบบใด” เช่น ลักษณะของปริมาณน้ำท่วมมีความสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่อย่างไร

2.3.2.5 การสอบถามข้อมูลแบบการสร้างแบบจำลอง (Modeling) คือ การจัดทำแบบจำลองสถานการณ์ขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานข้อมูลให้สามารถใช้งานในการกำหนดรูปแบบของแบบจำลองโดยใช้ฐานข้อมูล และทำให้การพยากรณ์เกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นต่อไปหากมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหรือตัวแปรใด เช่น การจำลองสถานการณ์ของการตรวจวัดของสารเคมีในอากาศภายในพื้นที่ และคำนวณหาพื้นที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.3.3 การสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่

แบบจำลองเชิงพื้นที่ หมายถึง การสร้างสิ่งที่เป็นตัวแทนของความคิดหรือปรากฏการณ์ที่สนใจในลักษณะของแผนที่ ซึ่งวิธีการที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ได้ดีคือ การรวมเอาข้อมูลเชิงพื้นที่ อาทิ ข้อมูลประชากร เส้นทางคมนาคม สิ่งปกคลุมดิน ทรัพยากรธรรมชาติ เป็นต้น เข้าไว้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และจัดเก็บแบบแยกส่วนซึ่งมักเรียกว่า ชั้นแผนที่ (Map Layers) หลักการสำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การเชื่อมโยงข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เมื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผลของคอมพิวเตอร์จะช่วยให้สามารถตอบคำถามที่ผู้ใช้งานสนใจได้ง่ายขึ้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงเป็นเสมือนเครื่องมือในการสำรวจโลกจากมุมมองการบิน (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถซ้อนทับรูปแบบข้อมูลซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท การซ้อนทับแบบเวกเตอร์ (Vector Overlay Analysis) ซึ่งมีองค์ประกอบย่อยได้แก่ แบบยูเนียน (Union) แบบอินเตอร์เซกชัน (Intersection) แบบเอกลักษณ์ (Identity) แบบผนวก (Append) แบบการตัด (Clip) และแบบการลบ (Erase) เป็นต้น และการซ้อนทับข้อมูลแบบแรสเตอร์ (Raster Overlay Analysis) ซึ่งสามารถสร้างการซ้อนทับที่สามารถให้ผลลัพธ์ได้เช่นเดียวกันโดยมีองค์ประกอบย่อยได้แก่ การซ้อนทับที่มีน้ำหนักแต่ละชั้นข้อมูลต่างกัน (Weighted Overlay) และผลรวมของน้ำหนัก (Weight Sum)

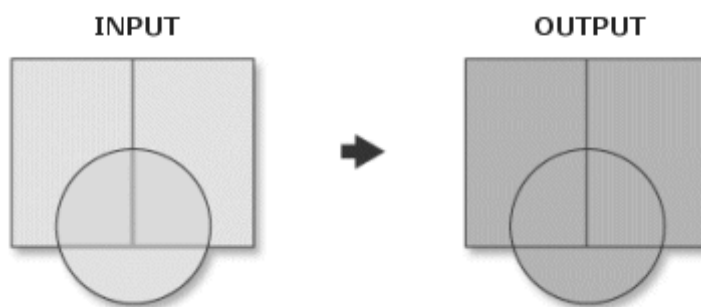


ภาพที่ 2.7 การเปรียบเทียบการซ้อนทับแบบราสเตอร์และเวกเตอร์

แหล่งที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552)

การซ้อนทับแบบเวกเตอร์ (Vector Overlay Analysis) มีองค์ประกอบย่อยได้แก่ แบบยูเนียน (Union) แบบอินเตอร์เซกชัน (Intersection) การปรับแปลงข้อมูล (Map Manipulation) การวัดระยะทาง (Distance Measurement) (ESRI, 2015 อ้างถึงใน พบทอง ชั้นเจริญ, 2558: 144-149) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

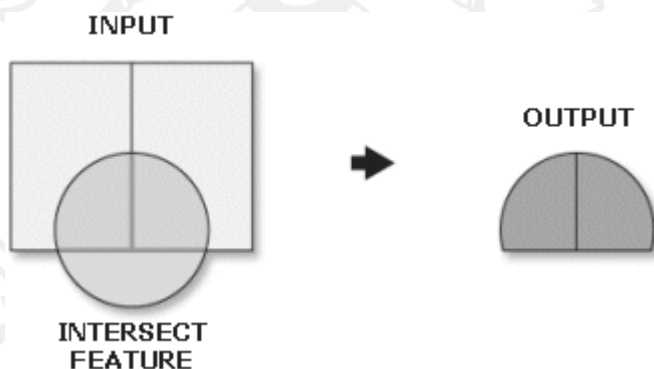
2.3.3.1 แบบยูเนียน (Union) หมายถึง การประมวลผลของชั้นข้อมูลนำเข้าและชั้นข้อมูลยูเนียน (Union) ในลักษณะของรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ร่วมกับรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ชั้นตอนนี้ จะมีการทดสอบโดยใช้วิธีการตรรกศาสตร์บูลีน (Or) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของวิธีการผสมผสานรูปเหลี่ยมปิดนำเข้าและรูปเหลี่ยมปิดเดิม สร้างขึ้นเป็นชั้นข้อมูลชั้นใหม่สองชั้นข้อมูล ทั้งนี้ข้อมูลเชิงคุณบรรยายและข้อมูลเชิงพื้นที่จะถูกผสมผสานเข้าด้วยกันใหม่ให้มีลักษณะที่ซ้อนทับกัน (ภาพที่ 2.8)



ภาพที่ 2.8 การซ้อนทับข้อมูลแบบยูเนียน (Union)

แหล่งที่มา: ESRI (2016i)

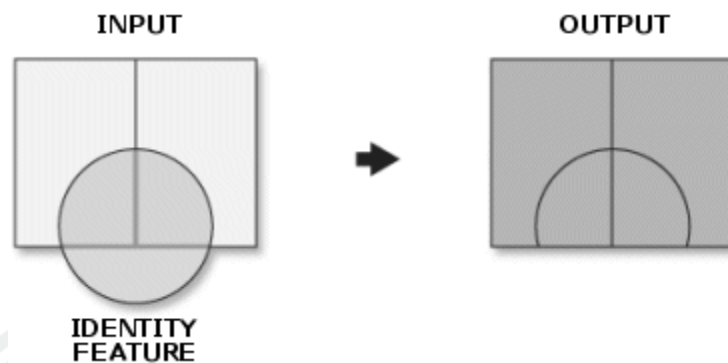
2.3.3.2 แบบอินเตอร์เซกชัน (Intersection) หมายถึง การประมวลผลของชั้นข้อมูลนำเข้าและชั้นข้อมูลที่จะนำมาตัดกัน (Intersect) ในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) ในข้อมูลแบบรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือข้อมูลแบบเส้น (Line) ในข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ขั้นตอนนี้จะมีการทดสอบโดยใช้ตรรกศาสตร์บูลีน (And) ผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้จะเป็นการคงไว้ซึ่งรูปเหลี่ยมปิดและข้อมูลเชิงบรรยายของชั้นข้อมูลที่มีความเหมือนกันเท่านั้น (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 การซ้อนทับข้อมูลแบบอินเตอร์เซกชัน (Intersection)

แหล่งที่มา: ESRI (2016f)

2.3.3.3 แบบเอกลักษณ์ (Identity) หมายถึง การประมวลผลของชั้นข้อมูลนำเข้าและชั้นข้อมูลเอกลักษณ์ (Identity) ในลักษณะข้อมูลแบบจุด (Point) ในข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือข้อมูลเส้น (Line) ในข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ขั้นตอนนี้จะมีการทดสอบโดยใช้ตรรกศาสตร์บูลีน (ข้อมูลนำเข้า (Input) และข้อมูลรูปเอกลักษณ์ (Identity) หรือ ข้อมูลนำเข้า (Input) ก็ได้) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการรักษาข้อมูลรูปเหลี่ยมปิดและข้อมูลนำเข้าเฉพาะในส่วนที่คาบเกี่ยวกันแล้วเท่านั้น (ภาพที่ 2.10)

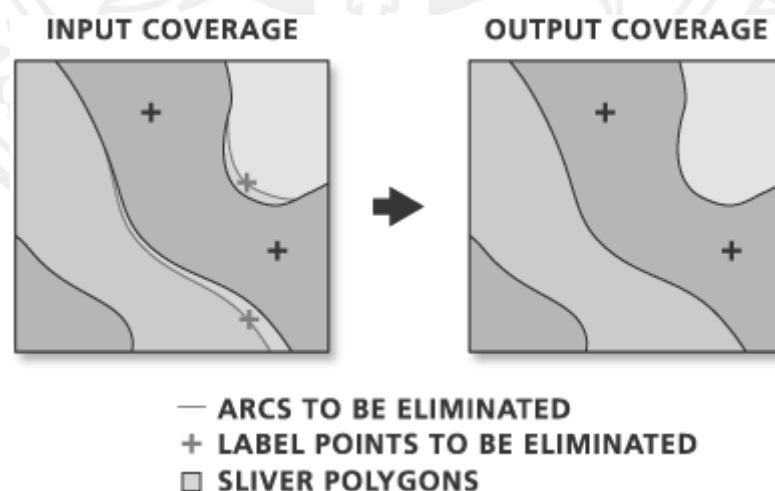


ภาพที่ 2.10 การซ้อนทับข้อมูลแบบเอกลักษณ์ (Identity)

แหล่งที่มา: ESRI (2016e)

2.3.3.4 การปรับเปลี่ยนข้อมูล (Map Manipulation) หมายถึง การปรับเปลี่ยนชั้นข้อมูลให้เหมาะสมก่อนนำไปวิเคราะห์หรือใช้งานต่อไปให้มีความถูกต้องมากขึ้น ทั้งนี้วิธีการของการปรับเปลี่ยนข้อมูลโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วย 6 ลักษณะ ได้แก่

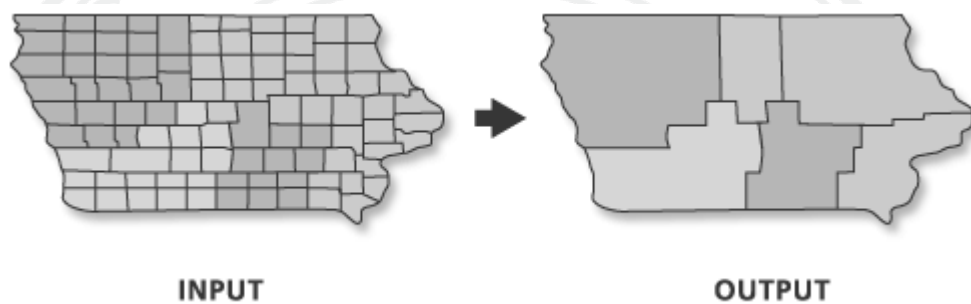
1) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบอีลิมีเนท (Eliminate) หมายถึง การกำจัดส่วนเกิน (Slivers) หรือความคลาดเคลื่อนของรูปเหลี่ยมปิดอันเกิดจากการซ้อนทับข้อมูลระหว่างข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) กับข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าชั้นข้อมูล 2 ชั้นขึ้นไปมีการทับกันไม่แนบสนิท (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.11 การปรับแปลงข้อมูลแบบอีลิมีเนท (Eliminate)

แหล่งที่มา: ESRI (2016c)

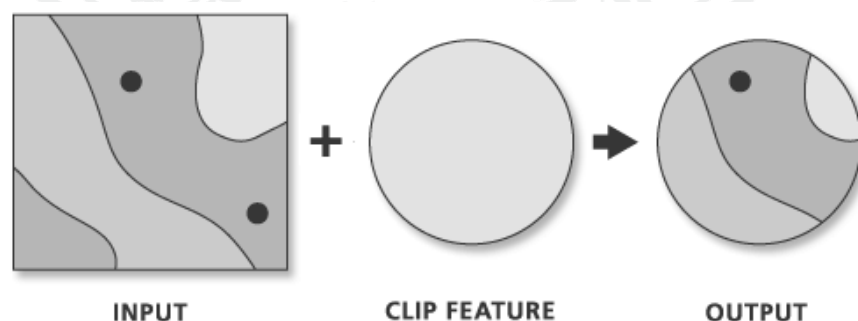
2) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบดิสโซลฟ (Dissolve) หมายถึง การสร้างชั้นข้อมูลจากการรวมกลุ่มของข้อมูลในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) บนข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือข้อมูลเส้น (Line) บนข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ชั้นข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันจะถูกรวมเป็นชั้นข้อมูลเดียวกัน เช่น ข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) จะทำการกำจัดเส้นที่มีการแบ่งชั้นข้อมูลที่มีความเหมือนกันออกและรวมกันเป็นชั้นข้อมูลใหม่ที่ยังคงไว้ซึ่งความเหมือนกันเชิงบรรยายเอาไว้ เป็นต้น (ภาพที่ 2.12)



ภาพที่ 2.12 การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบดิสโซลฟ (Dissolve)

แหล่งที่มา: ESRI (2016b)

3) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบคลิป (Clip) หมายถึง การสร้างชั้นข้อมูลใหม่ในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) บนชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือชั้นข้อมูลเส้น (line) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) เพื่อคงไว้ซึ่งข้อมูลนำเข้าและข้อมูลเชิงบรรยายที่อยู่ในขอบเขตของชั้นข้อมูลที่ต้องการคลิปเท่านั้น (ภาพที่ 2.13)



ภาพที่ 2.13 การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบคลิป (Clip)

แหล่งที่มา: ESRI (2016a)

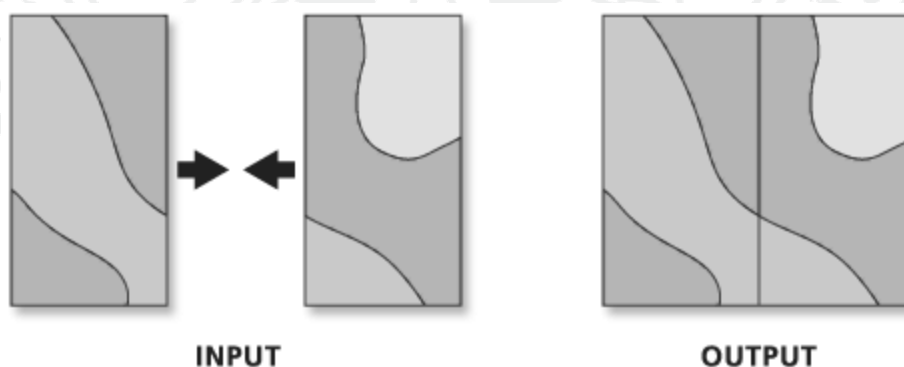
4) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบอีเรส (Erase) หมายถึง การสร้างชั้นข้อมูลใหม่ในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือชั้นข้อมูลแบบเส้น (Line) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนชั้นข้อมูล (Polygon) โดยคงไว้แค่เพียงชั้นข้อมูลนำเข้าและข้อมูลเชิงบรรยายที่อยู่นอกเหนือจากชั้นข้อมูลที่ต้องการอีเรสเท่านั้น (ภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบอีเรส (Erase)

แหล่งที่มา: ESRI (2016d)

5) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบเมิร์ท (Merge) หมายถึง การรวมชั้นข้อมูลในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือชั้นข้อมูลแบบเส้น (Line) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) ที่มีเป็นข้อมูลเชิงบรรยายประเภทเดียวกันไว้ด้วยกัน (ภาพที่ 2.15)

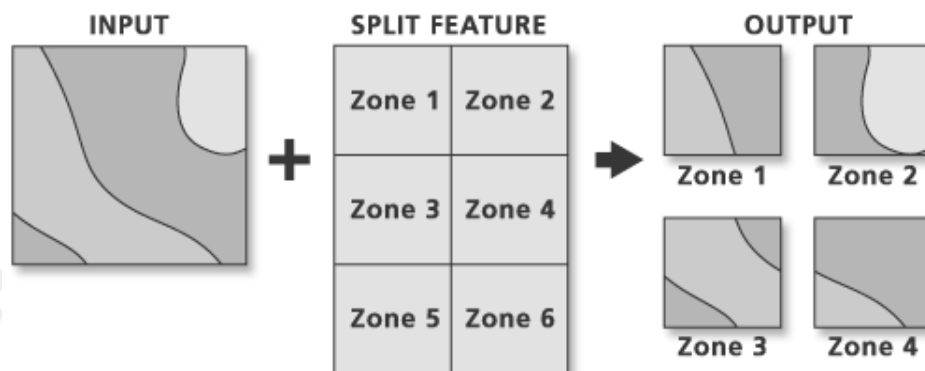


ภาพที่ 2.15 การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบเมิร์ท (Merge)

แหล่งที่มา: ESRI (2016g)

6) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบสปีท (Split) หมายถึง การแยกชั้นข้อมูลในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือชั้นข้อมูลแบบเส้น (Line) ในชั้น

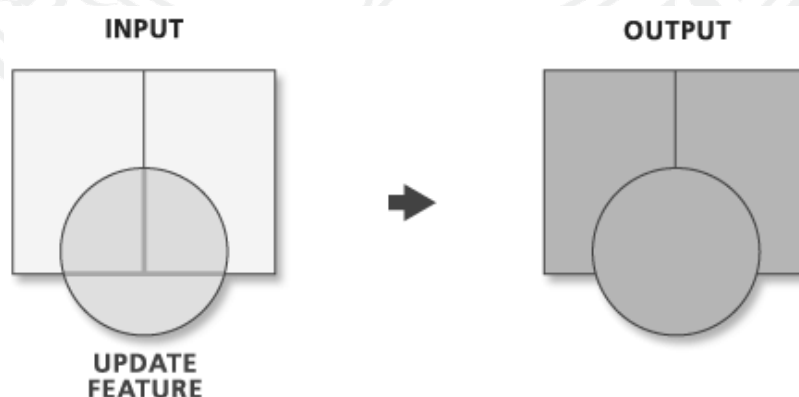
ข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนชั้นข้อมูล (Polygon) ที่มีอยู่ออกจากกันเป็นชั้นข้อมูลที่แตกต่างกันหลายชั้น (ภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.16 การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบสปีท (Split)

แหล่งที่มา: ESRI (2016h)

7) การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบอัปเดต (Update) หมายถึง การประมวลผลของชั้นข้อมูลนำเข้าและชั้นข้อมูลอัปเดตในลักษณะของข้อมูลแบบจุด (Point) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) หรือชั้นข้อมูลแบบเส้น (Line) ในชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) และชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) บนชั้นข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด (Polygon) โดยผ่านการทดสอบด้วยวิธีตรรกศาสตร์บูลีน คือ (ข้อมูลนำเข้า (Input) ไม่ใช่ข้อมูลรูปเอกลักษณ์ (Identity) หรือ ข้อมูลนำเข้า (Input) ก็ได้) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการรักษารูปเหลี่ยมปิดและข้อมูลบรรยายของข้อมูลนำเข้าเท่านั้น (ภาพที่ 2.17)

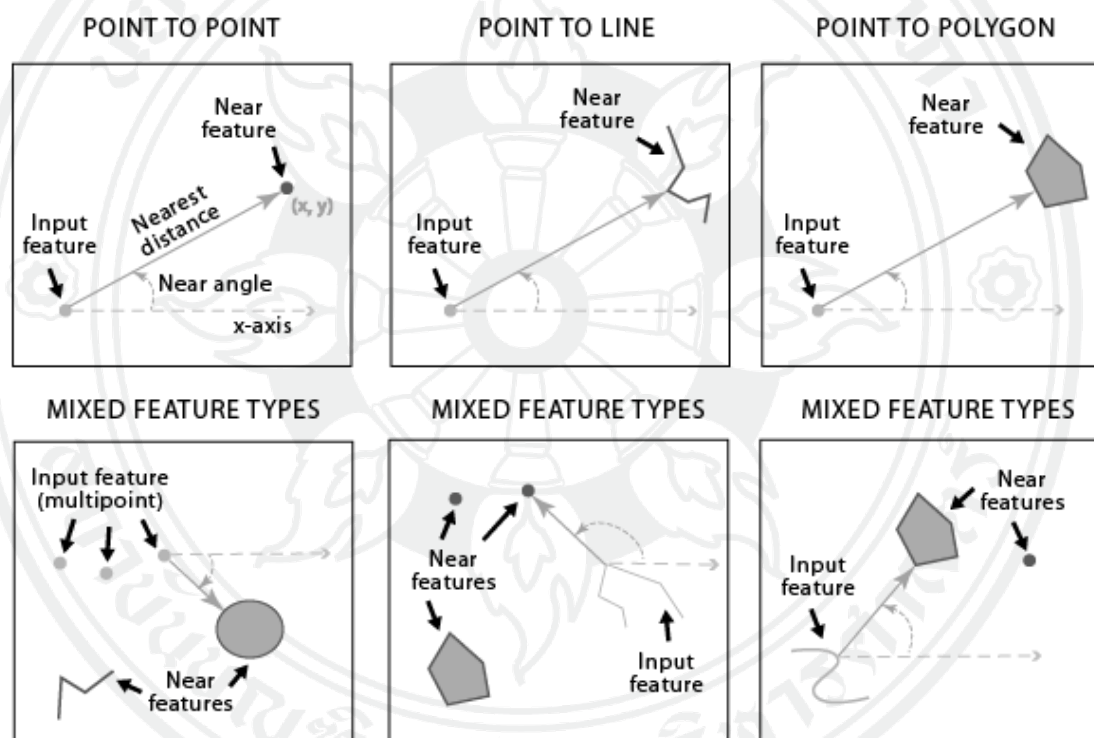


ภาพที่ 2.17 การปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบอัปเดต (Update)

แหล่งที่มา: ESRI (2016i)

8) การวัดระยะทาง (Distance Measurement) หมายถึง การคำนวณเส้นทางระหว่างข้อมูลแบบจุด ข้อมูลแบบเส้น หรือข้อมูลรูปเหลี่ยมปิด แบบไหนก็ได้เข้าคู่กันในการวัดเป็นทางเส้นตรง ซึ่งเหมาะสมสำหรับการหาความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่สนใจสองสิ่ง เช่น การย้ายถิ่นฐานเดิม (Point) ไปยังที่อยู่อาศัยแห่งใหม่ (Point) โดยการวัดระยะทางสามารถทำได้ 2 วิธีดังนี้

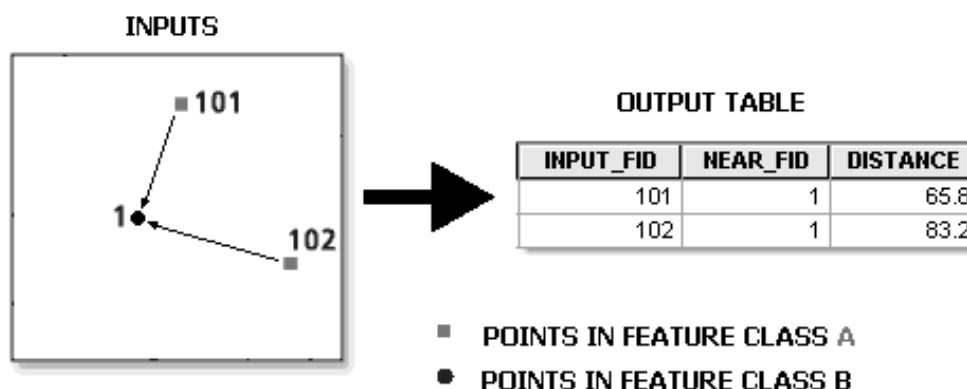
8.1) การวัดระยะทางแบบใกล้ (Near) หมายถึง การวัดระยะห่างจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง หรือจุดหรือไปยังเส้นหนึ่ง แม้กระทั่งจุดหนึ่งไปยังรูปเหลี่ยมปิดอีกแห่งหนึ่ง นอกจากนี้ยังผสมผสานการวัดของชั้นข้อมูลไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบใดก็ตามทั้งข้อมูลแบบจุด ข้อมูลแบบเส้น และข้อมูลรูปเหลี่ยมปิดก็สามารถทำได้ (ภาพที่ 2.18)



ภาพที่ 2.18 การวัดระยะทางแบบใกล้ (Near)

แหล่งที่มา: ESRI (2016j)

8.2) การวัดระยะทางแบบระยะห่างจุด (Point Distance) หมายถึง การวัดระยะทางระหว่างชั้นข้อมูลเฉพาะรูปแบบจุดเท่านั้นไปยังจุดอื่นๆทั้งหมดในชั้นข้อมูลเดียวกันหรือชั้นข้อมูลอื่นๆก็ได้แต่ต้องอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดเท่านั้น



ภาพที่ 2.19 การวัดระยะทางแบบระยะห่างจุด (Point Distance)

แหล่งที่มา: ESRI (2016k)

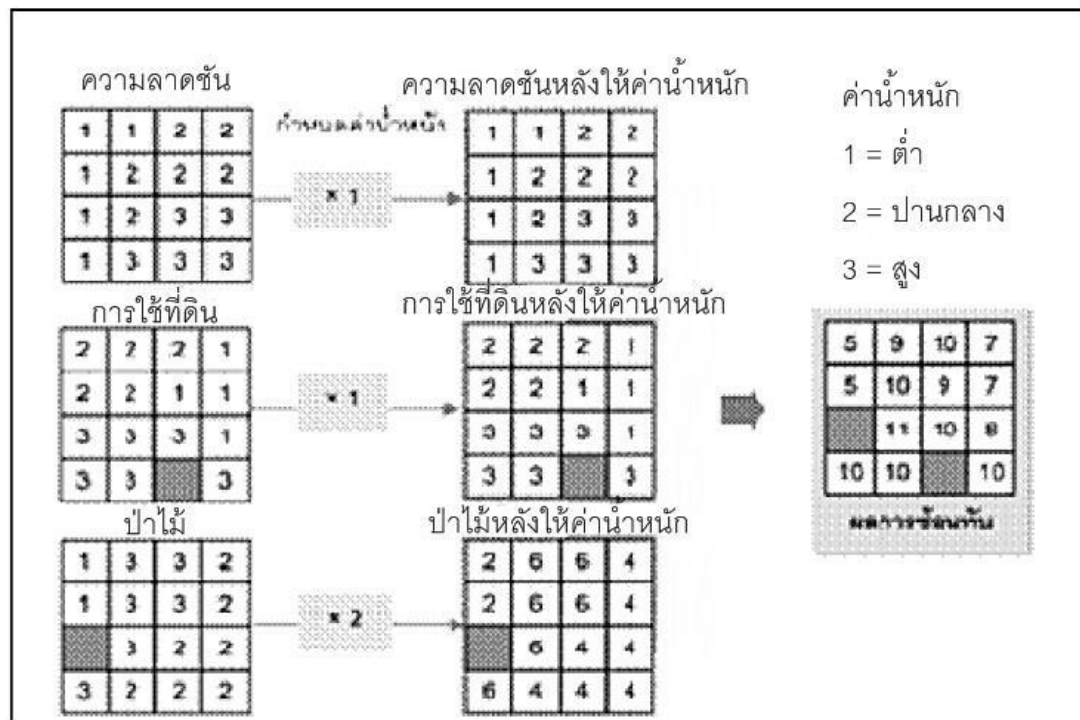
การซ้อนทับข้อมูลแบบราสเตอร์ (Raster Overlay Analysis) ในบางกรณีการเลือกใช้ข้อมูลแบบราสเตอร์มีความเหมาะสมกว่าข้อมูลแบบเวกเตอร์เนื่องจากให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วกว่า และโดยข้อจำกัดของข้อมูลแบบเวกเตอร์ที่เมื่อต้องซ้อนทับข้อมูลมากกว่า 2 ชั้น การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จะใช้เวลานานกว่า และต้องมีการปรับปรุงข้อมูลหลายครั้งเพื่อให้ได้ผลตามที่ต้องการ ทั้งนี้ในการซ้อนทับข้อมูลแบบราสเตอร์จะต้องใช้อ้างอิงระบบพิกัดเดียวกันและมีจุดภาพเดียวกันจึงจะได้การซ้อนทับข้อมูลที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามในการเลือกใช้ประเภทข้อมูลในการซ้อนทับยังขึ้นอยู่กับความสะดวกของงานและรูปแบบการจัดการข้อมูล ทั้งนี้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความสามารถในการแปลงข้อมูลไปมาระหว่างข้อมูลราสเตอร์และเวกเตอร์ได้

การซ้อนทับข้อมูลแบบราสเตอร์นั้น ค่าตารางในแต่ละกริดจะถูกรวมกันโดยเงื่อนไขดำเนินการแบบเลขคณิตศาสตร์เพื่อสร้างคะแนนใหม่ให้แก่ข้อมูลที่ถูกรวมกันขึ้นใหม่ เนื่องจากค่าในแต่ละตารางกริดเป็นค่าตัวเลข ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนได้ การซ้อนทับแบบราสเตอร์มี 2 ประเภท ได้แก่ การซ้อนทับแบบเซลล์ราสเตอร์ (Raster Cell Overlay) (ภาพที่ 2.20) และ การซ้อนทับแบบกำหนดน้ำหนัก (Overlay Using Weight) (ภาพที่ 2.21)

| ราสเตอร์นำเข้า | ราสเตอร์ผลลัพธ์ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------|---------|---------|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|---|---|---|---|--|---|---|-----|----|-----|---|---|-----|-----|
| <table border="1"> <tr><td>4</td><td>5</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>7</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> | 4 | 5 | 1 | 3 | 7 | 2 | 3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr><td>1</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>9</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> | 1 | 5 | 5 | 2 | 9 | 1 | 3 | 2 | 3 | <table border="1"> <tr><td>5</td><td>10</td><td>6</td></tr> <tr><td>5</td><td>16</td><td>3</td></tr> <tr><td>6</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table> | 5 | 10 | 6 | 5 | 16 | 3 | 6 | 3 | 4 | <table border="1"> <tr><td>3</td><td>0</td><td>-4</td></tr> <tr><td>1</td><td>-2</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td></tr> </table> | 3 | 0 | -4 | 1 | -2 | 1 | 0 | 1 | 2 | <table border="1"> <tr><td>4</td><td>25</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>63</td><td>2</td></tr> <tr><td>9</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table> | 4 | 25 | 5 | 6 | 63 | 2 | 9 | 2 | 3 | <table border="1"> <tr><td>4</td><td>1</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.8</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.0</td><td>0.3</td></tr> </table> | 4 | 1 | 0.2 | 15 | 0.8 | 2 | 1 | 0.0 | 0.3 |
| 1 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 9 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 10 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 16 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0 | -4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | -2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 25 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 63 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 0.8 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0.0 | 0.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | บวก (+) | ลบ (-) | คูณ (X) | หาร (/) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ภาพที่ 2.20 การซ้อนทับแบบเซลล์แรสเตอร์

แหล่งที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552)



ภาพที่ 2.21 การซ้อนทับแบบเซลล์ราสเตอร์ในแต่ละตัวแปร

แหล่งที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552)

2.3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่

สุระ พัฒนเกียรติ (2546: 83-84) ได้แบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ไว้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การคัดเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันในการศึกษา 2) การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ 3) การวิเคราะห์ข้อมูล และ 4) การนำเสนอผล ซึ่งมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

2.3.4.1 การคัดเลือกปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กันในการศึกษา คือ การพิจารณาปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการพัฒนาเขตที่เขตที่อยู่อาศัยที่มีอิทธิพลต่อผลกระทบทางลักษณะกายภาพ (ความลาดชัน ทิศทางลาด และระบบสาธารณูปโภค)

2.3.4.2 การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ การนำข้อมูลปัจจัยสำคัญต่างๆในลักษณะที่มีรายละเอียดและมาตราส่วนที่เหมาะสม ควรมีความแตกต่างของมาตราส่วนไม่แตกต่างกันมากนักมาทำการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลเพื่อความถูกต้องก่อนนำไปประยุกต์ใช้

2.3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ประการ ได้แก่ การกำหนดค่าศักยภาพของปัจจัย (Rating Value) และการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย (Weighting Value) ซึ่งมีสาระสำคัญดังต่อไปนี้

1) การกำหนดค่าศักยภาพของปัจจัย คือ การปรับค่าของทุกปัจจัยให้มีช่วงคะแนนเดียวกัน (0 - 1) หลังจากนั้นจึงให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยแต่ละตัว โดยใช้เกณฑ์ที่ให้คะแนนปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดมีคะแนนมากที่สุด ไปจนถึงปัจจัยที่มีความสำคัญน้อยที่สุดให้มีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้การใช้คะแนนน้ำหนักปัจจัยต้องมีค่ามากกว่าศูนย์

2) การคำนวณผล คือ การคำนวณโดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ความเหมาะสมตามสูตรดังนี้ $S = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \dots + W_nR_n$ โดยที่ W หมายถึง ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่สำคัญ R = ค่าคะแนนของปัจจัยย่อย และ n หมายถึง จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

2.3.4.4 การนำเสนอผล คือ การนำผลการวิเคราะห์มาจัดเป็นกลุ่มจากนั้นจึงนำเสนอในลักษณะของแผนที่

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาญชัย แสงขโยสวัสดิ์ และวรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ (2520) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประเมินความเสี่ยงทางกายภาพเชิงพื้นที่เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และพะเยา ซึ่งมีองค์ประกอบหลักด้านกายภาพของพื้นที่ 3 องค์ประกอบด้วยกันคือ การประเมินสภาพภูมิอากาศ การประเมินการใช้ที่ดิน และการประเมินสภาพดินที่เป็นอยู่ในพื้นที่ต่อการกัก

เก็บน้ำเพื่อพัฒนาเป็นแนวทางในการประเมินความเสี่ยงต่อสภาวะความแห้งแล้ง โดยเน้นการนำข้อมูล ปริมาณน้ำฝนรายวัน อีกทั้งลักษณะการกระจายตัวของสภาพภูมิประเทศ และแหล่งน้ำในพื้นที่มา วิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อประเมินค่าความเสี่ยงทางกายภาพเชิงพื้นที่ด้วยระบบภูมิสารสนเทศ ปัจจัย ทั้งหมดจำเป็นต้องมีการปรับค่ามาตรฐานของปัจจัยด้วยวิธีการ Fuzzy Membership Function ข้อมูลที่ได้จากการปรับค่ามาตรฐานจะมีค่าระหว่าง 0-1 โดยที่ 1 หมายถึงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อความ แห้งแล้งมากที่สุด และ 0 หมายถึง พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งน้อยที่สุด หลังจากนั้นจึงทำการ วิเคราะห์เชิงซ้อนโดยวิธี Weighted Linear Combination ซึ่งมีการถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยด้วย วิธีการของ Malczewski เพื่อกำหนดความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการประเมิน โดยพบว่า ปริมาณ น้ำฝนมีผลต่อการเกิดความแห้งแล้งมากที่สุด รองลงมาคือ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน (ค่า ดัชนีความเปียกของพื้นที่ และความจุของน้ำที่เก็บกักน้ำที่เป็นประโยชน์ของดิน) ปัจจัยทางกายภาพ (ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน และความหนาแน่นของลำน้ำ) มีผลกระทบต่อระดับความแห้งแล้งของ พื้นที่พอสมควร ส่วนปัจจัยที่มีความสำคัญต่ำที่สุดคือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และพื้นที่ เชิงใหม่ และลำปางมีค่าเฉลี่ยของความแห้งแล้งค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่อื่นๆเป็นพื้นที่ดอนอาศัยน้ำฝนและมี การทำประโยชน์ด้านเกษตรที่หลากหลาย

วีระศักดิ์ อุดมโชค และพุลศิริ ชูชีพ (Udomchoke and Chuchip, 2005) ได้ทำการศึกษา เรื่อง การกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยทำการค้นหาปัจจัยที่ ก่อให้เกิดภัยแล้งผ่านการใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างปัจจัยต่างๆร่วมกับระบบ สารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อจัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน ประมวลผล และนำเสนอผลการวิเคราะห์ใน ลักษณะของแผนที่ ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้สร้างค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ตามลำดับความสำคัญที่มีอิทธิพลต่อภัยแล้ง อาทิ ดัชนีฝนแล้ง การอุ้มน้ำของดิน พื้นที่ชลประทาน ปริมาณน้ำบาดาล จำนวนวันที่ฝนตกกรายปีเฉลี่ย และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสามารถให้ค่าถ่วงน้ำหนัก คือ 3 : 2.5 : 2 : 1.5 : 1 : 1 ตามลำดับ ทำให้จัดกลุ่มระดับความเสี่ยงภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มี 4 ช่วงชั้น ได้แก่ ระดับไม่เสี่ยงภัยแล้งมีพื้นที่ 8,370.24 ตารางกิโลเมตร ระดับเสี่ยงภัยแล้งต่ำมี พื้นที่ 10,236.22 ตารางกิโลเมตร ระดับเสี่ยงภัยแล้งปานกลางมีพื้นที่ 10,343.06 ตารางกิโลเมตร และ ระดับเสี่ยงภัยแล้งสูงมีพื้นที่ 5,661.74 ตารางกิโลเมตร

ประวิทย์ จันทรณรงค์ (2553: 111-112) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความ แห้งแล้งในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา อิทธิพลของ ปัจจัย เชิงสาเหตุที่มีผลต่อความแห้งแล้ง และวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้ง อีกทั้งหาสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสียหายจากความแห้งแล้ง ประกอบด้วย ปัจจัยเกี่ยวกับ ลักษณะทางธรรมชาติ คือ ปริมาณน้ำฝนต่อปี ปริมาณน้ำบาดาล ลักษณะเนื้อดิน และการระบายน้ำ

ของดิน รวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น คือ คลองชลประทาน และ การใช้ประโยชน์จากที่ดิน โดยมีการจัดลำดับความสำคัญ (Weighting) และค่าน้ำหนักระดับปัจจัย ผ่านผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องจำนวน 17 คน เพื่อทำการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งกับปัจจัยเชิงสาเหตุ และปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ซึ่งมีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 อีกทั้งวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่เป้าหมายมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ การระบายน้ำของดิน (X_5) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.911 มีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือ ลักษณะเนื้อดิน (X_4) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.852 ในขณะที่ปัจจัยอื่นก็พบว่ามีความใกล้เคียงกัน และผลการศึกษาความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งของพื้นที่พบว่า พื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความแห้งแล้งมีพื้นที่ 39.26 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 8.45) พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้งปานกลางมีพื้นที่ 356.85 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 71.61) และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดความแห้งแล้งต่ำมีพื้นที่ 68.31 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 14.71) ผลการศึกษาสอดคล้องกับสำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดนครปฐมซึ่งสามารถสร้างสมการทำนายได้คือ $Y = 1.535 + 0.938X_1 + 0.0982X_2 + 0.999X_3 + 1.006X_4 + 0.989X_5 + 1.039X_6$ โดยสามารถพยากรณ์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งได้ร้อยละ 100

ซุซูกา แก้วพุกชาพิมล (2549: 78-79) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้เทคนิค Fuzzy Logic โดยใช้ฐานข้อมูลมาตรฐานภัยแล้งในประเทศไทย ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ปัจจัยด้านดิน ปัจจัยด้านภูมิประเทศ และปัจจัยด้านอุทกวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้ง โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยหลัก (Criteria/Weighting) และปัจจัยรอง (Factor/Rating) มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Fuzzy Logic อีกทั้งวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA) และแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ระดับได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลทั้ง 2 วิธีข้างต้นมาตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลพื้นที่ภัยแล้งจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2549 เพื่อเปรียบเทียบการใช้เทคนิค Fuzzy Logic กับการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ โดยผลการศึกษาพบว่า เทคนิค Fuzzy Logic สามารถจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงประมาณ 8,780.44 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 85.14) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลางประมาณ 1,532.46 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 14.86) ผลการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่พบว่า พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับสูงมีประมาณ 1,664.93 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 16.15) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลางมีประมาณ 8,097.45 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 78.52) และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งต่ำมีประมาณ 550.51 ตาราง

กิโลเมตร (ร้อยละ 5.34) และผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทั้ง 2 วิธีกับข้อมูลพื้นที่ภัยแล้ง ซึ่งสำรวจโดยกรมพัฒนาที่ดินด้วยวิธี Kappa Index พบว่า การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแบบ Fuzzy Logic มีความถูกต้องเท่ากับ 0.75 ในขณะที่การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (PSA) มีความถูกต้องเท่ากับ 0.47 ทำให้เทคนิค Fuzzy Logic มีความถูกต้องสูงกว่าเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่

สีใ สีสุนแสง (2547: 108-110) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดพิษณุโลก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดพิษณุโลก ข้อมูลระดับปฐภูมิและหัตถภูมิทั้งที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะถูกนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ฐานข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบด้วยตัวแปรสิ่งแวดล้อม 15 ตัวแปร ซึ่งถูกแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านน้ำฝน ด้านศักยภาพน้ำบาดาลและลุ่มน้ำ ด้านระยะห่างจากแหล่งน้ำ และด้านสภาพภูมิประเทศและดินสำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง 3 วิธี ได้แก่ วิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ วิธีสถิติสหสัมพันธ์ และวิธีสถิติจำแนกกลุ่ม วิธีทั้ง 3 วิธีจะช่วยสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ในการกำหนดระดับเสี่ยงภัยแล้งในทุกพื้นที่ขนาด 40x40 เมตร ซึ่งระดับความเสี่ยงจะถูกแบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ไม่เสี่ยง เสี่ยงต่ำ เสี่ยงปานกลาง และเสี่ยงสูง ผลการวิเคราะห์จะถูกนำไปตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้แบบสัมภาษณ์

ผลการวิจัยพบว่า วิธีสถิติจำแนกกลุ่มสามารถให้ความถูกต้องของพื้นที่ภัยแล้งได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น อีกทั้งตัวแปรทั้งหมด 15 ตัวยังสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนของความเสียหายต่อภัยแล้งของพื้นที่ร้อยละ 95.4 โดยระดับความเสี่ยงภัยแล้งสัมพันธ์กับปัจจัยด้านศักยภาพน้ำใต้ดินและลุ่มน้ำ ($R = 0.95$) มากกว่าปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศและดิน ($R = 0.92$) ปัจจัยด้านระยะห่างจากแหล่งน้ำ ($R = 0.91$) และปัจจัยด้านน้ำฝน ($R = 0.88$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามภายในตัวแปรทั้งหมดพบว่า ตัวแปร 4 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรระยะห่างจากพื้นที่ชลประทาน ศักยภาพชั้นหินให้น้ำ ความสามารถให้น้ำของบ่อบาดาล และระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน มีความสัมพันธ์สูงกับระดับความเสี่ยงภัยแล้ง เมื่อคิดเป็นปริมาณของพื้นที่พบว่า มีพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง 1,564,234 ไร่ (ร้อยละ 23.14) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับต่ำ 1,971,628 ไร่ (ร้อยละ 29.17) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับปานกลาง 2,024,055 ไร่ (ร้อยละ 29.94) และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับสูง 1,199,458 ไร่ (ร้อยละ 17.75)

ขวัญชัย ชัยอุดม (2559: 59) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดลพบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งและระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดลพบุรี รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 6,275.35 ตารางกิโลเมตร ทำการวิเคราะห์โดยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Technique) ด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.2 ซึ่งมีปัจจัยที่ใช้

ในการศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี การระบายน้ำของดิน ลักษณะเนื้อดิน พื้นที่ชลประทาน ปริมาณน้ำบาดาล และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และทำการถ่วงน้ำหนักเป็น 6 : 6 : 5 : 4 : 3 ตามลำดับ พบว่าสามารถจัดกลุ่มระดับความเสี่ยงภัยแล้งเป็น 4 ระดับได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากมีพื้นที่ 974.16 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 15.52) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับปานกลาง 1,850.99 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 29.05) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับน้อย 2,122.26 (ร้อยละ 33.82) และพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง 1,327.95 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 21.16)

จิราภรณ์ พูนประสิทธิ์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งโดยวิเคราะห์การถดถอย จังหวัดลพบุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลพบุรี ได้แก่ ปัจจัยด้านอุตุนิยมวิทยา ด้านภูมิประเทศ ด้านอุทกวิทยา ด้านอุทกธรณีวิทยา ด้านปฐพีวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญและตัวแทนบุคลากรจากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องจำนวน 46 คนเป็นผู้ให้คะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weighting) และค่าน้ำหนักคะแนนของระดับปัจจัย (Rating) และทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบขั้นตอน (Stepwise Regression Analysis) ที่ระดับความเชื่อเมื่อร้อยละ 95 และทำการประเมินศักยภาพของพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งกับความเสี่ยงในการเกิดภัยแล้งพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งมีนัยยะสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จำนวน 6 ตัวแปร คือ จำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ย (X_1) ความลาดชันของพื้นที่ (X_2) การใช้ประโยชน์ที่ดิน (X_3) ระดับความสูงของพื้นที่ (X_4) ระยะห่างจากพื้นที่ชลประทาน (X_5) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (X_6) โดยมีสมการพยากรณ์ ความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งคือ $Y = 2.585 - 0.174X_1 + 0.224X_2 - 0.152X_3 + 0.183X_4 - 0.0087X_5 - 0.162X_6$ โดยสมการนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของความเสี่ยงภัยแล้งได้ร้อยละ 85.30 สำหรับปัจจัย ปริมาณน้ำใต้ดิน และคุณสมบัติการระบายน้ำของดิน พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภัยแล้งในพื้นที่ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 ส่วนผลการศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับปานกลางจำนวน 5,296.05 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 81.44) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับต่ำจำนวน 334.39 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 5.14) และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับสูงจำนวน 232.08 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 3.57) ผลการศึกษาส่วนใหญ่สอดคล้องกับรายงานพื้นที่ประสบภัยแล้งของจังหวัดลพบุรี

จิตตวดี สุวจานานนท์ (2546) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยคุณลักษณะของพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดพื้นที่แห้งแล้งในเขตจังหวัดเพชรบุรี โดยใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุแบบขั้นตอน

(Stepwise Regression Analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อีกทั้งประเมินศักยภาพของพื้นที่ในการเกิดภัยแล้งและพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยคุณลักษณะของพื้นที่กับการเกิดภัยแล้ง พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งมี 2 ปัจจัยคือ ความลาดชันของพื้นที่และลักษณะการระบายน้ำของดิน โดยมีสมการพยากรณ์การเกิดภัยแล้งดังนี้ $Y = 0.946 + 0.0147 (X_2) + 0.327 (X_6)$ และ $Y = 1.196 + 0.0156 (X_2) + 0.204 (X_6)$ สำหรับปัจจัยปริมาณความชื้นในดิน องศาความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำของพืช และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภัยแล้งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาศักยภาพในการเกิดพื้นที่แห้งแล้งขึ้นปานกลาง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดพื้นที่แห้งแล้งต่ำ และพบพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดพื้นที่แห้งแล้งมากและมีความเสี่ยงสูงเพียงเล็กน้อยในบริเวณ ตำบลแก่งกระจาน อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี

สมพิศ นิธิยานันท์ (2546: 82-86) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์ภัยแล้งและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวกับภัยแล้ง และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้านปริมาณน้ำฝนกับจำนวนวันที่ฝนตก ด้านอุทกวิทยา และด้านการเกษตรในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือวิเคราะห์เชิงพื้นที่ปัจจัยภัยแล้งแบบจับคู่ซ้อนทับข้อมูลตามระดับความเสี่ยงภัยแล้งที่กำหนดขึ้น ผลการศึกษาพบว่า จากปัจจัยหลักที่ศึกษาจะมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก ปานกลาง และน้อยแตกต่างกัน เป็นไปตามการแบ่งชั้นข้อมูล และลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่กำหนด โดยพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับรุนแรงมากมีพื้นที่ 8,825.80 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 42.50) พบในพื้นที่อำเภอครบุรี สีคิ้ว ด่านขุนทด สูงเนิน แก้งสนามนาง บ้านเหลื่อม บัวใหญ่ ปักธงชัย เสิงสาง โนนไทย โนนแดง ขามสะแกแสง คง กิ่งอำเภอบัวลาน และกิ่งอำเภอสีดา เมื่อพิจารณาถึงระดับการวิเคราะห์ที่มีหน่วยวัดเป็นหมู่บ้านพบพื้นที่ที่มีปัญหาเกี่ยวกับน้ำเพื่อการเกษตรจำนวน 716 หมู่บ้าน (ร้อยละ 21.85) ในขณะที่ปัญหาเกี่ยวกับน้ำอุปโภคและบริโภคมีเพียง 15 หมู่บ้าน (ร้อยละ 0.46) และ 9 หมู่บ้าน (ร้อยละ 0.27) ตามลำดับ

อภิรัฐ ปิ่นทอง (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประเมินความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งในกลุ่มแม่น้ำกลองร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประเมินความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งกลุ่มน้ำกลองผสมผสานการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีตัวแปร 5 ตัวแปร ได้แก่ ปริมาณฝนรายวัน จำนวนวันที่ฝนตก จำนวนวันที่ฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปี และการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ยังประเมินการหาดัชนีความแห้งแล้งที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ความแห้งแล้งในกลุ่มน้ำแม่กลอง ผลการศึกษาพบว่า ฤดูฝนจะเริ่มต้นตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม - เดือนตุลาคม โดยมีจำนวนวันที่ฝนตก 105 วันต่อปี ปริมาณน้ำฝนตกกรายปีเท่ากับ 1,277 มิลลิเมตร และ

ฝนทิ้งช่วงสูงสุดรายปีจำนวน 10-34 วัน ทำให้แนวโน้มของฝนรายปีมีอัตราลดลงเล็กน้อยในลุ่มน้ำย่อย คือ แม่น้ำแควใหญ่ตอนล่าง ที่ราบแม่กลอง ลำภาชี และลำตะเพิน แนวโน้มของฝนรายเดือนมีอัตราลดลงตั้งแต่เดือนมิถุนายน – เดือนกรกฎาคม ทำให้แนวโน้มของจำนวนวันที่ฝนตกมีอัตราลดลง ในขณะที่แนวโน้มของฝนทิ้งช่วงยังมีความคงที่ อย่างไรก็ตามดัชนีความแห้งแล้งที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ฝนแล้งในบริเวณนี้คือ ดัชนีน้ำฝนรายปีแบบเดซิล (Decile Range) ในขณะที่ความแห้งแล้งรายเดือนดัชนีที่เหมาะสมที่สุดคือ Generalized Monsoon Index (GMI) และ Aridity Index นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนรายปีและจำนวนวันที่ฝนตกรวมในลักษณะต่างๆมีความสัมพันธ์ที่ผกผันกัน

ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ (2544) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การผสมผสานเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดมหาสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง ให้ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมี 4 ระดับได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย และพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้ง โดยใช้ตัวแปรทั้งหมด 5 ตัวแปรได้แก่ ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยเขตชลประทาน การใช้ที่ดิน การระบายน้ำของดิน และความหนาแน่นของทางน้ำในเขตตำบล โดยพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดอยู่ในบริเวณอำเภอพยัคภูมิพิสัย

วิภพ แพงวังทอง (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งทางกายภาพของดินในอำเภอบ้านดำนลานทราย จังหวัดสุโขทัย ซึ่งดำเนินการโดยประยุกต์ใช้ดาวเทียมเพื่อสร้างข้อมูลตัวแปรเชิงพื้นที่และใช้ประกอบในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้ง ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลการระเหยของน้ำ ข้อมูลระยะห่างจากแหล่งน้ำ และการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการจำลองข้อมูลตัวแปรเชิงพื้นที่ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ การคายระเหยน้ำ ศักยภาพของชั้นหินในน้ำของดิน ระยะห่างแหล่งน้ำผิวดิน ความลาดชัน ความสูงต่ำของพื้นที่ และความสามารถการระบายน้ำของดิน จากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งคือการระบายน้ำของดินระดับดี และเมื่อศึกษาเปรียบเทียบการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งของทั้งสองวิธี พบว่า การกำหนดค่าคะแนนความแห้งแล้งมาตรฐานของทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยยะสำคัญร้อยละ 95 อีกทั้งตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่การกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งโดยระบบผู้เชี่ยวชาญและวิธีสถิติวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ตลอดจนการสำรวจภาคสนาม พบว่ามีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 60 และ 66 ตามลำดับ

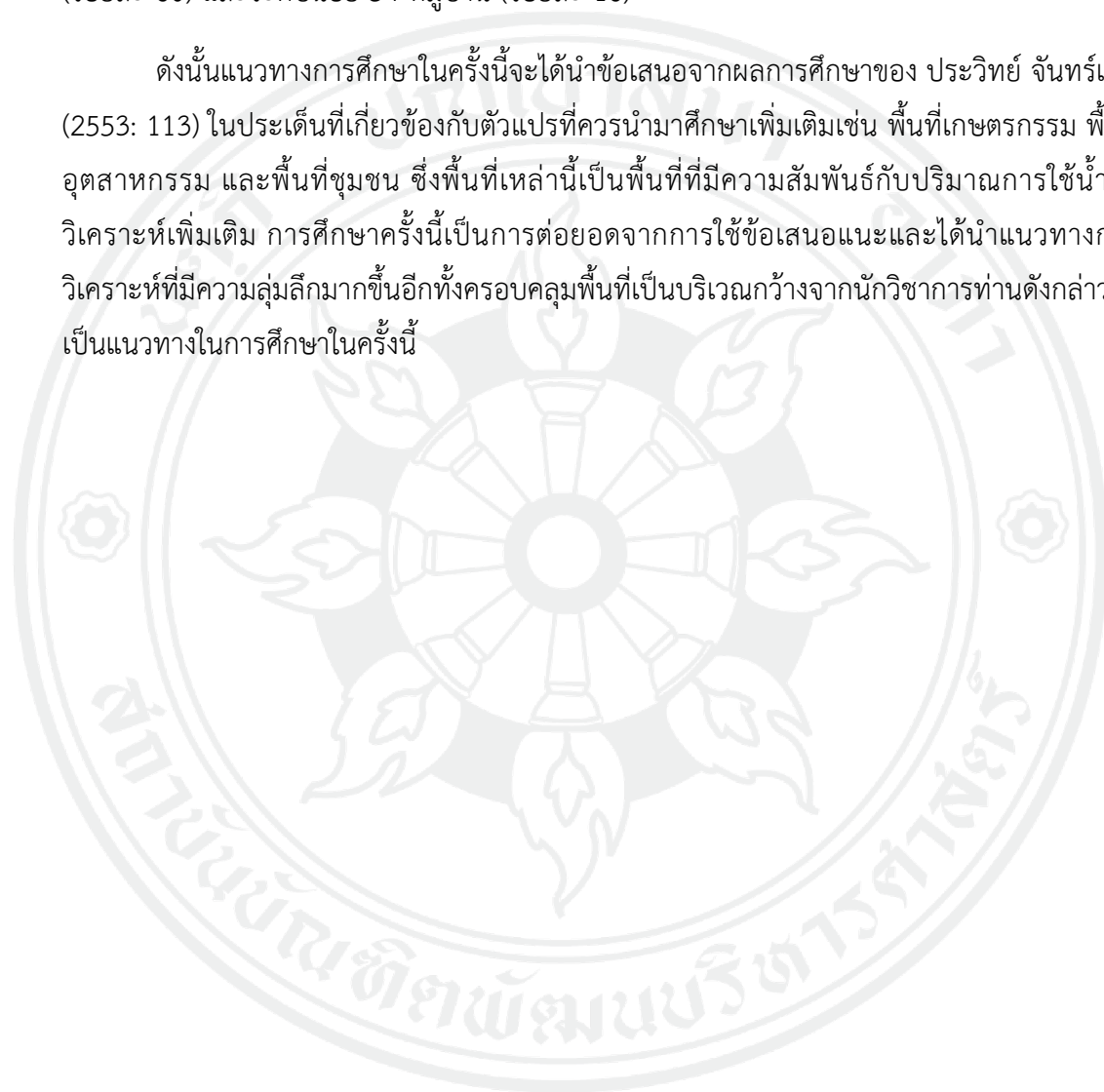
รัศมี สุวรรณธำธร (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่อง แนวทางการวิเคราะห์ความแห้งแล้งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กรณีพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำเชิงญ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยและเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแบบเมทริกซ์ ดัชนี และมัลติเลเยอร์ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผ่านการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา 3 กลุ่มคือ ปัจจัยวินิจฉัยภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี) ปัจจัยวินิจฉัยภัยแล้งเชิงอุทก (พื้นที่ชลประทานและแหล่งน้ำผิวดิน ความหนาแน่นของการระบายน้ำและน้ำใต้ดิน) ปัจจัยวินิจฉัยเชิงกายภาพ (ความลาดชัน การระบายน้ำของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน) โดยการจำแนกระดับความเสี่ยงภัยแล้งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับเสี่ยงมาก ปานกลาง น้อย และน้อยมาก ซึ่งให้ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยวิธีเมทริกซ์ ผู้วิเคราะห์สามารถใช้ความรู้ความชำนาญ และประสบการณ์เข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจจะให้ความถูกต้องมากกว่าการวิเคราะห์โดยสมการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพหากมีการปรับปรุงข้อมูลให้ทันเหตุการณ์และมีองค์ความรู้ที่เป็นปัจจุบันเสมอ

เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครนายก โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อหาแนวทางและขั้นตอนในการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้งานด้านพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง อีกทั้งจัดทำแผนที่พื้นที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งและเป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการลดและป้องกันความเสียหายที่จะเกิดต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในการจำแนกวิเคราะห์ระดับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเป็นรายอำเภอและรายตำบล พบว่า พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับมากมีพื้นที่ 32,034.38 ไร่ (ร้อยละ 2.46) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับปานกลางมีพื้นที่ 839,518.75 ไร่ (ร้อยละ 61.9) พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งระดับน้อยมีพื้นที่ 263,326.89 ไร่ (ร้อยละ 19.43) และพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้งมีพื้นที่ 220,065.00 ไร่ (ร้อยละ 16.24) เมื่อจำแนกหน่วยการวิเคราะห์ระดับอำเภอพบว่า อำเภอบ้านนาที่มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุดประมาณ 28,170.00 ไร่ อำเภอปากพลีมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลางมากที่สุดประมาณ 414,406.00 ไร่ อำเภอเมืองนครนายกมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อยมากที่สุดประมาณ 142,056.88 ไร่ และอำเภอเมืองนครนายกมีพื้นที่ไม่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุดประมาณ 182,401.25 ไร่ ตามลำดับ

ทะนงศักดิ์ อะโน และคณะ (2556: 13) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิค วิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ในลุ่มน้ำห้วยแอก โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ (Potential Surface Analysis: PSA) ประเมินภัยแล้งในลุ่มน้ำห้วยแอกโดยการมีส่วนร่วมของผู้เชี่ยวชาญ หรือมีประสบการณ์จัดการทรัพยากรน้ำ ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กำหนดและสร้างแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง เพื่อทราบพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในลุ่มน้ำห้วยแอก ผลประเมินพื้นที่เสี่ยง

ภัยแล้งด้วยเทคนิค PSA สรุปได้ว่า พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในกลุ่มน้ำห้วยแอกส่วนใหญ่มีความเสี่ยงภัยแล้งปานกลาง 694 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 59) มีความเสี่ยงภัยแล้งมาก 300 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 26) และมีความเสี่ยงภัยแล้งน้อย 173 ตารางกิโลเมตร (ร้อยละ 15) ตามลำดับ โดย 330 หมู่บ้าน มีจำนวนหมู่บ้านที่เสี่ยงเกิดภัยแล้งระดับมาก 79 หมู่บ้าน (ร้อยละ 24) ระดับปานกลาง 197 หมู่บ้าน (ร้อยละ 60) และระดับน้อย 54 หมู่บ้าน (ร้อยละ 16)

ดังนั้นแนวทางการศึกษาในครั้งนี้จะได้นำข้อเสนอจากผลการศึกษาของ ประวิทย์ จันทร์แฉ่ง (2553: 113) ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ควรนำมาศึกษาเพิ่มเติมเช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำมาวิเคราะห์เพิ่มเติม การศึกษาครั้งนี้เป็นการต่อยอดจากการใช้ข้อเสนอแนะและได้นำแนวทางการวิเคราะห์ที่มีความลุ่มลึกมากขึ้นอีกทั้งครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างจากนักวิชาการท่านดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการศึกษาในครั้งนี้



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาเรื่อง “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง” มีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อภัยแล้ง อีกทั้งวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อภัยแล้งโดยนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้และหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงต่อภัยแล้ง ซึ่งเป็นสาเหตุและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการศึกษาตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องประมวลผลคอมพิวเตอร์ (Hardware)

3.1.1.1 ระบบปฏิบัติการ Window 7 Ultimate

3.1.1.2 ขนาด 64 บิต

3.1.1.3 CPU 2.53 GHz

3.1.1.4 RAM 2.00 GB

3.1.1.5 Hard Disk 300 GB

3.1.1.6 Monitor LCD 14.0”

3.1.2 โปรแกรมประมวลผล (Software)

3.1.2.1 ArcMap Version 10.3.1

3.1.2.2 Google Earth Pro

3.1.2.3 SPSS Version 24

3.1.3 เครื่องพิมพ์ (Printer)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับบริบทพื้นที่ศึกษาโดยใช้เอกสารประกอบจากหน่วยงานราชการ ได้แก่ กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดลำปาง สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดลำปาง สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดลำปาง สำนักงานทางหลวงชนบทลำปาง สำนักงานบำรุงทางที่ 2 โครงการชลประทานลำปาง สำนักงานการประปาลำปาง สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดลำปาง กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ

ส่งแวดล้อม เป็นต้น รายละเอียดเกี่ยวกับเอกสารประกอบผู้ศึกษาได้จำแนกออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ข)

- 3.2.1.1 ประวัติความเป็นมา
- 3.2.1.2 ที่ตั้งและอาณาเขต
- 3.2.1.3 สภาพภูมิประเทศ
- 3.2.1.4 สภาพภูมิอากาศ
- 3.2.1.5 ทรัพยากรทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 3.2.1.6 ลักษณะการปกครอง
- 3.2.1.7 สภาพทางเศรษฐกิจ
- 3.2.1.8 สภาพโครงสร้างพื้นฐาน
- 3.2.1.9 สภาพสังคมและวัฒนธรรม

3.2.2 ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์จากหน่วยงานราชการ ได้แก่ กรมแผนที่ทหาร กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน เป็นต้น เพื่อนำมาใช้เป็นปัจจัยในการศึกษาซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดและแหล่งที่มาในภาคผนวก ก และภาคผนวก ฉ)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่นำมาใช้ในการศึกษา

| ชั้นข้อมูล | มาตราส่วน | แหล่งที่มา |
|---------------------------------|------------|---|
| แผนที่ขอบเขตการปกครอง | 1 : 50,000 | กรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2556 |
| แผนที่ปริมาณน้ำฝน | 1 : 50,000 | สร้างจากสถิติปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยา |
| แผนที่พื้นที่ป่าไม้ | 1 : 50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2542 |
| แผนที่ระยะห่างจากพื้นที่ชุ่มน้ำ | 1 : 50,000 | สร้างจากแผนที่พื้นที่ชุ่มน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2558 |
| แผนที่ลักษณะของเนื้อดิน | 1 : 50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2534 |
| แผนที่การระบายน้ำของดิน | 1 : 50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2534 |
| แผนที่พื้นที่เกษตรกรรม | 1 : 50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2558 |
| แผนที่พื้นที่อุตสาหกรรม | 1 : 50,000 | กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2559 |
| แผนที่พื้นที่ชุมชน | 1 : 50,000 | สร้างจากสถิติประชากรของกรมการปกครอง พ.ศ. 2553 |

3.3 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

จากงานศึกษาที่ผ่านมาในอดีตมักใช้ตัวแปรปริมาณน้ำฝนเพียงตัวเดียวในการพยากรณ์การเกิดภัยแล้ง เช่นงานศึกษาของ สุรพันธ์ สันติยานนท์ (2548) นิทัศน์ พรหมพันธุ์ (2548) พาพนันท์ โพธิสาร (2551) จิรภัทร อัสวจินตนาจิตร์ (2551) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ภัยแล้งยังมีตัวแปรหลายที่เข้ามาเกี่ยวข้องทั้งตัวแปรทางธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิอากาศ ความหนาแน่นของลำน้ำ ปริมาณน้ำบาดาล ลักษณะชั้นหิน ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะเนื้อดิน ปริมาณการใช้น้ำของพืช และการระบายน้ำของดิน เป็นต้น และตัวแปรทางกายภาพที่มนุษย์สร้าง เช่น การใช้ประโยชน์จากที่ดิน ระยะห่างจากคลองชลประทาน เป็นต้น มาใช้เป็นตัวแปรเสริมในการพยากรณ์การเกิดภัยแล้งทำให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น เช่นงานศึกษาของ ชาญชัย แสงโขยสวัสดิ์ และวรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ (2520) อีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ (2544) ฐิตตวดี สุวจานานนท์ (2546) สมพิศ นิธิยานันท์ (2546) สีใส ยี่สุนแสง (2547) วีระศักดิ์ อุดมโชค และพุลศิริ ชูชีพ (Udomchoke and Chuchip, 2005) ชัชฎา แก้วพฤษา (2549) จิราภรณ์ พูนประสิทธิ์ (2549) วิภาพ แพงวังทอง (2549) รัชมี สุวรรณธำธร (2550) ประวิทย์ จันทรแฉ่ง (2553) เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์ (2553) ทะนงศักดิ์ อะโน และคณะ (2556) และ ขวัญชัย ชัยอุดม (2559) เป็นต้น ผู้วิจัยจึงนำมาพิจารณาเพื่อใช้กำหนดตัวแปรในการศึกษาดังนี้

3.3.1 ปัจจัยทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะของเนื้อดิน และลักษณะการระบายน้ำของดิน เป็นต้น ตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญในฐานะที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ หากไม่มีสิ่งเหล่านี้ น้ำจากน้ำฝนจะไหลลงสู่แม่น้ำลำคลองและทะเลในที่สุดทำให้ไม่มีน้ำใช้เมื่อเกิดหน้าแล้งทำให้เกิดภัยแล้งตามมา

3.3.1.1 ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

ฝนถูกจัดเป็นตัวแปรสำคัญอย่างยิ่งต่อการเกิดภัยธรรมชาติทั้งภัยแล้ง และ อุทกภัย กล่าวคือ เมื่อมีฝนมากกว่าปกติจะก่อให้เกิดน้ำท่วม ในทางกลับกันถ้ามีฝนน้อยกว่าปกติจะก่อให้เกิดความแห้งแล้ง ดังนั้นตัวแปรปริมาณน้ำฝนจึงมีความสำคัญมากกว่าตัวแปรอื่นๆ ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น ซึ่งพบว่างานวิจัยทั้งภัยแล้งและอุทกภัยจะเลือกใช้ตัวแปรปริมาณน้ำฝนมาเป็นตัวแปรลำดับแรกในการพยากรณ์พื้นที่แห้งแล้ง ดังนั้นเพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของฝนและสาเหตุของฝนมีดังต่อไปนี้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2542: 32-41; ยศพรธรรษนะ, ม.ป.ป)

1) ฝนที่เกิดจากการนำพาความร้อน (Convective Rain) หมายถึง ฝนที่เกิดจากกลุ่มอากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้นจนถึงจุดไอน้ำ และกลั่นตัวลงมาเป็นฝนในตอนเย็นและตอนกลางคืน ลักษณะฝนที่ตกเป็น ฝนแบบโปรย (Rain-Shower) หรือเกิดฝนตกหนักมากเป็นระยะเวลาสั้นๆ

ในขณะที่ฝนตกอาจจะมีพายุพัดรุนแรง มีลูกเห็บตก และฟ้าคะนองรุนแรง โดยทั่วไปฝนประเภทนี้จะปรากฏในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน

2) ฝนปะทะภูเขา (Orographic Rain) หมายถึง ฝนที่เกิดจากลมที่มีความชื้นพัดไปปะทะภูเขา โดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมนี้จะพัดสูงขึ้นและอุณหภูมิลดต่ำลงจนถึงจุดที่ไอน้ำกลั่นตัวตกลงมาเป็นฝน ฝนชนิดนี้เป็นฝนที่ตกมาและตกบ่อยครั้ง โดยจะเริ่มตกตั้งแต่วันที่ 2 ของเดือนพฤษภาคมและสิ้นสุดในสัปดาห์ที่ 2 ของเดือนพฤศจิกายน ตามปกติมักปรากฏในช่วงตอนบ่ายหรือตอนกลางคืน

3) ฝนพายุหมุน (Cyclonic Rain) หมายถึง ฝนที่ก่อตัวขึ้นในทะเลจีนใต้และพัดผ่านมายังประเทศไทยไปทางตะวันตกเข้าสู่ชายฝั่งทะเลเวียดนาม เลยเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พายุที่พัดเข้ามาในประเทศไทยมักจะอ่อนกำลังลงเป็นพายุดีเปรสชันหรือหางพายุ นอกจากนี้ฝนพายุยังเกิดจากการปะทะของอากาศหลายกระแส ซึ่งพัดมาจากทิศทางต่างๆ เช่น ประเทศจีนทางตอนใต้ ฝนชนิดนี้มักปรากฏในเดือนมิถุนายนจนถึงตุลาคม

4) ฝนแนวปะทะ (Frontal Rain) หมายถึง ฝนที่เกิดจากมวลอากาศร้อนและมวลอากาศเย็นมาพบกัน โดยที่มวลอากาศเย็นจะหนุนมวลอากาศร้อนให้ลอยตัวขึ้นบน อุณหภูมิของอากาศจะลดลงจนกลั่นตัวตกลงเป็นฝน ฝนชนิดนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมจนถึงพฤศจิกายน และช่วงเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเมษายน

5) ฝนมรสุม (Monsoon) หมายถึง ฝนที่ตกในฤดูมรสุมและฝนที่ตกต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ทำให้มีปริมาณน้ำฝนมากเมื่อร่องมรสุมพัดผ่าน

6) ฝนช่อมะม่วง (Mango Shower) หมายถึง ฝนขนาดเล็กซึ่งเกิดจากคลื่นในกระแสลมตะวันออกเฉียงใต้พัดผ่านเข้ามาสู่แผ่นดิน มักปรากฏในเดือนมกราคมจนถึงกุมภาพันธ์

7) ฝนชู่ฟ้าคะนอง (Thundery Shower) หมายถึง หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมามีลูกเห็บปะปนมาด้วย

8) ฝนฟ้าคะนอง (Thunderstorm) หมายถึง ฝนที่เกิดขึ้นพร้อมกับฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ประกอบกับลูกเห็บตกด้วย

9) ฝนตกเป็นครั้งคราว (Occasional Rain) หมายถึง ฝนที่ตกไม่ต่อเนื่องกันหยุดนานแล้วก็ตก มีท้องฟ้าครึ้มฝนและเมฆหนา

10) ฝนตกเป็นระยะ (Intermittent Rain) หมายถึง ฝนที่ตกไม่ต่อเนื่องกันเป็นเวลานานแล้วก็ตก ท้องฟ้าครึ้มฝนมีเมฆหนา

11) ฝนตกต่อเนื่องกัน (Continuous Rain) หมายถึง ฝนที่มีลักษณะการตกแบบพรั่างๆ ซึ่งฝนประเภทนี้ได้แก่ ฝนเฉพาะแห่ง ฝนเป็นแห่ง และฝนกระจายเป็นบริเวณกว้าง

12) ฝนโคลน (Mud Rain) หมายถึง ฝนที่มีละอองของดินทราย ผงฝุ่นผสมอยู่ทำให้ฝนที่ตกลงมามีสีคล้ายน้ำโคลน

13) ฝนสีเหลือง (Sulphur Rain) หมายถึง ฝนที่มีฝุ่นสีเหลืองอยู่มาก

14) ฝนเลือด (Blood Rain) หมายถึง ฝนที่มีฝุ่นสีแดงผสมอยู่มาก

จากการสืบค้นข้อมูลทางสถิติอนุกรมเวลา (Time Series Data) ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2528 – 2558 (คาบ 30 ปี) จากทุกสถานีในจังหวัดลำปางจำนวนทั้งสิ้น 23 สถานี (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในภาคผนวก ฉ) การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการจำแนกความแห้งแล้งด้วยวิธีการสัมประสิทธิ์น้ำฝนของ Gibles และ Maher (1967) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ด้วยการใช้ปริมาณน้ำฝนมาพยากรณ์ความแห้งแล้งโดยแบ่งปริมาณน้ำฝนออกเป็น 10 ช่วงเท่าๆกัน (ตารางที่ 3.2) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 การแบ่งช่วงสัมประสิทธิ์โดยการใช้ปริมาณน้ำฝนเพื่อจำแนกความแห้งแล้ง

| ช่วงสัมประสิทธิ์ | ช่วงร้อยละ | เกณฑ์การวัดความแห้งแล้ง |
|------------------|------------------|-------------------------|
| 1 | ต่ำกว่าร้อยละ 10 | แห้งแล้งมากที่สุด |
| 2 | ร้อยละ 10 - 20 | แห้งแล้ง |
| 3 | ร้อยละ 20 - 30 | ค่อนข้างแห้งแล้ง |
| 4-7 | ร้อยละ 30 - 40 | ฝนตกปานกลาง |
| 8 | ร้อยละ 50 - 60 | ฝนตกค่อนข้างดี |
| 9 | ร้อยละ 70 - 80 | ฝนตกดี |
| 10 | ร้อยละ 90 - 100 | ฝนตกมาก |

การคำนวณดัชนีน้ำฝนแบบเดไซล์ (Decile Range) สามารถทำได้โดยการนำค่าปริมาณน้ำฝนรายปีจากแห่งใดแห่งหนึ่ง มาแบ่งเป็นช่วงชั้นข้อมูล 10 ชั้นเท่าๆกัน ช่วงร้อยละ 10 ของการ

แจกแจง แต่ทั้งนี้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนต้องมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นจึงทำการตรวจสอบการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) โดยใช้สถิติดังนี้ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 สถิติทดสอบการกระจายแบบปกติด้วยสถิติพรรณนา

| ประเภทสถิติ | ผลการคำนวณ |
|---|------------|
| ค่าเฉลี่ย (Mean) | 1,077.67 |
| มัธยฐาน (Median) | 1,076.30 |
| ฐานนิยม (Mode) | 864.40 |
| ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) | 141.29 |
| ค่าสูงสุด (Maximum) | 1,368.40 |
| ค่าต่ำสุด (Minimum) | 865.40 |
| พิสัย (Rang) | 503.00 |
| ความโด่ง (Kurtosis) | -0.02 |
| ความเบ้ (Skewness) | 0.54 |

นอกจากนี้ยังได้ทดสอบการกระจายแบบปกติโดยใช้สถิติ T-test เพื่อความชัดเจนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติอีกครั้งดังนี้ (ตารางที่ 3.4) ซึ่งผลการทดสอบความแตกต่างพบว่ามีความมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.99 นั้นหมายถึงข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ จากนั้นจึงนำข้อมูลปริมาณน้ำฝนไปจัดลำดับช่วงชั้นตามดัชนีน้ำฝนแบบเดไซล์ (ตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 3.4 สถิติทดสอบการกระจายแบบปกติด้วยสถิติ T-test

| น้ำปริมาณฝน | ค่าเฉลี่ย | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน | t | df | Sig (2-tailed) |
|-------------|-----------|----------------------|---------|----|----------------|
| >1,077.67 | 984.38 | 75.61 | - 5.527 | 21 | 0.000 |
| < 1,077.67 | 1,198.97 | 110.70 | | | |

P < 0.001

ตารางที่ 3.5 ดัชนีน้ำฝนแบบเดไซล์ (Rainfall Decile Range)

| ช่วงสัมประสิทธิ์ | ปริมาณน้ำฝน | สภาวะฝน | ระดับความเสี่ยงภัยแล้ง |
|------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
| 1 | < 882.56 | แห้งแล้งมากที่สุด | 5 |
| 2 | > 882.56 – 938.04 | แห้งแล้ง | 4 |
| 3 | > 938.04 – 993.53 | ค่อนข้างแห้งแล้ง | 3 |
| 4-7 | > 993.53 – 1,215.46 | ฝนตกปานกลาง | 2 |
| 8 | > 1,215.46 | ฝนตกค่อนข้างดี | 1 |
| 9 | > 1,270.94 | ฝนตกดี | 1 |
| 10 | > 1,326.42 | ฝนตกมาก | 1 |

แหล่งที่มา: ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (คาบ 30 ปี) ตั้งแต่ พ.ศ. 2528 – พ.ศ. 2558 จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน และกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 23 สถานี

| หมายเหตุ: ระดับความเสี่ยง | 1 | หมายถึงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด |
|---------------------------|---|---------------------------------------|
| ระดับความเสี่ยง | 2 | หมายถึงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก |
| ระดับความเสี่ยง | 3 | หมายถึงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง |
| ระดับความเสี่ยง | 4 | หมายถึงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย |
| ระดับความเสี่ยง | 5 | หมายถึงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อยที่สุด |

จากการคำนวณปริมาณน้ำฝนแบบเดไซล์ผู้ศึกษาจึงได้กำหนดเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเพื่อจำแนกสภาพพื้นที่ในจังหวัดลำปาง ได้ดังนี้ (ตารางที่ 3.6)

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแบบเดไซล์

| ปริมาณน้ำฝน | สภาพพื้นที่ | ระดับความเสี่ยงภัยแล้ง |
|---------------------|-------------------|------------------------|
| < 882.56 | แห้งแล้งมากที่สุด | 5 |
| > 882.56 – 938.04 | แห้งแล้ง | 4 |
| > 938.04 – 993.53 | ค่อนข้างแห้งแล้ง | 3 |
| > 993.53 – 1,215.46 | ฝนตกปานกลาง | 2 |
| > 1,215.46 | ฝนตกค่อนข้างดี | 1 |

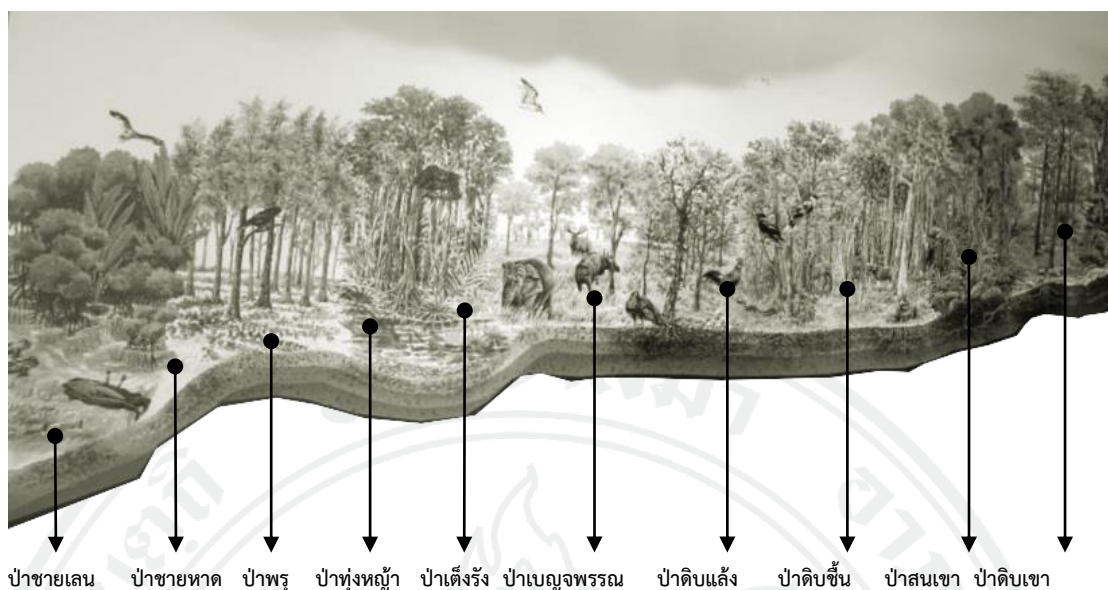
3.3.1.2 พื้นที่ป่าไม้ (Forest Area)

ป่าไม้สามารถเป็นแหล่งกักเก็บน้ำฝน ป้องกันการขาดแคลนน้ำอีกทั้งลดความรุนแรงของผลกระทบจากน้ำท่วม จากการรายงานของหน่วยงานทางสิ่งแวดล้อมของสหภาพยุโรป (European Environment Agency, 2015) แสดงให้เห็นว่าศักยภาพในการกักเก็บน้ำของป่าในยุโรป พบว่ามีพื้นที่หนึ่งในสามของทวีป มีประชากรที่อาศัยอยู่ในป่าและบริเวณใกล้เคียงประมาณ 296 ล้านคน ป่าจึงมีความสำคัญกับชีวิตมนุษย์และระบบนิเวศในฐานะที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ จากข้อมูลของกรมป่าไม้ (อรรถัย มิ่งธิพล, 2536: 17) ได้จำแนกประเภทและสภาพป่าไม้ในบริเวณลุ่มแม่น้ำวัง โดยมีทั้งหมด 3 ประเภท (ภาพที่ 3.1) ดังต่อไปนี้

1) ป่าดิบชื้น (Moist Evergreen Forest) ส่วนใหญ่มักพบตามหุบเขา ริมลำน้ำ หรือบนภูเขาสูงที่มีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสูง เป็นชนิดที่ไม่ผลัดใบจึงมีสีเขียวตลอดปีส่วนใหญ่เป็นตระกูลไม้ยาง เช่น ยาง ตะเคียน สยา เคี่ยม หลุมพอ ไม้พื้นล่างได้แก่ ไม้เขียว ปาล์ม หวาย และเถาวัลย์ต่างๆ

2) ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ส่วนใหญ่พบขึ้นในที่ระดับสูงกว่า 1,000 เมตร และอาจพบตามหุบเขาหรือไหล่เขาที่มีความชื้นสูงโดยสังเกตจากการที่พวกมอส เฟิร์น และพืชอวบน้ำขึ้นอยู่ ไม้พื้นล่างประกอบด้วยไม้พุ่มและไม้ล้มลุก ไม้ส่วนใหญ่เป็นพวกก่อ ชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญได้แก่ ก่อสีเสียด ก่อแพะ ก่อเดือย ก่อแป้น ก่อนก ก่อหมี ขุนไม้ มณฑาป่า ทะโล้ กำลังเสือโคร่ง และอบเชย

3) ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ส่วนใหญ่มักพบเป็นแนวแคบๆ ตามเชิงเขาและริมลำห้วยจนถึงบริเวณเชิงเขาก่อนจะถึงป่าดิบเขาที่มีความลาดชันไม่มากนัก โดยทั่วไปจะพบป่าชนิดนี้ในระดับต่ำกว่า 600 เมตร มีพันธุ์ไม้ที่สำคัญได้แก่ ตะเคียนหิน กะบก สมอพิเภก สมพง ตาเสือ มะม่วงป่า และไม้พลอง



ภาพที่ 3.1 ประเภทป่าไม้จำแนกตามลำดับชั้นความสูงของพื้นที่

แหล่งที่มา: ดัดแปลงจาก พิพิธภัณฑสถานธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2559)

จากฐานข้อมูลด้านทรัพยากรป่าไม้ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2542 ผู้ศึกษาจึงได้นำมาจำแนกพื้นที่ที่มีป่าไม้และไม่มีพื้นที่ป่าไม้ โดยพิจารณาจากเขตพื้นที่ป่าไม้ถาวรของจังหวัดลำปางออกเป็น 2 ชั้น (ตารางที่ 3.7) ดังนี้

ตารางที่ 3.7 ระดับชั้นข้อมูลของประเภทป่าไม้

| ระดับชั้นข้อมูล | ประเภทพื้นที่ป่าไม้ |
|-----------------|---------------------|
| 1 | ไม่มีพื้นที่ป่าไม้ |
| 2 | มีพื้นที่ป่าไม้ |

3.3.1.3 ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (Distance from wetlands)

พื้นที่แหล่งน้ำ หรือ พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands Area) หมายถึง พื้นที่ลุ่ม ที่ราบลุ่ม ที่ลุ่มชื้นแฉะ พรุ แหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งมีน้ำขัง หรือน้ำท่วมถาวร และชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่ง และน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึงพื้นที่ชายฝั่งทะเลและพื้นที่ของทะเลในบริเวณที่มีน้ำลงต่ำสุดมีความลึกของระดับน้ำไม่เกิน 6 เมตร (Ramsar Convention Secretariat, 2013) ในขณะที่คำจำกัดความในทางนิเวศ พื้นที่ชุ่มน้ำ หมายถึง พื้นที่ระหว่างสังคมระบบนิเวศในน้ำและระบบนิเวศบนบกซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ระดับผิวดิน ไกล่ผิวดิน หรือมีน้ำท่วมขังเล็กน้อย โดยมีองค์ประกอบ 3 ประการได้แก่ พันธุ์ไม้น้ำ

(Hydrophyte) ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Hydric Soil) และช่วงเวลาของการท่วมขังของน้ำ (Inundation Period)

ความสำคัญของพื้นที่ชุ่มน้ำในด้านการป้องกันภัยธรรมชาติ คือ การเป็นแหล่งเก็บกักน้ำฝนและน้ำท่า ช่วยลดปัญหาและป้องกันน้ำท่วมฉับพลัน ช่วยรักษาสมดุลของระดับน้ำใต้ดิน เป็นแหล่งน้ำใช้ของชุมชนในฤดูแล้ง ช่วยชะลอการไหลของน้ำ ช่วยดักจับกักเก็บธาตุอาหาร ดักจับตะกอนลดการตื้นเขินของอ่าวและ รักษาคุณภาพของพื้นที่ชายฝั่งทะเลและน้ำในทะเล ช่วยดักจับสารพิษหลายชนิด ที่พัดมากับน้ำและตะกอนไว้ ลดอันตรายที่เกิดกับระบบนิเวศ ตลอดจนถึงพืชพรรณในพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยเฉพาะป่าชายเลนช่วยป้องกันรักษาชายฝั่งทะเลและลดการพังทลายของชายคลองชายฝั่ง (มงคล ไชยภักดี และวัลยา ชนิดตาวงศ์, 2551: 153-154)

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2545) ได้สำรวจพื้นที่ชุ่มน้ำทั่วประเทศไทยในปี พ.ศ. 2540-2541 พบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำประเภทแหล่งน้ำจืดแบบคลองห้วย ลำธาร แม่น้ำ มีจำนวน 25,008 แห่ง คิดเป็นพื้นที่ 2,765 ตารางกิโลเมตร รองลงมาคือ พื้นที่ชุ่มน้ำแบบบึง ทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ มีจำนวน 14,128 แห่ง คิดเป็นพื้นที่ 8,510 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชุ่มน้ำประเภทหนองน้ำ และที่ลุ่มแฉะจำนวน 1,993 แห่ง คิดเป็นพื้นที่ 5,134 ตารางกิโลเมตร รวมทั้งสิ้นประมาณ 36,616 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 7.5 ของพื้นที่ประเทศไทย อย่างไรก็ตามพื้นที่ดังกล่าวไม่รวมถึงพื้นที่นาข้าว แต่จำแนกเป็นพื้นที่น้ำจืดร้อยละ 44.8 และพื้นที่ชายฝั่งร้อยละ 55.22 (ยศพรธ์ วรรณนะ, ม.ป.ป.) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) พื้นที่ชุ่มน้ำประเภทน้ำจืด

1.1) แหล่งน้ำไหล (Riverine) หมายถึง ต้นน้ำอาจมีน้ำขนาดเล็กและจะค่อยๆใหญ่ขึ้นในช่วงตอนปลายน้ำ อาทิ แม่น้ำ ลำธาร และคลอง เป็นต้น

1.1.1) แม่น้ำและลำธาร หมายถึง ธารน้ำขนาดใหญ่ที่มีมวลน้ำไหลตลอดปีจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ หรือจากต้นน้ำไปสู่ปลายน้ำคือ ทะเลหรือมหาสมุทร แม่น้ำและลำธารจัดเป็นแหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน เป็นต้น

1.1.2) ลำห้วย หมายถึง แอ่งน้ำที่กว้างมีทางน้ำไหลมาจากภูเขา และขังอยู่ตลอดปีหรือแห้งบ้างเพียงชั่วคราว

1.1.3) คลอง หมายถึง ทางน้ำที่เกิดจากการขุดของมนุษย์ เช่น คลองแสนแสบ คลองดำเนินสะดวก เป็นต้น

1.2) แหล่งน้ำนิ่ง (Closed Water Body) หมายถึง พื้นที่ที่อาจมีทางติดกับแม่น้ำ ลำธาร หรือบริเวณที่มีน้ำท่วมถึงในบางแห่งแหล่งน้ำปิดอาจได้รับน้ำจากน้ำฝนแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่บางแห่งก็ได้รับน้ำจากการท่วมล้นของแม่น้ำและการไหลลงมาโดยลำธารหลายสาย แหล่งน้ำนิ่งจะไม่มี การขึ้นลงของน้ำ โดยส่วนใหญ่จะเกิดจากกระแสน้ำ แหล่งน้ำนิ่งที่สำคัญได้แก่ ทะเลสาบ บึง หนอง บ่อ และอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

1.2.1) ทะเลสาบ หมายถึง แหล่งน้ำปิดที่อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้นก็ได้ มีพื้นที่กว้างและลึก ทะเลสาบธรรมชาติได้แก่ ทะเลสาบสงขลา เป็นต้น

1.2.2) บึง หมายถึง พื้นที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมตลอดปี และมีต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่โดยรอบบริเวณบึง มีความลึกพอประมาณ ได้แก่ บึงบอระเพ็ด บึงสีไฟ เป็นต้น

1.2.3) อ่างเก็บน้ำ หมายถึง แอ่งน้ำขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นเพื่อกักเก็บน้ำสำหรับประโยชน์ทางการเกษตร

1.2.4) เขื่อน หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อขวางกั้นลำน้ำ และกักเก็บน้ำไว้ในเพื่อประโยชน์ในการชลประทาน เช่น เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ เป็นต้น

2) พื้นที่ชุ่มน้ำประเภทชายฝั่งทะเล

2.1) ทะเล หรือชายฝั่งทะเล (Marine) หมายถึง บริเวณที่ไม่อยู่ภายใต้อิทธิพลของกระแสน้ำจากแม่น้ำ ได้แก่ ทะเลสาบน้ำเค็ม น้ำกร่อย หาดทราย แนวปะการัง เป็นต้น

2.1.1) ทะเลสาบน้ำเค็ม หมายถึง ชายฝั่งทะเลสาบ ซึ่งได้มาจากการเกิดของพุกสันดอนทราย หรือแนวปะการังตามแนวชายฝั่ง บริเวณน้ำตื้น และทะเลสาบน้ำเค็มในเกาะรูปร่างแหงเกิดจากแนวหินปะการัง นั้นเกิดจากการโตของปะการัง และบริเวณกลางค่อยๆจมลงอย่างช้า เช่น บริเวณทะเลสาบสงขลา และทะเลน้อย เป็นต้น

2.1.2) น้ำกร่อย หมายถึง น้ำเค็มจากทะเลผสมกับน้ำจืดสามารถพบได้บ่อยตามปากอ่าวแม่น้ำออกทะเล เช่น บริเวณสมุทรปราการ (แม่น้ำเจ้าพระยาออกสู่ทะเล) บริเวณสมุทรสาคร (แม่น้ำท่าจีนออกสู่ทะเล) และบริเวณสมุทรสงคราม (แม่น้ำแม่กลองออกสู่ทะเล) เป็นต้น

2.1.3) หาดทราย หมายถึง การสะสมตัวของตะกอนทราย หรือ เปลือกหอย เศษปะการัง ที่พัดพามาตามกระแสน้ำชายฝั่ง โดยมีลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่ เช่น หาดชะอำ เป็นต้น

2.1.4) แนวปะการัง หมายถึง ปะการังที่เกิดขึ้นตามแนวชายฝั่งทะเลตื้นๆ หน้าที่ของแนวปะการังจะช่วยกรองน้ำไหลเวียนเป็นการรักษาคุณภาพน้ำในเขตชายฝั่งทะเลและลดแรงกระแทกของคลื่นต่อจากชายฝั่งจึงช่วยลดการกัดเซาะ

2.2) ปากแม่น้ำหรือซอกทะเล (Estuarine) หมายถึง บริเวณที่แม่น้ำและทะเลมาบรรจบกัน และมีความเค็มอยู่ระหว่างน้ำทะเลและน้ำจืด เช่น แม่น้ำกระบุรี เป็นต้น

2.2.1) ดินดอนสามเหลี่ยม หมายถึง พื้นที่เฉพาะกับแม่น้ำที่พัดพาเอาตะกอนขนาดเล็ๆจำพวกทรายละเอียด และโคลนมากับลำน้ำเป็นปริมาณมากแล้วมาตกตะกอนทับถมบริเวณปากแม่น้ำ จากนั้นแม่น้ำจะพัดพาเอาตะกอนมาสะสมอยู่เป็นเวลานาน จากนั้นจะปรากฏเป็นสันทรายบริเวณปากแม่น้ำและในที่สุดแม่น้ำก็จะแตกแขนงเป็นสองสาขาและมีลักษณะเป็นดินดอนสามเหลี่ยม เช่น บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นต้น

2.2.2) ที่ราบลุ่มน้ำขึ้นถึง หมายถึง บริเวณหาดโคลนที่เกิดจากการสะสมตัวตะกอน พื้นที่ชายฝั่งบริเวณดังกล่าวนอกจากจะปกคลุมด้วยพรรณไม้ ป่าชายเลน และอาจพบแหล่งหญ้าทะเล เช่น อ่าวคุ้งกระเบน ดอนหอยหลอด เป็นต้น

2.2.3) ป่าชายเลน หมายถึง พื้นที่ที่สภาพลุ่มน้ำเค็มหรือน้ำกร่อยที่มีต้นไม้ชายเลนขึ้นอยู่เป็นส่วนใหญ่ เช่น ต้นโกงกาง แสม ลำพู ชะครา เช่น ป่าชายเลนอุทยานแห่งชาติอ่าวพังงา ป่าชายเลนศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

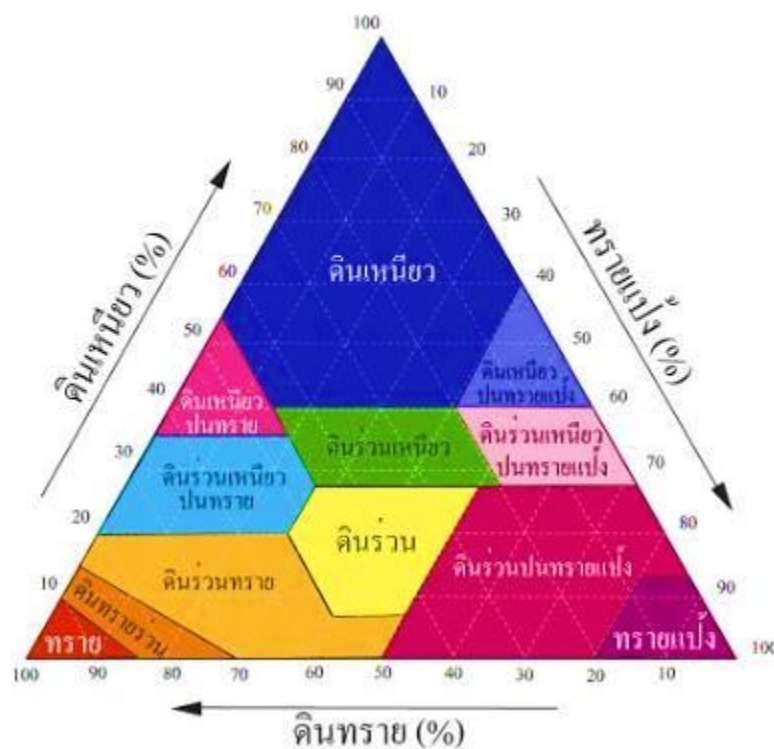
ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้ง ซึ่งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าพื้นที่เหมาะสมต่อการประกอบกิจกรรมต่างๆของมนุษย์นั้นเกิดขึ้นในบริเวณใกล้แหล่งน้ำทั้งสิ้น พื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่แหล่งน้ำนั้นจะถูกใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค การทำเกษตรกรรม ตลอดจนจนถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำทุกประเภท อาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำทั้งแหล่งน้ำตามธรรมชาติ หรือพื้นที่แหล่งน้ำที่สร้างขึ้นจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งต่ำ ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากแหล่งน้ำย่อมมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภัยแล้ง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2542: 32-41) อย่างไรก็ตามสภาพพื้นที่ของจังหวัดลำปางอยู่ทางตอนบนของประเทศไทยจึงมีเพียงพื้นที่ชุ่มน้ำประเภทน้ำจืดเท่านั้น ทั้งแบบน้ำไหล และแบบน้ำนิ่ง เช่น แม่น้ำวัง เขื่อนกิ่วคอหมา เขื่อนกิ่วลม และอ่างเก็บน้ำจำนวนมาก เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้พื้นที่ชุ่มน้ำประเภทน้ำจืดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น โดยนำฐานข้อมูลพื้นที่ชุ่มน้ำของกรมพัฒนาที่พ.ศ. 2558 มาแบ่งเกณฑ์ระยะห่างของพื้นที่แหล่งน้ำโดยใช้เกณฑ์ของ สีใส ยี่สุนแสง (2547: 71) ออกเป็น 4 ระดับ (ตารางที่ 3.8) ดังนี้

ตารางที่ 3.8 ระดับชั้นข้อมูลของระยะห่างจากพื้นที่ชุ่มน้ำ

| ระดับชั้นข้อมูล | ประเภทระยะห่างจากพื้นที่ชุ่มน้ำ |
|-----------------|---------------------------------|
| 1 | > 3,000 เมตร |
| 2 | > 2,000 – 3,000 เมตร |
| 3 | > 1,000 – 2,000 เมตร |
| 4 | < 1,000 เมตร |

3.3.1.4 ลักษณะของเนื้อดิน (Soil Texture)

ดิน มีความสำคัญต่อมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตบนโลก เพราะเป็นแหล่งที่มาของปัจจัยสี่เพื่อการดำรงชีพ ได้แก่ เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื้อดินเป็นลักษณะที่รับรู้ได้จากการสัมผัสถึงความหยาบ ความเนียน ความเหนียว เป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการอุ้มน้ำ การดูดซับธาตุอาหาร เนื้อดินเป็นผลจากการรวมตัวของอนุภาคดินขนาดต่างๆกันในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป อนุภาคดินเกิดจากการผุพังของหินและแร่ชนิดต่างๆหรือการตกตะกอน อนุภาคของดินสามารถแบ่งออกได้ตามขนาด ได้แก่ อนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว และรวมตัวกันเป็นอนุภาคทั้งสามขนาดในสัดส่วนที่แตกต่างกันทำให้เกิดเป็นเนื้อดินที่แตกต่างกัน (ภาพที่ 3.2) ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของดินดังต่อไปนี้ (ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการกรม กรมพัฒนาที่ดิน, 2530:5-10)



ภาพที่ 3.2 ตารางสามเหลี่ยมดิน

แหล่งที่มา: ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ (2559)

1) ดินทราย หมายถึง ดินที่มีอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบสูง ปกติดินทรายเป็นดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดีมาก แต่การอุ้มน้ำต่ำ น้ำซึมผ่านได้อย่างรวดเร็วมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพราะความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารที่น้อย พืชที่ขึ้นบนดินทรายจึงมักขาดทั้งธาตุอาหารและน้ำ อย่างไรก็ตามดินทรายในพื้นที่ลุ่มอาจพบการขังของน้ำได้

2) ดินร่วน หมายถึง ดินที่มีสัดส่วนอนุภาคทั้งสามในขนาดระดับที่สมดุลกัน ในสภาพดินแห้งจะจับกันเป็นก้อนแข็งพอประมาณ ในสภาพดินชื้น ดินจะยึดหยุ่นได้บ้างเมื่อสัมผัสหรือคลึงดินจะรู้สึกนุ่มมือ ในทางกลับกันเมื่อกำดินให้แน่นในฝ่ามือแล้วคลายออก ดินจะจับกันเป็นก้อนและไม่แตกออกจากกัน โดยทั่วไปดินร่วนเป็นดินที่มีความเหมาะสมในการทำการเกษตร เพราะไถพรวนง่าย มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี อย่างไรก็ตามดินร่วนที่มีอนุภาคทรายมากหรือดินร่วนปนทรายมักพบว่ามีความสมบูรณ์ต่ำ ดูดซับอาหารได้น้อย ในทางตรงกันข้ามดินร่วนที่มีอนุภาคขนาดทรายแป้งมากเกินไป ดินจะจับตัวแน่นเมื่อแห้งจะจับตัวเป็นแผ่นแข็งทำให้การซึมน้ำของรากพืช หรือการงอกของเมล็ดทำได้ยากขึ้น

3) ดินเหนียว หมายถึง ดินที่มีอนุภาคดินเหนียวในปริมาณสูง ทำให้มีเนื้อละเอียดโดยปกติดินเหนียวในที่ลุ่มเมื่อน้ำแห้งจะเกาะตัวกันเป็นก้อนแข็งทำให้การไถพรวนมีความ

ยากลำบาก ในขณะที่เปียกจะเหนียวมากจนติดเครื่องมือไถพรวน ดินเหนียวโดยทั่วไปมีความยึดหยุ่นสูงสามารถปั้นเป็นก้อนหรือคลึงเป็นเส้นยาวได้ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ดูดซับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารพืชได้ ในทางตรงข้ามดินเหนียวสีแดง เม็ดดินจะเกาะตัวน้อย การดูดซับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารต่ำ แต่จะมีโครงสร้างดีเมื่อแห้งไม่แข็งมาก ทำให้การไถพรวนมีความง่ายดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้ ได้ใช้ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2534 ซึ่งได้จำแนกประเภทลักษณะของเนื้อดินไว้แล้วมาจำแนกชั้นข้อมูลของลักษณะเนื้อดินออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว

3.3.1.5 การระบายน้ำของดิน (Soil Drainage)

การระบายน้ำของดิน หมายถึง ความมากน้อยความถี่และระยะเวลาของการที่มีน้ำแช่ขังอยู่ในดิน หรือการที่น้ำจะไหลออกไปจากพื้นดิน ทั้งการไหลผ่านหน้าดินหรือการไหลซึมลงไปยังพื้นดินด้านล่างก็ตาม การระบายน้ำของดินสามารถวัดโดยการสังเกตลักษณะหรือระยะเวลาของการที่ดินมีน้ำขังโดยตรง ดังเช่น ในบริเวณที่ดินมักจะมีน้ำขังอยู่เสมอ หรือที่เรียกว่าดินมีการระบายน้ำได้ไม่ดี สีของดินจะมีลักษณะเป็นสีเทา และมีจุดประสีเหลืองน้ำตาลหรือแดงคล้ายสนิมปะปนอยู่ตลอดชั้นหน้าตัดดิน ในขณะที่บริเวณที่ดินหรือบริเวณที่ไม่มีน้ำขัง ดินจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเหลืองหรือแดงซึ่งถูกจัดว่าเป็นดินประเภทที่มีการระบายน้ำได้ดี เป็นต้น (ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขานุการกรม กรมพัฒนาที่ดิน, 2530: 53)

ดังนั้นลักษณะการระบายน้ำของดินจัดเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับตัวแปรลักษณะของเนื้อดิน เนื่องจากเป็นตัวชี้วัดถึงการมีอยู่ของปริมาณน้ำในดิน โดยดินเนื้อละเอียดจะมีการระบายน้ำได้ไม่ดี (เลว) ดินเนื้อหยาบจะมีการระบายน้ำได้ดี ดังนั้นสภาพพื้นที่ที่มีส่วนประกอบของดินทรายมากจะมีการระบายน้ำได้ดีทำให้ไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ ทำให้มีผลต่อการเกิดขึ้นของภัยแล้ง (ประวิทย์ จันทรแฉ่ง, 2553: 38) อย่างไรก็ตามเราสามารถจัดกลุ่มประเภทการระบายน้ำของดินใหญ่ๆ 2 ประเภท ได้แก่ การระบายน้ำผิวดิน (external drainage) และการระบายน้ำภายในดิน (internal drainage) การระบายน้ำของดินสามารถแบ่งเป็น ชั้นการระบายน้ำ (drainage class) ได้แก่ การระบายน้ำเลวมาก (very poorly drained) การระบายน้ำเลว (poorly drained) การระบายน้ำค่อนข้างเลว (somewhat poorly drained) การระบายน้ำปานกลาง (moderately drained) การระบายน้ำดี (well drained) การระบายน้ำค่อนข้างมาก (somewhat excessively drained) การระบายน้ำมากเกินไป (excessively drained) (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2554) ดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้ได้ใช้ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2534 ซึ่งได้จำแนกประเภทลักษณะการระบายน้ำของดินไว้แล้วออกเป็นชั้นข้อมูลการระบายน้ำของ

ดินจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ การระบายน้ำของดินดี การระบายน้ำของดินปานกลาง การระบายน้ำของดินค่อนข้างเลว และการระบายน้ำของดินเลว

3.3.2 ปัจจัยทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น

3.3.2.1 พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Area)

การทำเกษตรกรรมมีความสำคัญในฐานะที่เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำของมนุษย์โดยการเพาะปลูกพืช พืชทุกชนิดนั้นต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำของพืชนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโต โดยปกติพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มมีการเพาะปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมากที่สุดเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ ออกดอกออกผล จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงเมื่อถึงช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตของพืชสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงแตกใบ ช่วงออกดอกและออกผล (ธีระพล ตั้งสมบูรณ์, 2549: 22) ดังต่อไปนี้

1) ช่วงแตกใบ แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ เมื่อพืชยังอ่อนอยู่ และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้ว พืชชนิดนี้มีความต้องการน้ำน้อยมากหรืออาจถูกเก็บเกี่ยวที่ช่วงการเจริญเติบโตระยะเวลาในเวลานึงก็ได้เช่น ผักกาดขาว ผักคะน้า กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง หนุ่ยเลี้ยงสัตว์

2) ช่วงออกดอก คือ พืชที่ใช้น้ำระดับปานกลางเช่นพวกดอกไม้ต่างๆ และพวกผักที่ใช้ดอกเป็นอาหาร เช่น กะหล่ำดอก เป็นต้น

2) ช่วงออกผล แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ผลหรือเมล็ดยังสดอยู่ และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้ง พวกที่ใช้ผลสดเป็นอาหารเช่น มะเขือเทศ ข้าวโพด ส้ม กล้วย แตงโม เป็นต้น ในขณะที่บางพวกต้องรอให้แห้งเสียก่อนจึงสามารถเก็บเกี่ยวได้เช่น ข้าว ฝ้าย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเขียว และถั่วเหลือง เป็นต้น

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของกรมพัฒนาที่ดินเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีพ.ศ. 2559 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปาล์มน้ำมัน อ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ข้าวนาปรัง ทูเรียน ลำไย กาแฟ ยางพารา มังคุด เงาะ สับปะรด ถั่วเหลือง ถั่วลิสง มะพร้าว กล้วยไข่ กล้วยหอม ส้มโอ ทานตะวัน และอื่นๆ นำมาจัดประเภทใหม่ 3 ประเภท ได้แก่ พืชช่วงแตกใบ พืชช่วงออกดอก และพืชช่วงออกผล เป็นต้น

3.3.2.2 พื้นที่อุตสาหกรรม (Industrial Area)

พื้นที่อุตสาหกรรม หมายถึง พื้นที่ที่มีการแปรสภาพวัตถุประสงค์ที่ดำเนินการโดยใช้เงินทุนและแรงงานจำนวนมาก เพื่อให้มีการดำเนินการสร้างผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อการค้าพาณิชย์ ทั้งการทำเหมืองแร่ การขุดบ่อน้ำมัน การทำป่าไม้ การทำประมง และการบริการในเชิงการค้า (ภาคียะ พัฒนาศักดิ์, ม.ป.ป: 290) จากการรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สศอ.) เปิดเผยว่า ประเทศไทยถูกจัดเป็น 1 ใน 10 ประเทศที่มีการใช้น้ำมากที่สุด โดยภาคอุตสาหกรรมการเกษตรมีการใช้น้ำมากที่สุด อีกทั้งอุตสาหกรรมอาหารมีแนวโน้มว่าเริ่มมีการใช้น้ำในปริมาณมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ จนทำให้ประเทศไทยเริ่มวางแผนด้านการจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อป้องกันและรับมือกับปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อให้เกิดความยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรมไทย (ไทยรัฐ, 2557) ดังนั้นการทำอุตสาหกรรมจึงเป็นตัวแปรสำคัญประการหนึ่งในการนำไปสู่ปัญหาภัยแล้ง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมโดย กรมโยธาธิการและผังเมือง (2549) สามารถจำแนกพื้นที่อุตสาหกรรมได้ ซึ่งดังต่อไปนี้

- 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมทั่วไป หมายถึง พื้นที่ให้ใช้ประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรมเท่านั้น ห้ามจัดสรรที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย
- 2) การใช้ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ หมายถึง พื้นที่ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอุตสาหกรรมเฉพาะที่มีในชุมชน เช่น การทอผ้า แกะสลัก ซ่อมรถยนต์ กลึงและหล่อหลอมโลหะ วัสดุก่อสร้าง เป็นต้น นั้นหมายถึงอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานในชุมชน และเป็นบริเวณที่มีความพร้อมด้านสาธารณูปโภค และการบริการขั้นพื้นฐาน
- 3) การใช้ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมประเภทคลังสินค้า หมายถึง พื้นที่คลังเก็บสินค้า โรงงานเก็บพัสดุ โกดัง รวมถึงยู้งฉางที่เก็บพืชผลทางการเกษตร ทั้งนี้รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นลานโล่งเพื่อวางพัสดุขนาดใหญ่ (Container Yard) ทั้งนี้อาจมีการกำหนดพื้นที่บริเวณเฉพาะแห่งที่มีความสะดวกในการขนส่ง เช่น ท่าเรือ สถานีรถไฟ หรือบริเวณเขตภายในสถานประกอบการด้านการคมนาคมและขนส่ง เป็นต้น

อย่างไรก็ตามผู้ศึกษาได้สอบถามไปยังกรมโยธาธิการและผังเมืองเพื่อขอความอนุเคราะห์ที่ใช้ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทท้ายกฎกระทรวงให้บังคับใช้ผังเมืองรวม จังหวัดลำปาง ปีพ.ศ. 2552 แต่ข้อมูลยังอยู่ในระหว่างการดำเนินการ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้เลือกใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2559 ของกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อมาจำแนกชั้นข้อมูลมีพื้นที่อุตสาหกรรมและไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรม ออกเป็นชั้นข้อมูล 2 (ตารางที่ 3.9) ชั้น ดังนี้

ตารางที่ 3.9 ระดับชั้นข้อมูลของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม

| ระดับชั้นข้อมูล | ประเภทพื้นที่ป่าไม้ |
|-----------------|------------------------|
| 1 | ไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรม |
| 2 | มีพื้นที่อุตสาหกรรม |

3.3.2.3 พื้นที่ชุมชน (Community Area)

การขยายตัวของพื้นที่ชุมชนมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของประชากร โดยมีผลต่อความต้องการการใช้น้ำเพิ่มขึ้นตามมา ทั้งนี้ตามปกติคนต้องการใช้น้ำประมาณ 50 ลิตรต่อวัน ทั้งการอุปโภคและบริโภค (Irrigation Development Institute, 2008 :5) ในขณะที่มีประชากรของประเทศไทยทั้งหมดมีประมาณ 67 ล้านคนในปี 2557 (World bank, 2016) นั้นหมายความว่าทุกคนต้องการน้ำโดยเฉลี่ย 3.3 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 1,205 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ในทำนองเดียวกันการใช้น้ำในกิจกรรมต่างๆของคนในเมืองจะมากกว่าคนในชนบท 2 เท่า (จิรพล สีนูนาวา, 2536: 52) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความหมายของคำว่าชุมชนในทางสังคมวิทยา สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ชุมชนชนบท (Rural Community) และชุมชนเมือง (Urban Community) (ราชบัณฑิตยสถาน, 2524) ดังนั้นจึงสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่ชุมชนได้ดังนี้

1) พื้นที่ชุมชนชนบท หมายถึง บริเวณที่อยู่เขตเมืองหรือเทศบาล ประชากรประกอบอาชีพด้วยการทำการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ มีระบบการจัดการทางสังคมแบบชุมชนหมู่บ้าน การตั้งถิ่นฐานบ้านเรือนเป็นกลุ่ม หรือกระจายไปตามลักษณะภูมิประเทศ

2) พื้นที่ชุมชนเมือง หมายถึง บริเวณที่มีประชากรตั้งแต่ 10,000 คนขึ้นไป ลักษณะความเป็นเมืองนั้นมีความแตกต่างกับความเป็นชนบททั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม ประชากร และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ดังนั้นในการจัดทำแผนที่พื้นที่ชุมชนสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ใช้ฐานข้อมูลสถิติประชากรของสำนักบริหารทะเบียน กรมการปกครองของจังหวัดลำปาง พ.ศ. 2553 จำนวนรวมทั้งสิ้น 752,356 คน และจำแนกตามสัดส่วนรายตำบล (ตารางที่ 3.8) มาคำนวณกับค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้น้ำต่อคน (จำนวนประชากร * ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำ) ในพื้นที่ชุมชนชนบท คือ 55 ลิตรต่อคนต่อวัน ได้แก่ อำเภอเกาะคา อำเภอห้างฉัตร อำเภอเสริมงาม อำเภอสบปราบ อำเภอเถิน (ยกเว้น ตำบลเวียงหมอก) อำเภอแม่พริก อำเภอแจ้ห่ม อำเภอแม่ทะ อำเภอแม่เมาะ อำเภอเมืองปาน อำเภอวังเหนือ อำเภองาว และอำเภอเมือง (ยกเว้น ตำบลสวนดอก หัวเวียง บ้านเป้า ทุ่งฝาย ดันธงชัย นิคมพัฒนา บุญ

นาคพัฒนา บ้านด่า และบ้านแลง) ในขณะที่คนในพื้นที่ชุมชนเมือง คือ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน ได้แก่ อำเภอเมืองลำปาง (ตำบลชมพู ปงแสนทอง สบตุ้ย พระบาท เวียงเหนือ บ่อแก้ว พิชัย บ้านเสด็จ และบ้านเอื้อม) อำเภอแม่ทะ (ตำบลนาคร้ว และน้ำใจ) อำเภอเถิน (ตำบลเวียงมอก) อำเภอวังเหนือ (ตำบลร่องเคาะ) และอำเภอสบปราบ (ตำบลสบปราบ) ตามผลการศึกษาของ ปราโมทย์ ไม้กลัด (2537: 32) จากนั้นจึงนำผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำรายตำบลเข้าแทนในฐานข้อมูลขอบเขตการปกครองของ กรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2556 เพื่อจัดทำเป็นแผนที่การใช้น้ำโดยเฉลี่ยระดับตำบลโดยใช้เกณฑ์ในการแบ่ง ด้วยวิธี Jenks Natural Break Classification (Jenks, 1967: 186-190) ออกเป็น 5 ระดับก่อนนำไป วิเคราะห์เป็นตัวแปรพื้นที่ชุมชนต่อไป

3.4 วิธีการศึกษา

ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง 2) เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปางด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงต่อภัยแล้ง ซึ่งเป็นสาเหตุและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง ได้กำหนดวิธีการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.4.1 การศึกษาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรน้ำ กรมส่งเสริมการเกษตร กรมทรัพยากรน้ำบาดาล การประปาส่วนภูมิภาค กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมฝนหลวงและการบินเกษตร และสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดลำปาง หน่วยงานละ 2 คนรวมทั้งสิ้น 24 คน (ดูรายชื่อผู้เชี่ยวชาญเพิ่มเติมในภาคผนวก จ)

3.4.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปางด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาร่วมกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยพิจารณาจากความหมายของภัยแล้ง สาเหตุการเกิดภัยแล้ง ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมากำหนดเป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 8 ตัวแปร โดยแบ่งเป็นปัจจัยทางธรรมชาติ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะของเนื้อดิน และการระบายน้ำของดิน นอกจากนี้ยังใช้ปัจจัยทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน ทั้งนี้ตัวแปรแต่ละตัว จะถูกให้มีเกณฑ์ในการพิจารณาตามความเหมาะสมของการเกิดภัยแล้ง (ตารางที่ 3.10)

ตารางที่ 3.10 การกำหนดตัวแปรและเกณฑ์ที่ใช้ในการศึกษา

| ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา | เกณฑ์ที่ใช้พิจารณา |
|--|---|
| ปัจจัยทางธรรมชาติ | |
| ปริมาณน้ำฝน | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ย |
| พื้นที่ป่าไม้ | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะไม่มีพื้นที่ป่าไม้ |
| ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำมาก |
| ลักษณะของเนื้อดิน | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีลักษณะเนื้อดินทราย |
| การระบายน้ำของดิน | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีการระบายน้ำของดินมากเกินไป |
| ปัจจัยทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น | |
| พื้นที่เกษตรกรรม | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีพื้นที่เกษตรกรรมพืชแบบออกผลมาก |
| พื้นที่อุตสาหกรรม | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีพื้นที่อุตสาหกรรม |
| พื้นที่ชุมชน | พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจะมีพื้นที่ชุมชนที่ใช้น้ำมากกว่าค่าเฉลี่ย |

การศึกษาคั้งนี้ได้ใช้การกำหนดลำดับความสำคัญของปัจจัย (Weighting Scale) ได้ใช้ช่วงคะแนนตั้งแต่ 1 จนถึง 8 คะแนน จากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ ในขณะที่เกณฑ์การให้คะแนน (Rating Scale) โดยมีคะแนนตั้งแต่ 1 จนถึง 5 คะแนน เรียงลำดับจากคะแนนที่น้อยที่สุด คือ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุด ไปจนถึงคะแนนที่มากที่สุด คือ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด ทั้งนี้การกำหนดการถ่วงน้ำหนักจะนำคะแนนเฉลี่ยจากการตอบแบบสอบถามของผู้เชี่ยวชาญเช่นเดียวกันและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ซ้อนทับ (Overly Analysis) เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย (ตารางที่ 3.11) จากลำดับคะแนน (Rating) มีดังต่อไปนี้

- 1 หมายถึง ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งต่ำมาก
- 2 หมายถึง ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งต่ำ
- 3 หมายถึง ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งปานกลาง
- 4 หมายถึง ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูง
- 5 หมายถึง ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูงมาก

ตารางที่ 3.11 ค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) และค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัย (Rating) เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนน ความสำคัญ ของปัจจัย | ค่าคะแนน ของตัวแปร |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี | < 882.56 มม. | | |
| | > 882.56 – 938.04 มม. | | |
| | > 938.04 – 993.53 มม. | | |
| | > 993.53 – 1,215.46 มม. | | |
| | > 1,215.46 มม. | | |
| พื้นที่ป่าไม้ | ไม่มีพื้นที่ป่าไม้ | | |
| | มีพื้นที่ป่าไม้ | | |
| ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ | > 3,000 เมตร | | |
| | < 2,000 -3,000 เมตร | | |
| | < 2,000 – 1,000 เมตร | | |
| | < 1,000 เมตร | | |
| ลักษณะของเนื้อดิน | ดินทราย | | |
| | ดินร่วน | | |
| | ดินเหนียว | | |
| การระบายน้ำของดิน | การระบายน้ำดี | | |
| | การระบายน้ำปานกลาง | | |
| | การระบายค่อนข้างเลว | | |
| | การระบายน้ำเลว | | |
| พื้นที่เกษตรกรรม | พื้นที่ปลูกพืชออกผล | | |
| | พื้นที่ปลูกพืชออกดอก | | |
| | พื้นที่ปลูกพืชแตกใบ | | |
| พื้นที่อุตสาหกรรม | ไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรม | | |
| | มีพื้นที่อุตสาหกรรม | | |

ตารางที่ 3.11 (ต่อ)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าถ่วงน้ำหนัก ของปัจจัย | ค่าคะแนน ของตัวแปร |
|------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|
| พื้นที่ชุมชน | < 240,736 ลิตร/ตำบล/วัน | | |
| | > 240,736-366,850 ลิตร/ ตำบล/วัน | | |
| | > 366,850 -728,800 ลิตร/ ตำบล/วัน | | |
| | > 728,800 -1,460,900 ลิตร/ ตำบล/วัน | | |
| | > 1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน | | |

3.4.3 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยแล้งตามตัวแปรที่ได้กำหนดขึ้นทั้งหมด 8 ตัวแปร โดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวลักษณะข้อมูลที่ไม่เหมือนกันจึงต้องนำเข้าสู่กระบวนการแปลงรูปข้อมูลให้เป็นแบบเดียวกันคือ ข้อมูลแบบราสเตอร์ (Raster Data) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ดูรายละเอียดแหล่งที่มาของชั้นข้อมูลที่ภาคผนวก ก)

3.4.3.1 ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝน เนื่องจากข้อมูลที่ผู้ศึกษาได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา และกรมชลประทาน ซึ่งข้อมูลมีลักษณะแบบจุด (Point) จึงต้องนำข้อมูลปริมาณข้อมูลน้ำฝนมาจัดรูปแบบข้อมูลใหม่ โดยทำการลงบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2558 (รอบ 30 ปี) โดยใช้โปรแกรม ArcMap 10.3.1 และ Microsoft Excel โดยทำการสุ่มจากพิกัดของสถานีวัดน้ำฝนจากโปรแกรม Google Earth Pro จากนั้นจึงทำการแปลงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นระบบพิกัดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator) หลังจากนั้นจึงทำการแปลงรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์โดยวิธี Topo to Raster ซึ่งชั้นข้อมูลที่ได้จะมีความละเอียดกว่าวิธีอื่น ดังนั้นข้อมูลในลักษณะจุด (Point) จึงถูกแปลงเป็นข้อมูลแบบโพลีกอน (Polygon) จากนั้นจึงทำการกำหนดเส้นน้ำฝนเท่าตามเกณฑ์กำหนดไว้ในตารางที่ 3.5 ทำให้ได้ชั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนเพื่อใช้คำนวณในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต่อไป

3.4.3.2 ชั้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ ทำโดยการใช้แผนที่แนวเขตป่าไม้ถาวร พ.ศ. 2542 จากกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งจำแนกพื้นที่ป่าไม้แล้ว สามารถนำมาจัดกลุ่มได้แก่ มีพื้นที่ป่าไม้ และไม่มีพื้นที่ป่าไม้แล้วใส่คะแนนตามเกณฑ์ที่ได้จากการคำนวณผ่านการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ จะได้แผนที่ชั้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม้

3.4.3.3 ชั้นข้อมูลระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ทำโดยการใช้แผนที่พื้นที่ชุ่มน้ำจากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2558 ซึ่งได้จำแนกประเภทแหล่งน้ำไว้แล้ว เช่น แม่น้ำวัง อ่างเก็บน้ำ และเขื่อน เป็นต้นจากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดทำเขตกันชนโดยใช้คำสั่ง Buffer แล้วนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำ จะได้ชั้นข้อมูลระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ

3.4.3.4 ชั้นข้อมูลลักษณะของเนื้อดิน ทำโดยการใช้แผนที่ข้อมูลชุดดินจากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2534 ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินไว้แล้ว จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดประเภทลักษณะของเนื้อดิน ได้แก่ ดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว เป็นต้น จากนั้นนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่ลักษณะเนื้อดิน จะได้ชั้นข้อมูลลักษณะเนื้อดิน

3.4.3.5 ชั้นข้อมูลลักษณะการระบายน้ำของดิน ทำโดยการใช้แผนที่ข้อมูลชุดดินจากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2534 ซึ่งได้กำหนดลักษณะการระบายน้ำของดินไว้แล้ว จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดประเภทลักษณะการระบายน้ำของดิน ได้แก่ การระบายน้ำเร็ว การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว การระบายน้ำปานกลาง การระบายน้ำดี เป็นต้น แล้วนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่ลักษณะการระบายน้ำของดิน จะได้ชั้นข้อมูลลักษณะการระบายน้ำของดิน

3.4.3.6 ชั้นข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรม ทำโดยการใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากฐานข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2559 ซึ่งได้จำแนกประเภทพืชไว้แล้ว จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดประเภท ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกผล พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกดอก และพื้นที่ปลูกพืชประเภทออกผล เป็นต้น แล้วนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่เกษตรกรรม จะได้ชั้นข้อมูลลักษณะพื้นที่เกษตรกรรม

3.4.3.7 ชั้นข้อมูลพื้นที่อุตสาหกรรม ทำโดยการใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน ทำการคัดเลือกพื้นที่อุตสาหกรรมและไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรมโดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกตามเกณฑ์ของกรมโยธาธิการและผังเมือง (2549) แล้วนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่อุตสาหกรรม จะได้ชั้นข้อมูลพื้นที่พื้นที่อุตสาหกรรม

3.4.3.8 ชั้นข้อมูลพื้นที่ชุมชน ทำโดยการใช้แผนที่ขอบเขตการปกครองของกรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2556 ซึ่งจำแนกขอบเขตการปกครองระดับตำบลไว้แล้ว จากนั้นใช้ฐานข้อมูลสถิติประชากรของสำนักบริหารทะเบียน กรมการปกครองของจังหวัดลำปาง พ.ศ. 2553 แล้วใช้คำนวณ

กับค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้น้ำต่อคน (จำนวนประชากร * ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำ) ในพื้นที่ชุมชนชนบท คือ 55 ลิตรต่อคนต่อวัน ได้แก่ อำเภอเกาะคา อำเภอห้างฉัตร อำเภอเสริมงาม อำเภอสบปราบ อำเภอเถิน (ยกเว้น ตำบลเวียงหมอก) อำเภอแม่พริก อำเภอแจ้ห่ม อำเภอแม่ทะ อำเภอแม่เมาะ อำเภอเมืองปาน อำเภอวังเหนือ อำเภोगาว และอำเภอเมือง (ยกเว้น ตำบลสวนดอก หัวเวียง บ้านเป้า ทุ่งฝาย ต้นธงชัย นิคมพัฒนา บუნาคพัฒนา บ้านคำ และบ้านแลง) ในขณะที่คนในพื้นที่ชุมชนเมือง คือ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน ได้แก่ อำเภอเมืองลำปาง (ตำบลชมพู ปงแสนทอง สบตุ๋ย พระบาท เวียงเหนือ บ่อแฮ้ว พิชัย บ้านเสด็จ และบ้านเอื้อม) อำเภอแม่ทะ (ตำบลนาครี และน้ำใจ) อำเภอเถิน (ตำบลเวียงหมอก) อำเภอวังเหนือ (ตำบลร่องเคาะ) และอำเภอสบปราบ (ตำบลสบปราบ) ตามผลการศึกษาของ ปราโมทย์ ไม้กลัด (2537: 32) จากนั้นจึงนำผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำรายตำบลเข้าแทนในฐานข้อมูลขอบเขตการปกครองของกรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2556 เพื่อจัดทำเป็นแผนที่การใช้น้ำโดยเฉลี่ยระดับตำบลโดยใช้เกณฑ์ในการแบ่งด้วยวิธี Jenks Natural Break Classification (Jenks, 1967: 186-190) แล้วนำคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญลงในตารางแสดงข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute Table) ของข้อมูลพื้นที่ชุมชน จะได้ชั้นข้อมูลพื้นที่พื้นที่ชุมชน

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการภัยแล้งในจังหวัดลำปาง ทำโดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) โดยใช้แผนที่ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรทั้งหมด 8 ตัวแปร มาวิเคราะห์ผ่านการใส่สมการเส้นตรงในการแบ่งระดับความเสี่ยงที่ได้กำหนดคะแนนเอาไว้แล้วในตารางที่ 3.10 แผนที่ที่ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งจะถูกพยากรณ์โดยการคำนวณค่าคะแนนรวมแบบถ่วงน้ำหนักของตัวแปร (Weighting Linear Total) ด้วยสมการดังนี้

$$S = W_1R_1 + W_2R_2 + W_3R_3 + \dots + W_nR_n$$

W หมายถึงค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่สำคัญ

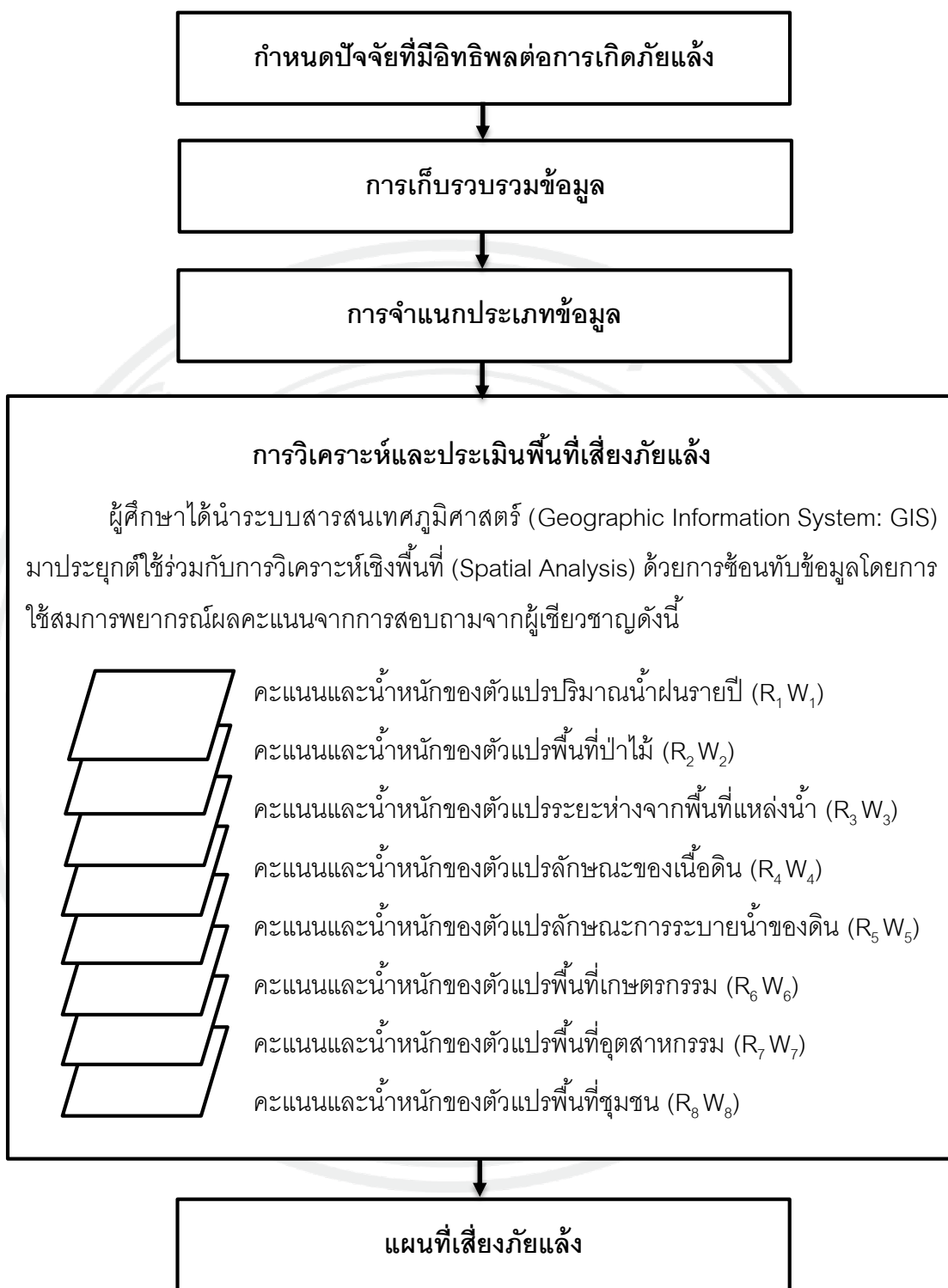
$R_{1...n}$ หมายถึงค่าคะแนนของปัจจัยย่อยตั้งแต่ 1 - n และ

$N_{1...n}$ หมายถึงจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาตั้งแต่ 1 - n

สมการข้างต้นสามารถคำนวณโดยใช้โปรแกรมทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นนำผลรวมของคะแนนมาจัดกลุ่มพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งออกเป็น 5 ระดับโดยใช้วิธีการแบ่งเกณฑ์แบบอัตราส่วนเท่าๆกัน (Equal Interval Classification) โดยคำนวณได้จากโปรแกรม ArcMap 10.3.1 (ERSI, 2017) เพื่อนำมากำหนดความกว้างแบบอันตรายภาคชั้นของแต่ละช่วง ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย และพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อยที่สุด (ภาพที่ 3.3) จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งกับปัจจัยทั้งหมด ตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) เพื่อคัดเลือกปัจจัยเข้าสู่กระบวนการ

วิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ในการพยากรณ์การเกิดภัยแล้งในพื้นที่
จังหวัดลำปางต่อไป (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษาและวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัย
แล้งในภาคผนวก ค ในเอกสารแนบท้าย)



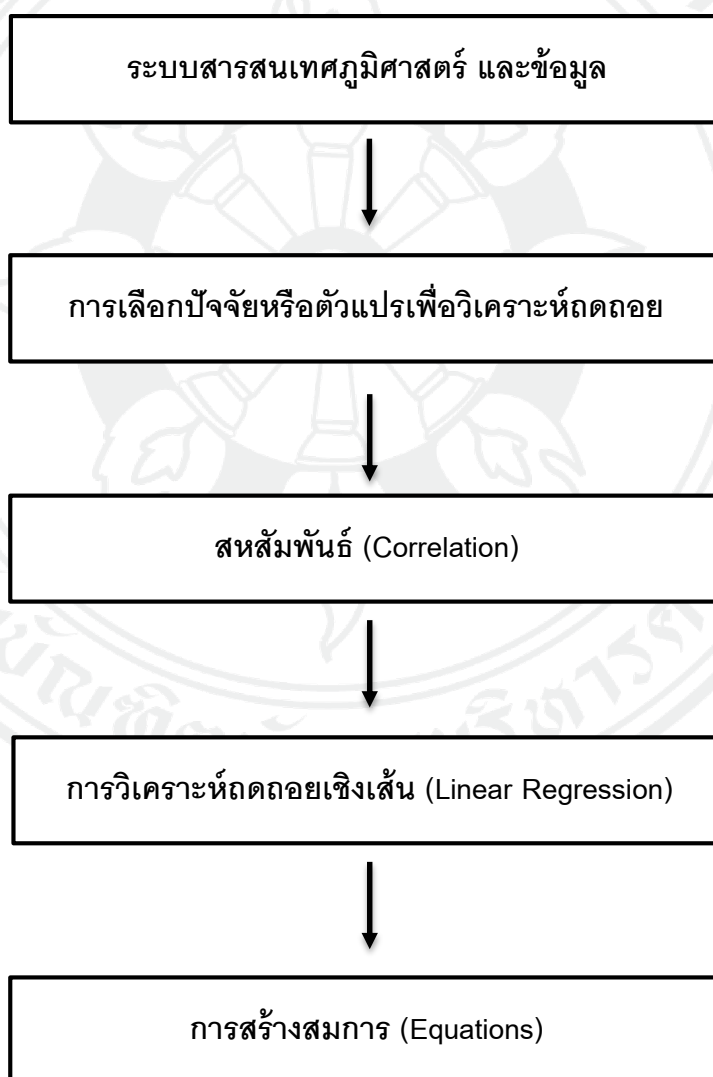


ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการกำหนดและจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดลำปางโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

3.4.5 การศึกษาเพื่อหาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อภัยแล้งโดยใช้ตัวแปรทั้งหมด 8 ตัวแปร ผู้ศึกษาได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติแบบการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ซึ่งคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS Version 24 for Window โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 3.4)

3.4.5.1 การตรวจสอบปัจจัยทั้งหมดว่าเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและมีความเป็นอิสระต่อกัน

3.4.5.2 การทำวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการพยากรณ์การเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการพยากรณ์การเกิดภัยแล้งด้วยสมการเชิงเส้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่อง “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง” มีวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อภัยแล้ง อีกทั้งวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อภัยแล้งและหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงต่อภัยแล้ง โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 8 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน ซึ่งปัจจัยทั้งหมดได้ถูกนำมาทำการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักและค่าความสำคัญเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งตามกระบวนการวิเคราะห์การซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) ทำให้ได้ผลการศึกษตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง

4.1.1 ปัจจัยทางธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะของเนื้อดิน และลักษณะการระบายน้ำของดิน เป็นต้น ตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญในฐานะที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติ หากไม่มีสิ่งเหล่านี้ น้ำจากน้ำฝนจะไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง และทะเลในที่สุดทำให้ไม่มีน้ำใช้เมื่อเกิดหน้าแล้งทำให้เกิดภัยแล้งตามมา

4.1.1.1 ปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยคาบ 30 ปี ตั้งแต่ ปีพ.ศ. 2528-2558 จากสถานีตรวจวัดอากาศทั่วจังหวัดลำปาง ทั้งสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา และสถานีตรวจวัดอากาศของกรมชลประทาน จำนวน 24 สถานี จากนั้นจึงนำเข้าสู่ข้อมูลในชั้นข้อมูลแผนที่ขอบเขตการปกครองระดับตำบล ของกรมแผนที่ทหาร พ.ศ. 2556 อย่างไรก็ตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ได้มามีลักษณะแบบจุด (Point) จึงต้องทำให้กลายเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้วิธีการประมาณค่าช่วง (Interpolation) เนื่องจากการประมาณค่าช่วงมีวัตถุประสงค์ให้เกิดการทำนายผลที่เป็นไปได้กับตำแหน่งที่ไม่ได้เก็บ หรือพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดอากาศ วิธีการประมาณค่าช่วงจึงเหมาะสมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มากที่สุด ทั้งนี้สถานีตรวจวัดอากาศที่เก็บได้นั้นใช้วิธีการสุ่มค่าพิกัดของสถานีจากโปรแกรม Google Earth Pro จากทำการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ด้วยคำสั่ง Topo to Raster ด้วยโปรแกรม ArcMap 10.3.1 เนื่องจากวิธีนี้จะทำให้เกิดการสร้างตัวแปรได้หลายตัวแปรในแบบจำลอง ซึ่งข้อมูลจะมีความแม่นยำสูงขึ้น (Digital Evaluation Model) (สุพรรณ จิตรขจรกุล, 2552: 756-770)

ทั้งนี้การแบ่งเกณฑ์ปริมาณน้ำฝนผู้ศึกษาได้ใช้เกณฑ์การจำแนกปริมาณน้ำฝนแบบเดไซล์ (Rainfall Decile Range) ออกเป็น 5 ระดับ (ตารางที่ 4.1) ดังนี้

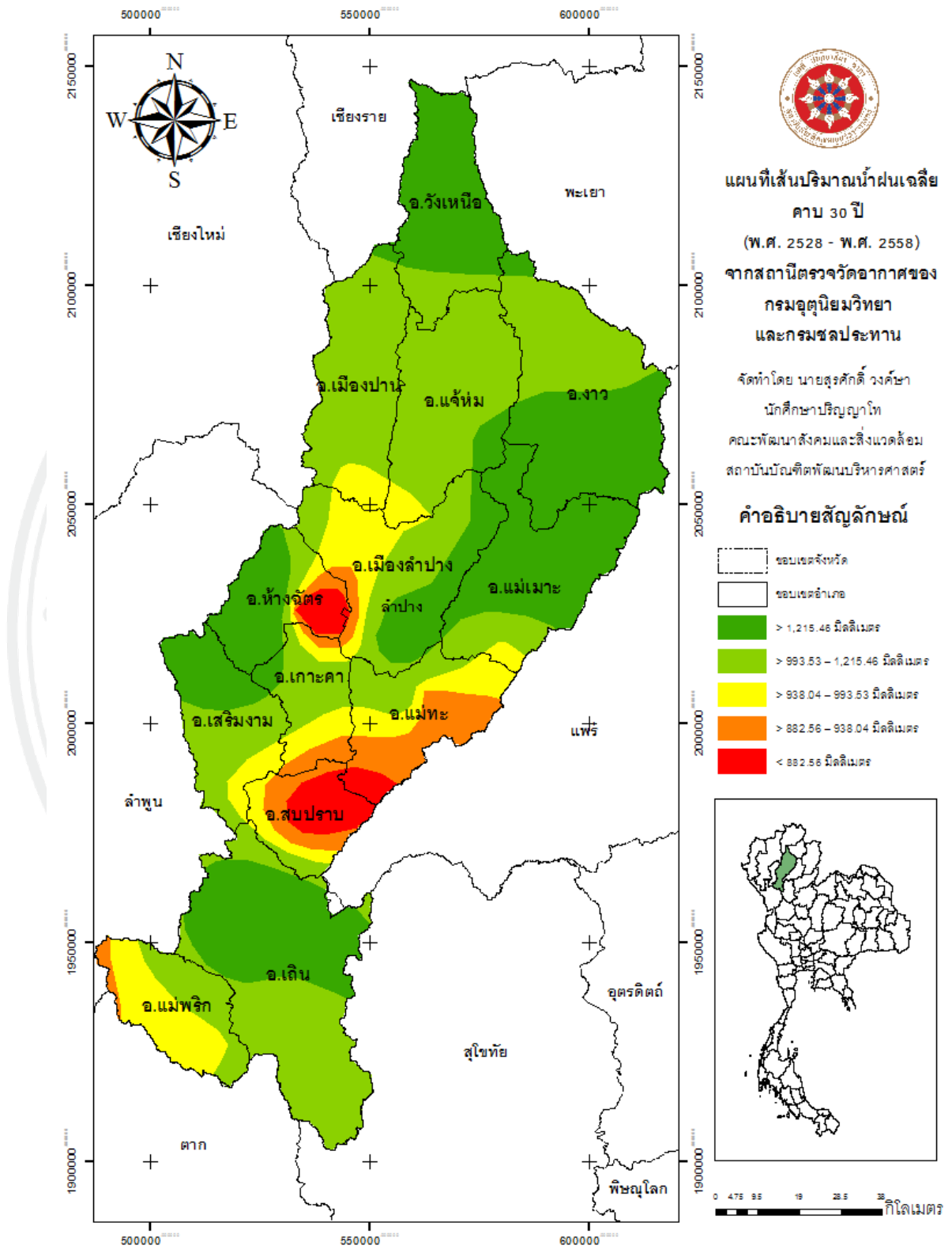
ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและลักษณะสภาพพื้นที่

| ปริมาณน้ำฝน (มม.) | สภาพพื้นที่ |
|---------------------|-------------------|
| < 882.56 | แห้งแล้งมากที่สุด |
| > 882.56 – 938.04 | แห้งแล้ง |
| > 938.04 – 993.53 | ค่อนข้างแห้งแล้ง |
| > 993.53 – 1,215.46 | ฝนตกปานกลาง |
| > 1,215.46 | ฝนตกค่อนข้างดี |

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่โดยส่วนใหญ่ของจังหวัดลำปางมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 993.53 – 1,215.46 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 5,382.11 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 42.94 รองลงมาคือปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,215.46 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 4,673.73 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 37.29 ถัดมาคือปริมาณน้ำฝนมากกว่า 938.04 – 993.53 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 1,422.48 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 11.35 ถัดมาคือปริมาณน้ำฝนมากกว่า 882.56 – 938.04 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 697.36 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.56 และปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 882.56 มิลลิเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 358.23 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.86 (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1)

ตารางที่ 4.2 พื้นที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2528-2558) จังหวัดลำปาง

| ปริมาณน้ำฝน (มม.) | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|---------------------|------------------|---------------|
| < 882.56 | 358.28 | 2.86 |
| > 882.56 – 938.04 | 697.36 | 5.56 |
| > 938.04 – 993.53 | 1422.48 | 11.35 |
| > 993.53 – 1,215.46 | 5,382.11 | 42.94 |
| > 1,215.46 | 4,673.73 | 37.29 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |



ภาพที่ 4.1 พื้นที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2528-2558) จังหวัดลำปาง

4.1.1.2 พื้นที่ป่าไม้ (Forest Area)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่ป่าไม้โดยใช้ข้อมูลแนวเขตป่าไม้ถาวร ปี พ.ศ. 2542 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 ในชั้นข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ได้จำแนกพื้นที่ป่าของจังหวัดลำปาง (ตารางที่ 4.3) ดังนี้

ตารางที่ 4.3 พื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดลำปาง

| ชื่อป่าไม้ | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|--|------------------|
| ป่าแม่อิง-แม่ต้า-แม่จูน | 0.06 |
| ป่าแม่ปาย | 52.53 |
| ป่าที่จัดสรรแม่ต๋อย-ดอยม่อนผาแดง | 90.42 |
| ป่าแม่งาว | 0.08 |
| ป่าแม่อิง-แม่ต้า-แม่จูน | 0.22 |
| ป่าแม่จาง (ตอนขุน) | 29.90 |
| ป่าแม่อิง-แม่ต้า-แม่จูน | 0.11 |
| ป่าที่จัดสรรบ้านดอยดอยฝรั่ง | 45.05 |
| ป่าแม่สะเลียม | 65.89 |
| ป่าฝั่งขวาแม่วัง | 0.10 |
| ป่าแม่มอก (หมายเลข 54) | 788.15 |
| ป่าแม่เลิม-แม่ปะ | 223.99 |
| ป่าแม่ตั้ง | 0.01 |
| ป่าแม่ตั้ง | 0.07 |
| ป่าแม่พริก-แม่สะเลียม | 0.34 |
| ป่าแม่จาง | 178.53 |
| ป่าในแผนการที่จะดำเนินการ (หมายเลข 55) | 303.69 |
| ป่าแม่เมาะ (แปลง 1) | 367.21 |
| ป่าแม่จาง (ตอนขุน) | 158.51 |
| ป่าแม่อิง-แม่ต้า-แม่จูน | 0.26 |
| ป่าฝั่งขวาแม่วัง | 1,038.42 |
| ป่าแม่จางฝั่งซ้าย | 254.61 |
| ป่าแม่อิง-แม่ต้า-แม่จูน | 3,789.13 |
| ป่าแม่อิง-แม่ต้า-แม่จูน | 0.02 |

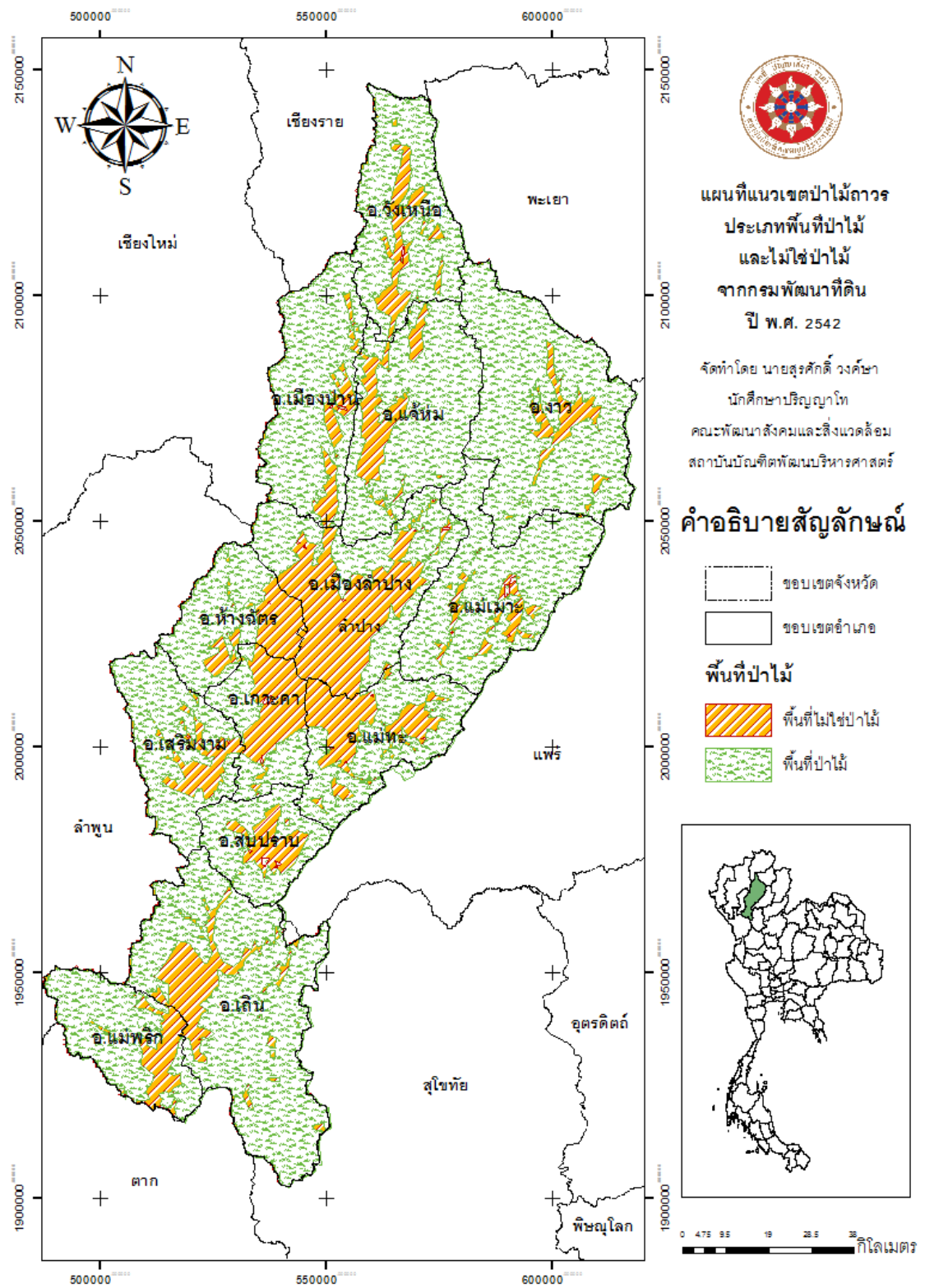
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

| ชื่อป่าไม้ | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------------------|------------------|
| ป่าแม่ทรายคำ | 178.85 |
| ป่าแม่วะ | 245.62 |
| ป่าแม่พริก-แม่สะเลียม | 1,181.69 |
| ป่าแม่งาว | 737.40 |
| รวม | 9,730.90 |

จากนั้นนำชั้นข้อมูลพื้นที่ป่าไม้มาจัดกลุ่มโดยใช้ชุดคำสั่ง Reclassify เพื่อจำแนกพื้นที่ป่าไม้และไม่ใช้พื้นที่ป่าไม้ พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้ครอบคลุมพื้นที่ 9,730.90 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 77.64 ในขณะที่พื้นที่ไม่ใช้ป่าไม้ครอบคลุมพื้นที่ 2,803.06 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 22.36 (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.4 พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ไม่ใช้ป่าไม้

| พื้นที่ป่าไม้ | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|---------------------|------------------|---------------|
| พื้นที่ป่าไม้ | 9,730.90 | 77.64 |
| ไม่ใช้พื้นที่ป่าไม้ | 2,803.06 | 22.36 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |



ภาพที่ 4.2 พื้นที่ป่าไม้และไม่ใช่ป่าไม้จังหวัดลำปาง

4.1.1.3 ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (Distance from wetlands)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ หรือ พื้นที่ชุ่มน้ำโดยใช้ข้อมูลพื้นที่ชุ่มน้ำตามระบบ Ramsar Convention Secretariat (2013) จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1:50,000 ปี พ.ศ. 2558 ในชั้นข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ได้จำแนกพื้นที่แหล่งน้ำของจังหวัดลำปาง (ตารางที่ 4.5) ดังนี้

ตารางที่ 4.5 พื้นที่ชุ่มน้ำจังหวัดลำปาง ตามระบบ Ramsar Convention

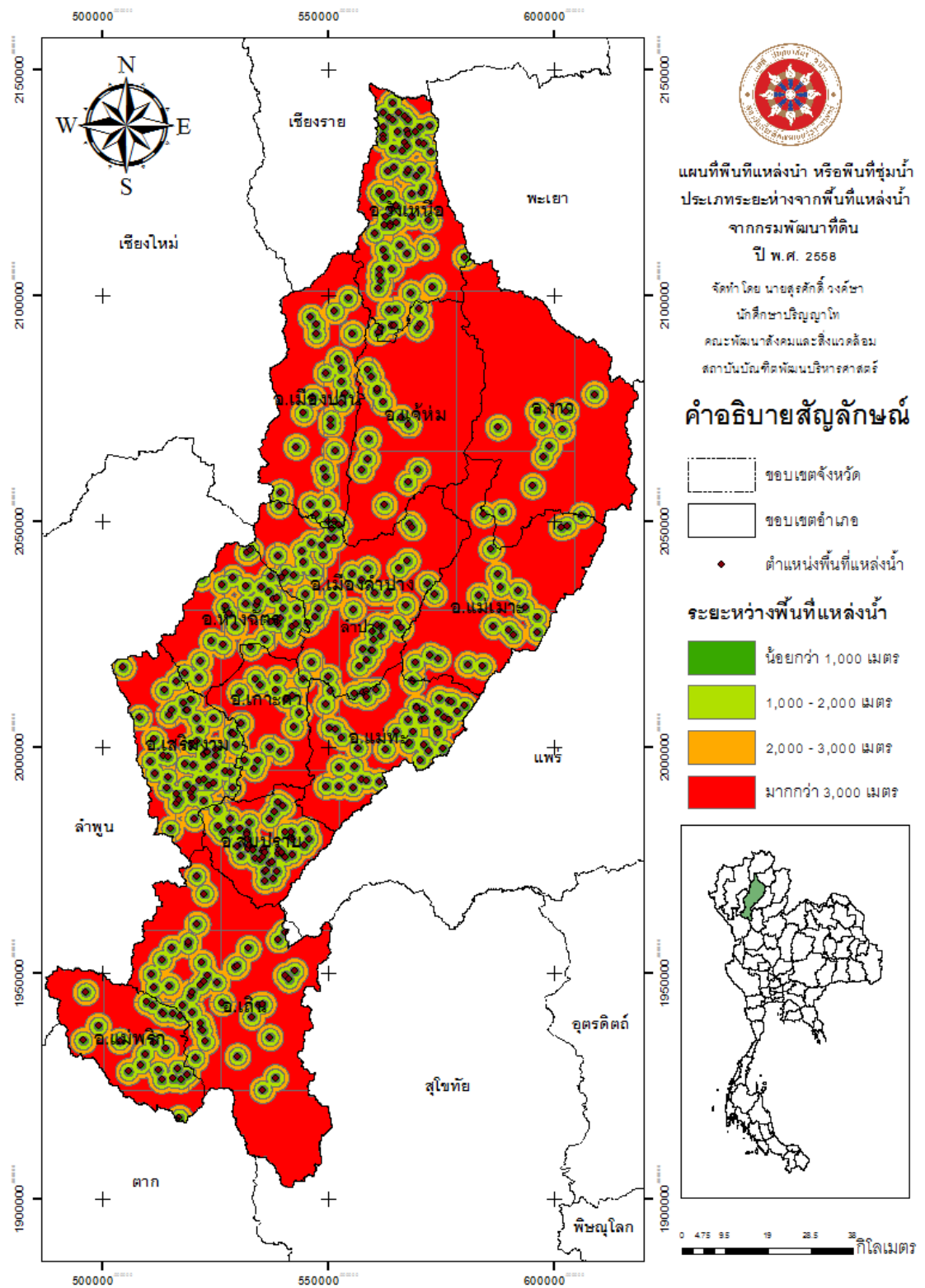
| พื้นที่ชุ่มน้ำ | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|-----------------------------------|------------------|---------------|
| พื้นที่ชุ่มน้ำในแผ่นดิน | 54.62 | 53.43 |
| ป่าพรุ | 4.63 | 4.53 |
| แม่น้ำ ลำธาร มีน้ำไหลบางช่วงฤดู | 26.23 | 25.65 |
| แม่น้ำที่มีน้ำไหลตลอดปี | 21.98 | 21.50 |
| หนอง บึงธรรมชาติ | 1.78 | 1.75 |
| พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น | 47.60 | 46.57 |
| คลองชลประทาน | 0.47 | 0.46 |
| นาข้าวในที่ราบน้ำท่วมขัง | 8.40 | 8.22 |
| อ่างเก็บน้ำ | 38.73 | 37.89 |
| รวม | 102.23 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.5 พบว่ามีพื้นที่แหล่งน้ำประเภทพื้นที่ชุ่มน้ำในแผ่นดิน ครอบคลุมพื้นที่ 54.62 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 53.43 ในขณะที่พื้นที่ชุ่มน้ำประเภทสร้างขึ้น ครอบคลุมพื้นที่ 47.60 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 46.57

จากนั้นนำชั้นข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำมาจัดทำแนวกันชน (Buffer) เพื่อจำแนกระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำออกเป็น 4 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำน้อยกว่า 1,000 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 1,228.44 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.80 ถัดมาคือระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำระหว่าง 1,000-2,000 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 2,544.25 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 20.30 ถัดมาคือระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำระหว่าง 2,000-3,000 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 2,401.04 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 19.16 และสุดท้ายคือระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำมากกว่า 3,000 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 6,360.23 คิดเป็นร้อยละ 50.74 (ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.3)

ตารางที่ 4.6 พื้นที่ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำในจังหวัดลำปาง

| ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|----------------------------|------------------|---------------|
| น้อยกว่า 1,000 เมตร | 1,228.44 | 9.80 |
| ระหว่าง 1,000-2,000 เมตร | 2,544.25 | 20.30 |
| ระหว่าง 2,000-3,000 เมตร | 2,401.04 | 19.16 |
| มากกว่า 3,000 เมตร | 6,360.23 | 50.74 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |



ภาพที่ 4.3 พื้นที่แหล่งน้ำและระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำในจังหวัดลำปาง

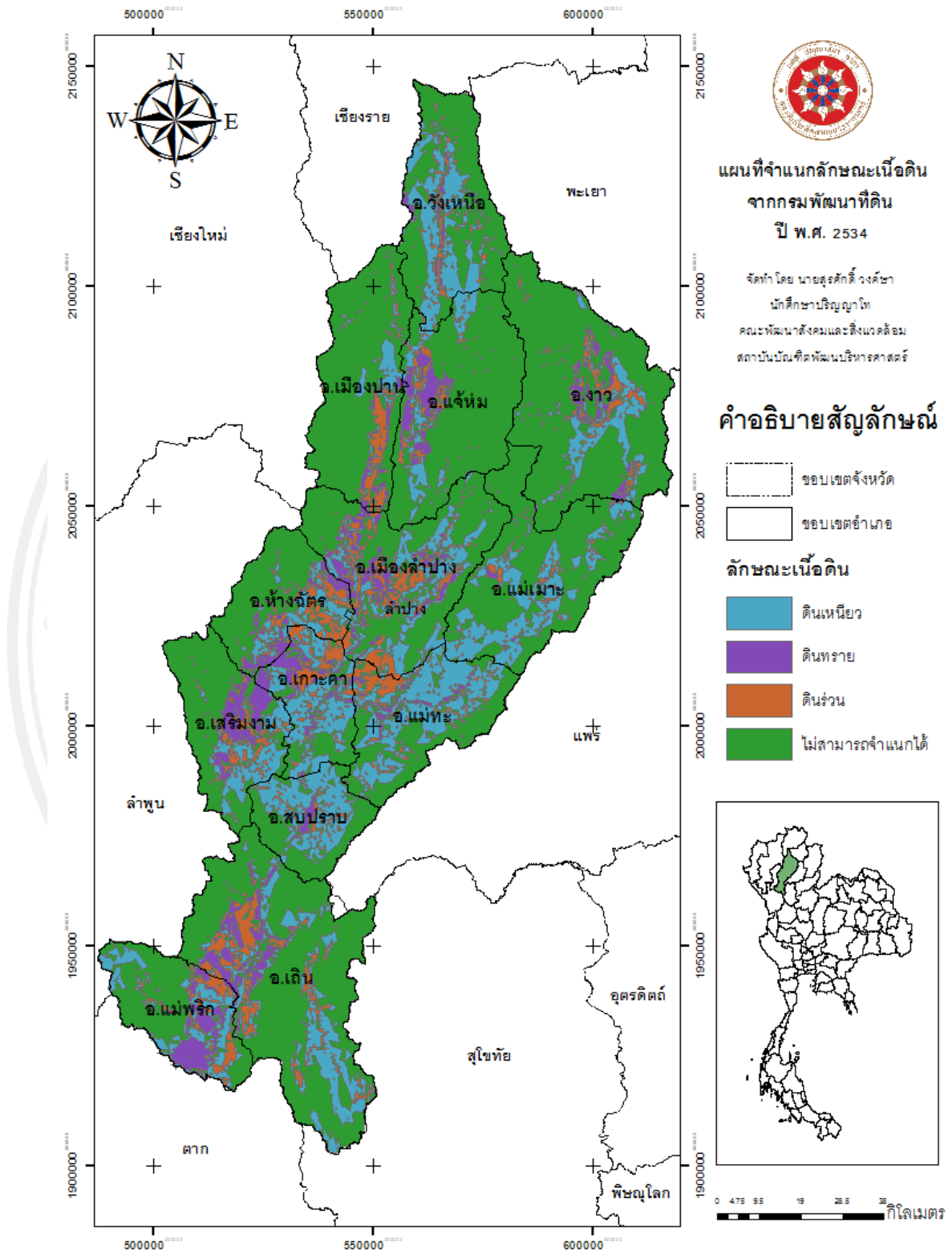
4.1.1.4 ลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินโดยใช้แผนที่กลุ่มชุดดิน จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2534 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 ในชั้นข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ได้จำแนกกลุ่มชุดดินและนำมาจัดกลุ่มลักษณะเนื้อดินโดยใช้คำสั่ง Reclassify (ตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.4) ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ลักษณะเนื้อดินในจังหวัดลำปาง

| ลักษณะเนื้อดิน | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|-------------------|------------------|---------------|
| ดินทราย | 827.34 | 6.60 |
| ดินร่วน | 958.81 | 7.65 |
| ดินเหนียว | 2,626.06 | 20.95 |
| ไม่สามารถจำแนกได้ | 8,121.75 | 64.80 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.7 พบว่าจังหวัดลำปางมีลักษณะเนื้อดินประเภทดินทราย ครอบคลุมพื้นที่ 827.34 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.60 ถัดมาคือดินร่วน ครอบคลุมพื้นที่ 958.81 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 7.65 และสุดท้ายคือ ดินเหนียว ครอบคลุมพื้นที่ 2,626.06 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 20.95 อย่างไรก็ตามก็จากจากฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินยังมีกลุ่มดินบางประเภทที่ไม่สามารถจำแนกลักษณะเนื้อดินเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งพบว่า ครอบคลุมพื้นที่ 8,121.75 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 64.80



ภาพที่ 4.4 ลักษณะเนื้อดินในจังหวัดลำปาง

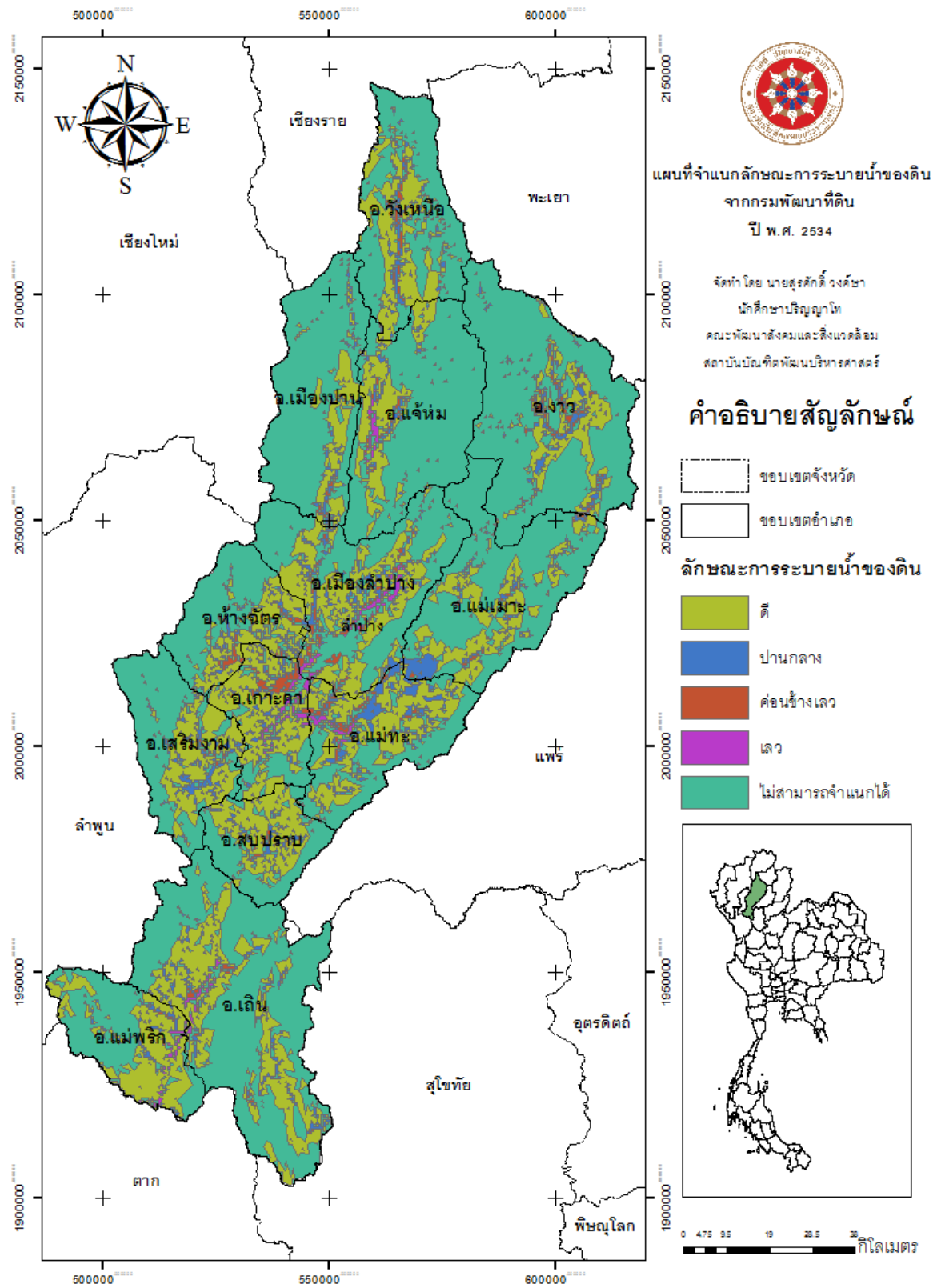
4.1.1.4 ลักษณะการระบายน้ำของดิน (Soil Drainage)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำของดินโดยใช้แผนที่กลุ่มชุดดิน จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2534 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1:50,000 ในคู่มือรายงานการสำรวจดินเพื่อการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2552: 8-12) ได้จำแนกลักษณะการระบายน้ำของดินของกลุ่มชุดดินแต่ละประเภท จากนั้นจึงนำมาจัดกลุ่มลักษณะการระบายน้ำของดินโดยใช้คำสั่ง Reclassify (ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.5) ดังนี้

ตารางที่ 4.8 ลักษณะการระบายน้ำของดินในจังหวัดลำปาง

| ลักษณะการระบายน้ำของดิน | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|-------------------------|------------------|---------------|
| เลว | 94.31 | 0.75 |
| ค่อนข้างเลว | 175.38 | 1.40 |
| ดี | 3,595.01 | 28.68 |
| ปานกลาง | 547.51 | 4.37 |
| ไม่สามารถจำแนกได้ | 8,121.75 | 64.80 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.8 พบว่าจังหวัดลำปางมีดินที่มีลักษณะการระบายน้ำประเภทเลว ครอบคลุมพื้นที่ 94.31 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.75 ถัดมาคือการระบายน้ำค่อนข้างเลว ครอบคลุมพื้นที่ 175.38 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.40 ถัดมาคือการระบายน้ำดี ครอบคลุมพื้นที่ 3,595.01 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.68 และสุดท้ายคือการระบายน้ำปานกลาง ครอบคลุมพื้นที่ 547.51 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.38 อย่างไรก็ตามจากฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินยังมีกลุ่มดินบางประเภทที่ไม่สามารถจำแนกลักษณะการระบายน้ำดินเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีพื้นที่ 8,121.75 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 64.57



ภาพที่ 4.5 ลักษณะการระบายน้ำของดินในจังหวัดลำปาง

4.1.1.6 พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Area)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่เกษตรกรรมโดยใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 ในตารางข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ได้จำแนกประเภทพืชที่ทำการเพาะปลูกไว้แล้ว จากนั้นจึงนำมาจัดประเภทพื้นที่ปลูกพืชออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกผล พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกดอก และพื้นที่เพาะปลูกประเภทแตกใบ โดยใช้คำสั่ง Reclassify (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.6) ดังนี้

ตารางที่ 4.9 พื้นที่เกษตรกรรมในจังหวัดลำปาง

| พื้นที่เกษตรกรรม | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|----------------------------|------------------|---------------|
| พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกผล | 2,109.70 | 16.83 |
| พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกดอก | 55.66 | 0.44 |
| พื้นที่เพาะปลูกประเภทแตกใบ | 533.26 | 4.25 |
| ไม่ใช่พื้นที่เกษตรกรรม | 9,835.96 | 78.47 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.9 พบว่าจังหวัดลำปางมีพื้นที่เกษตรกรรม (เฉพาะปลูกพืชเท่านั้น) โดยจำแนกเป็นพื้นที่ปลูกพืชประเภทออกผล ครอบคลุมพื้นที่ 2,109.70 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 16.83 ในขณะที่พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกดอก ครอบคลุมพื้นที่ 55.66 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.44 และ พื้นที่เพาะปลูกประเภทแตกใบ ครอบคลุมพื้นที่ 533.26 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.25 อย่างไรก็ตามเมื่อจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทไม่ใช่พื้นที่เกษตรกรรม เช่น พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด พบว่า ครอบคลุมพื้นที่ 9,835.96 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 78.47

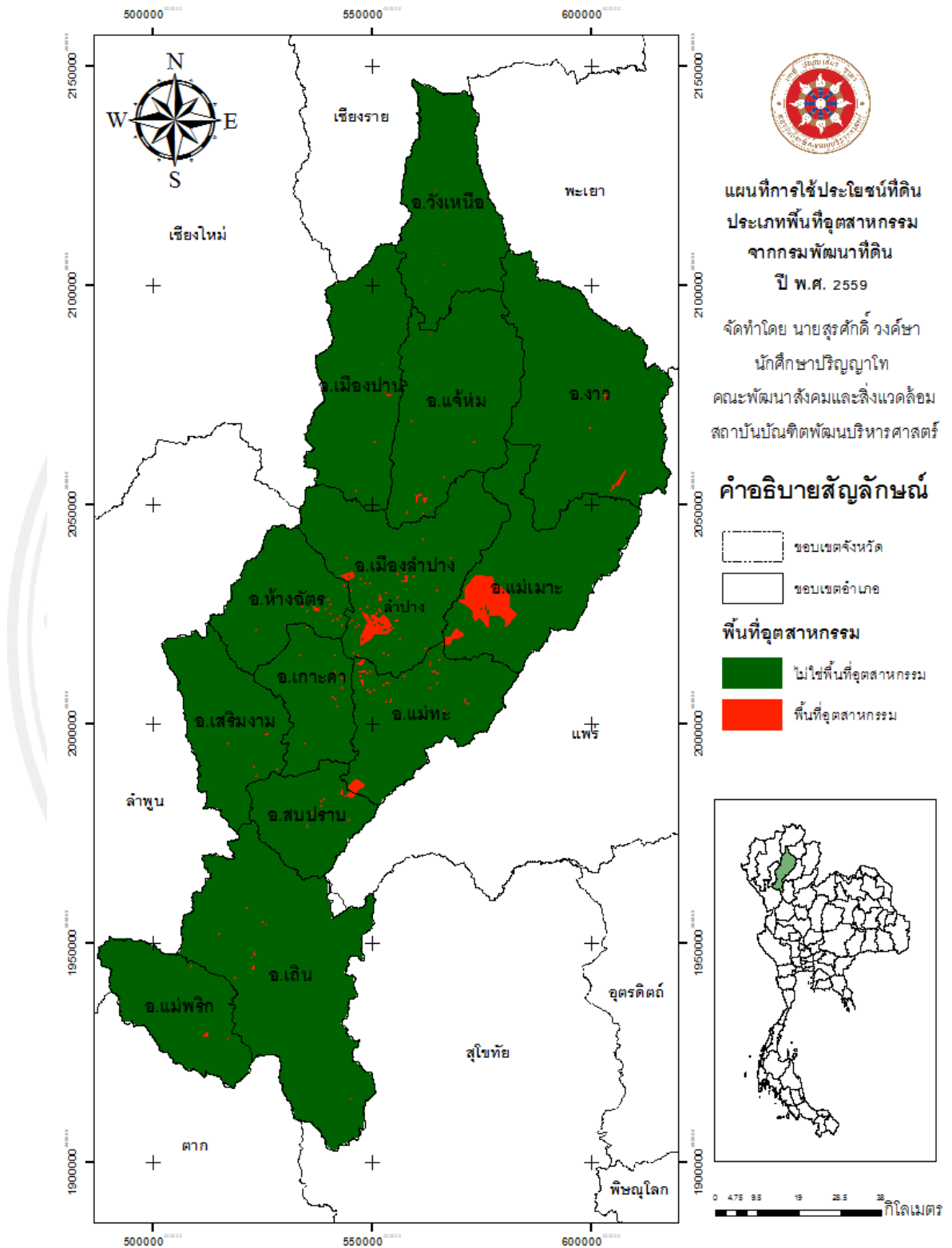
4.1.1.7 พื้นที่อุตสาหกรรม (Industrial Area)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่อุตสาหกรรมโดยใช้ฐานข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่อุตสาหกรรมตามเกณฑ์ของกรมโยธาธิการและผังเมือง (2549) ในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภททำยกฎกระทรวงให้บังคับใช้ผังเมืองรวม จังหวัดลำปาง ปีพ.ศ. 2552 (ตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.7) ดังนี้

ตารางที่ 4.10 พื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดลำปาง

| พื้นที่อุตสาหกรรม | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|------------------------|------------------|---------------|
| มีพื้นที่อุตสาหกรรม | 179.68 | 1.43 |
| ไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรม | 12,354.28 | 98.57 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.10 พบว่าจังหวัดลำปางมีพื้นที่อุตสาหกรรมเพียง 179.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.47 ในขณะที่ไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรมมีมากกว่า 12,354.28 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 98.57



ภาพที่ 4.7 พื้นที่อุตสาหกรรมในจังหวัดลำปาง

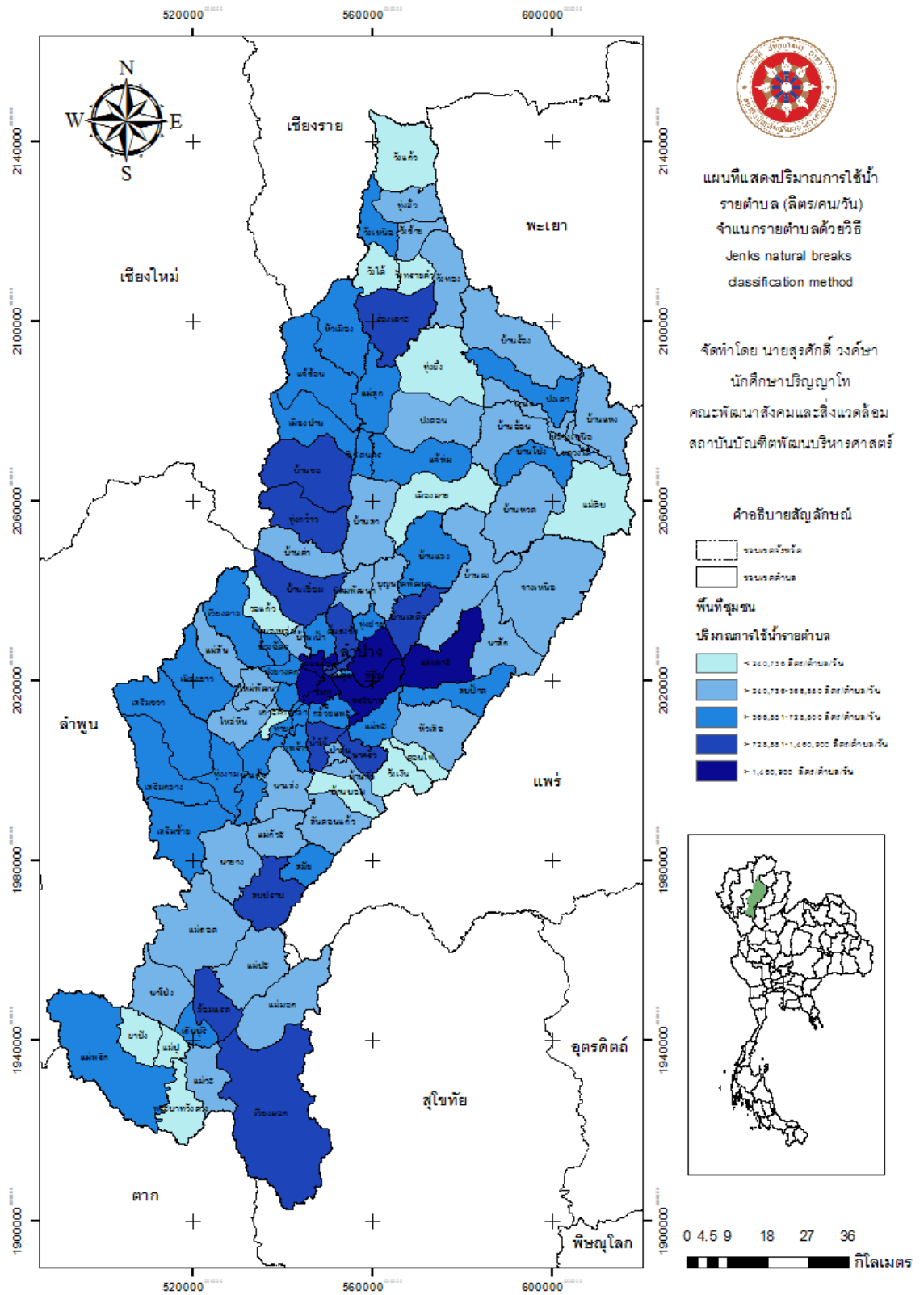
4.1.1.8 พื้นที่ชุมชน (Community Area)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่ชุมชน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้น้ำในครัวเรือนโดยนำจำนวนประชากร โดยใช้ข้อมูลสถิติประชากรจังหวัดลำปาง จากกรมการปกครอง ปี พ.ศ. 2553 มาคำนวณกับปริมาณการใช้น้ำ โดยให้พื้นที่ชุมชนชนบทมีค่าเฉลี่ยการใช้น้ำ 55 ลิตร/คน/วัน ในขณะที่พื้นที่ชุมชนเมืองมีค่าเฉลี่ยการใช้น้ำ 100 ลิตร/คน/วัน จากนั้นนำผลการคำนวณรวมเข้ากับแผนที่ขอบเขตการปกครองรายตำบลของ กรมแผนที่ทหาร ปี พ.ศ. 2556 เพื่อจัดทำเป็นแผนที่การใช้น้ำโดยเฉลี่ยรายตำบลโดยใช้เกณฑ์การแบ่งด้วยวิธี Jenks Natural Break Classification (ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.8) ดังนี้

ตารางที่ 4.11 พื้นที่ชุมชนจำแนกประเภทปริมาณการใช้น้ำรายตำบลในจังหวัดลำปาง

| ปริมาณการใช้น้ำรายตำบล | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|------------------------------------|------------------|---------------|
| < 240,736 ลิตร/ตำบล/วัน | 1,592.36 | 12.70 |
| > 240,736-366,850 ลิตร/ตำบล/วัน | 3,874.61 | 30.91 |
| > 366,850 -728,800 ลิตร/ตำบล/วัน | 4,390.60 | 35.03 |
| > 728,800 -1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน | 21,83.24 | 17.42 |
| > 1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน | 493.15 | 3.93 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |

จากตารางที่ 4.11 พบว่าจังหวัดลำปางมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยรายตำบลน้อยกว่า 240,736 ลิตร/ตำบล/วัน ครอบคลุมพื้นที่ 1,592.36 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 12.70 ถัดมาคือระหว่าง 240,736-366,850 ลิตร/ตำบล/วัน ครอบคลุมพื้นที่ 3,874.61 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 30.91 ถัดมาคือระหว่าง 366,851-728,800 ลิตร/ตำบล/วัน ครอบคลุมพื้นที่ 4,390.60 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 35.03 ถัดมาคือระหว่าง 728,801-1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน ครอบคลุมพื้นที่ 21,83.24 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.42 และสุดท้ายคือ มากกว่า 1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน ครอบคลุมพื้นที่ 493.15 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.93



ภาพที่ 4.8 พื้นที่ชุมชนจำแนกประเภทปริมาณการใช้น้ำรายตำบลในจังหวัดลำปาง

4.1.2 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก)

ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมแบบสัมภาษณ์จากหน่วยงานภาครัฐทั้งหมด 12 หน่วยงานที่ดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้ง โดยทำการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญหน่วยงาน 2 ท่าน รวมผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบสัมภาษณ์ทั้งสิ้น 24 ท่าน ทำให้ได้ผลค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) เพื่อนำมาคำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของตัวแปรทั้งหมด 8 ตัวแปร ดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรปริมาณน้ำฝน (Rainfall) (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรปริมาณน้ำฝน (Rainfall)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี | < 882.56 มม. | 8 | 4.92 | 39.36 |
| | > 882.56 – 938.04 มม. | 8 | 4.13 | 33.04 |
| | > 938.04 – 993.53 มม. | 8 | 3.13 | 25.04 |
| | > 993.53 – 1,215.46 มม. | 8 | 2.21 | 17.68 |
| | > 1,215.46 มม. | 8 | 1.21 | 9.68 |

4.1.2.2 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่ป่าไม้ (Forest Area) (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่ป่าไม้ (Forest Area)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|--------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| พื้นที่ป่าไม้ | ไม่มีพื้นที่ป่าไม้ | 6 | 4.83 | 28.98 |
| | มีพื้นที่ป่าไม้ | 6 | 1.63 | 9.78 |

4.1.2.3 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (Distance from wetlands) (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (Distance from wetlands)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ | > 3,000 เมตร | 6 | 4.63 | 27.78 |
| | < 2,000 -3,000 เมตร | 6 | 3.75 | 22.50 |
| | < 2,000 – 1,000 เมตร | 6 | 2.92 | 17.51 |
| | < 1,000 เมตร | 6 | 2.00 | 12.00 |

4.1.2.4 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรลักษณะของเนื้อดิน (Soil Texture) (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรลักษณะของเนื้อดิน (Soil Texture)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| ลักษณะของเนื้อดิน | ดินทราย | 6 | 4.33 | 25.98 |
| | ดินร่วน | 6 | 3.00 | 18.00 |
| | ดินเหนียว | 6 | 1.88 | 11.28 |

4.1.2.5 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรการระบายน้ำของดิน (Soil Drainage) (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรการระบายน้ำของดิน (Soil Drainage)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| การระบายน้ำของดิน | การระบายน้ำดี | 6 | 3.38 | 20.28 |
| | การระบายน้ำปานกลาง | 6 | 2.63 | 15.78 |
| | การระบายค่อนข้างเลว | 6 | 1.92 | 11.52 |
| | การระบายน้ำเลว | 6 | 1.58 | 9.48 |

4.1.2.6 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Area) (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Area)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| พื้นที่เกษตรกรรม | พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกผล | 4 | 3.42 | 13.68 |
| | พื้นที่ปลูกพืชประเภทออกดอก | 4 | 2.71 | 10.84 |
| | พื้นที่ปลูกพืชประเภทแตกใบ | 4 | 2.08 | 8.32 |

4.1.2.7 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่อุตสาหกรรม (Industrial Area) (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.18 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่อุตสาหกรรม (Industrial Area)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| พื้นที่อุตสาหกรรม | ไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรม | 3 | 2.00 | 6.00 |
| | มีพื้นที่อุตสาหกรรม | 3 | 3.38 | 10.14 |

4.1.2.8 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่ชุมชน (Community Area) (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) ค่าคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ของตัวแปรพื้นที่ชุมชน (Community Area)

| ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา | ประเภทข้อมูล | ค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัย | ค่าคะแนนของตัวแปร | ค่าถ่วงน้ำหนัก |
|------------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|
| พื้นที่ชุมชน | < 240,736 ลิตร/ตำบล/วัน | 3 | 1.50 | 4.50 |
| | > 240,736-366,850 ลิตร/ตำบล/วัน | 3 | 2.29 | 6.87 |
| | > 366,850 -728,800 ลิตร/ตำบล/วัน | 3 | 3.08 | 9.24 |
| | > 728,800 -1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน | 3 | 3.96 | 11.88 |
| | > 1,460,900 ลิตร/ตำบล/วัน | 3 | 4.58 | 13.74 |

4.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.2.1 ขั้นตอนแรกผู้ศึกษาได้เลือกใช้โปรแกรม ArcMap 10.3.1 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ปฏิบัติการด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยนำตัวแปรเชิงสาเหตุที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภัยแล้งทั้งหมด 8 ตัวแปร มาทำการวิเคราะห์ซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) ซึ่งภายในตัวแปรทั้งหมดเราสามารถทำการเปิดตารางคุณลักษณะ (Attribute Table) เพื่อสร้างสตมภ์ (Field) จำนวน 3 สตมภ์ สำหรับการใส่คะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting Scale) และคะแนนของตัวแปร (Rating) และผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) ตามที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 4.12-ตารางที่ 4.19

4.2.2 ขั้นตอนที่สอง ทำการวิเคราะห์ซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) โดยใช้แผนที่ทุกตัวแปรที่สร้างขึ้นจำนวน 8 ตัวแปร โดยใช้คำสั่ง Union ในโปรแกรม ArcMap 10.3.1 จะทำให้ได้แผนที่ที่เกิดจากการซ้อนทับข้อมูลด้วยตัวแปรเชิงสาเหตุที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดภัยแล้ง

4.2.3 ขั้นตอนที่สาม แผนที่ที่เกิดจากการซ้อนทับของตัวแปรข้างต้น สามารถนำมาจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยทำการเปิดตารางคุณลักษณะ (Attribute Table) เพื่อสร้างสนาม (Field) จำนวน 2 สนาม ได้แก่ ผลคูณของค่าน้ำหนักคะแนนความสำคัญของปัจจัยและคะแนนของตัวแปร (ค่าถ่วงน้ำหนัก) และการจัดแบ่งกลุ่ม (Classification) เพื่อนำไปประเมินความเสี่ยงต่อการภัยแล้ง ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้สถิติการวิเคราะห์พหุคูณเชิงเส้น (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาสมการที่สามารถทำนายความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable: X) และตัวแปรตาม (Dependent Variable: Y) (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548: 359) ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + \beta_5X_5 + \beta_6X_6 + \beta_7X_7 + \beta_8X_8$$

โดยสามารถอธิบายสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาดังตารางที่ 4.20 ดังนี้

ตารางที่ 4.20 คำอธิบายสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

| สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ | คำอธิบาย |
|------------------------------------|--|
| Y | ค่าความเสี่ยงของพื้นที่ที่เกิดจากภัยแล้ง |
| β_0 | constant coefficient |
| $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$ | coefficient of independent variable 1-8 |
| X_1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย |
| X_2 | พื้นที่ป่าไม้ |
| X_3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ |
| X_4 | ลักษณะเนื้อดิน |
| X_5 | การระบายน้ำของดิน |
| X_6 | พื้นที่เกษตรกรรม |
| X_7 | พื้นที่อุตสาหกรรม |
| X_8 | พื้นที่ชุมชน |

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยสถิติพหุคูณถอยเชิงเส้น (Multiple Regression Analysis) อยู่บนพื้นฐานความเข้าใจที่ว่า ตัวแปรตามต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ในขณะที่ตัวแปรอิสระสามารถเป็นได้ทั้งตัวแปรเชิงปริมาณ หรือตัวแปรกลุ่มก็ได้และตัวแปรอิสระทุกตัวต้องมีความสัมพันธ์ที่เป็นอิสระต่อกัน (ประวิทย์ จันทรณรงค์, 2553: 85) ซึ่งการคำนวณสำหรับตัวแปรตามเพื่อจำแนกเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการแบ่งเกณฑ์แบบอัตราส่วนเท่าๆกัน (Equal Interval Classification) โดยคำนวณได้จากโปรแกรม ArcMap 10.3.1 (ERSI, 2017) ซึ่งสามารถจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยออกเป็น 5 พื้นที่โดยมีช่วงของคะแนน (ตารางที่ 4.21) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.21 เกณฑ์การแบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งตามช่วงของคะแนน

| เกณฑ์การแบ่งพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง | ช่วงของคะแนน |
|----------------------------------|-----------------|
| พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด | 141.61 - 177.00 |
| พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมาก | 106.21 - 141.60 |
| พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งปานกลาง | 70.81 - 106.20 |
| พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อย | 35.41 - 70.80 |
| พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งน้อยที่สุด | 0.00 - 35.40 |

จากการวิเคราะห์ซ้อนทับข้อมูล (Overlay Analysis) เสร็จสิ้นแล้วนั้น ผู้ศึกษาจึงได้นำมา กำหนดเกณฑ์การแบ่งพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในบริเวณจังหวัดลำปางตามที่ปรากฏในตารางที่ 4.20 ข้างต้น ต่อจากนั้นจึงนำมาคำนวณหาปริมาณของพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งจำแนกรายตำบล ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.2.3.1 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดจำแนกรายตำบล

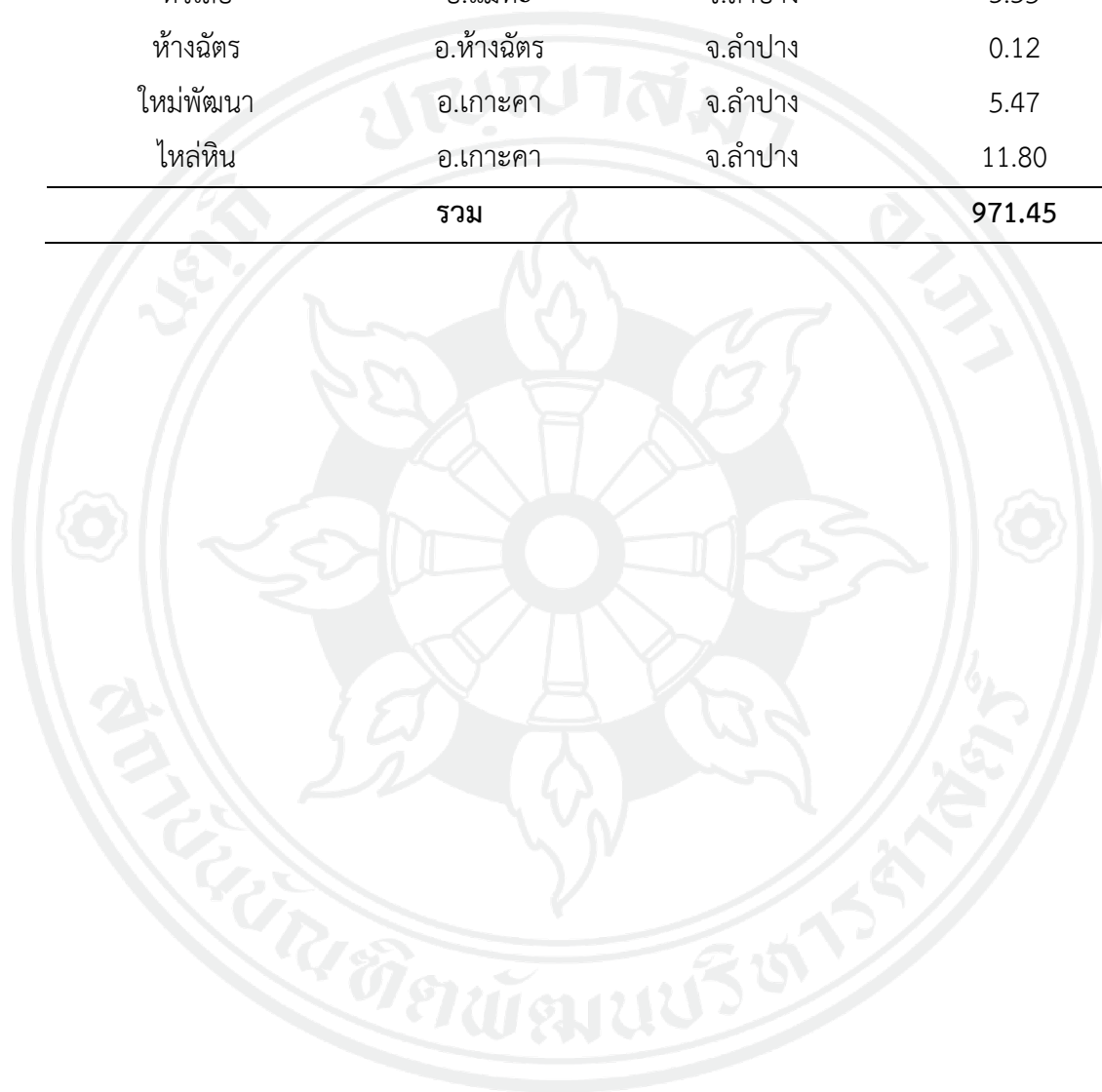
ตารางที่ 4.22 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดจำแนกรายตำบล

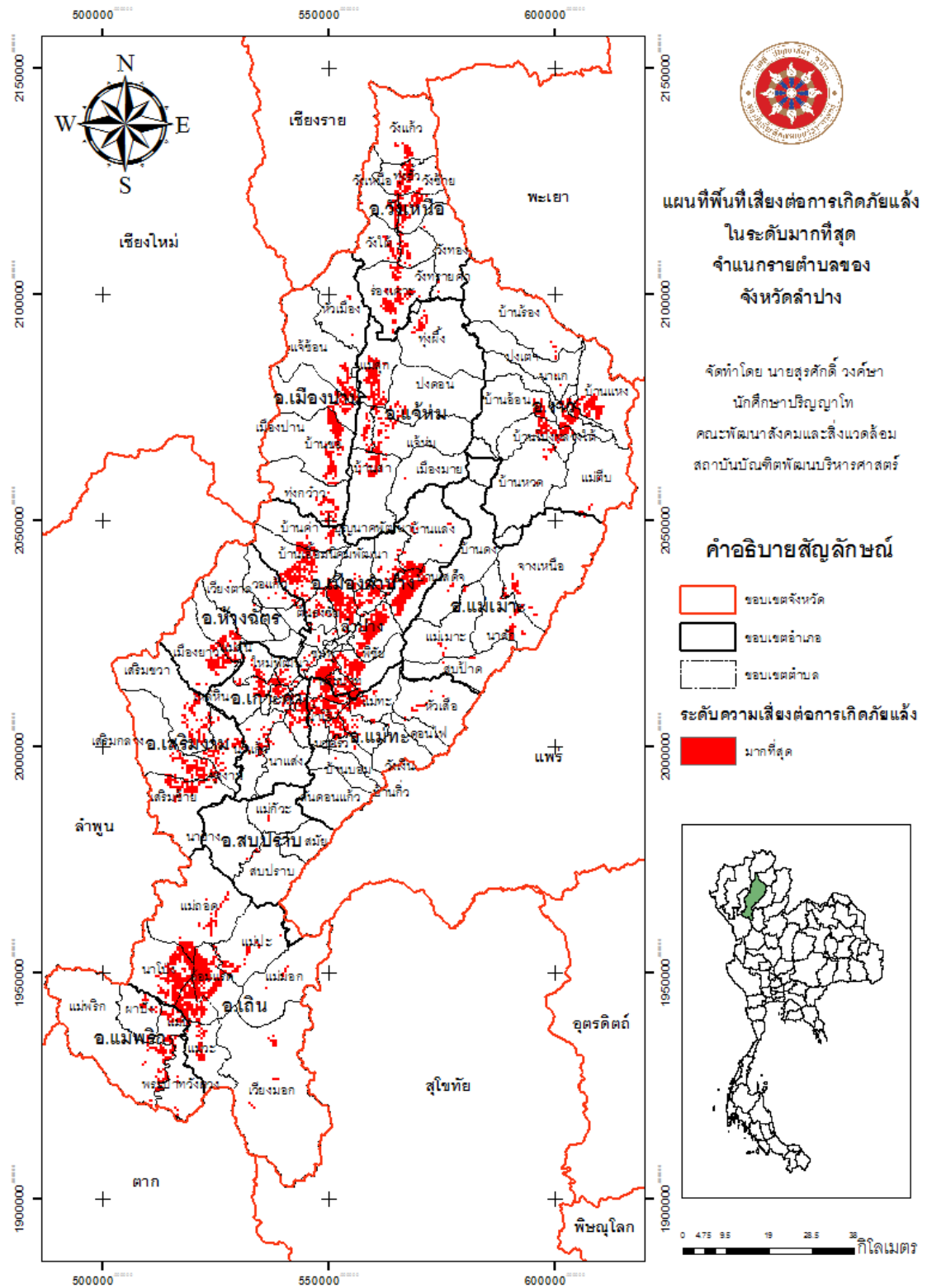
| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------|--------------|---------|------------------|
| กล้วยแพะ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 26.90 |
| เกาะคา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 5.93 |
| จางเหนือ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 8.93 |
| แจ้ซ้อน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 13.96 |
| แจ้ห่ม | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 11.59 |
| ชมพู | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 13.14 |
| ดอนไฟ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 0.48 |
| ต้นธงชัย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 32.32 |
| เถินบุรี | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 30.59 |
| ท่าผา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 4.83 |
| ทุ่งกว่า | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 12.85 |
| ทุ่งงาม | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 14.68 |
| ทุ่งผึ้ง | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 6.19 |
| ทุ่งฝาย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 12.91 |
| ทุ่งฮั่ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 17.98 |
| นาแก | อ.งาว | จ.ลำปาง | 2.04 |
| นาแก้ว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 7.20 |
| นาครี | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 7.88 |
| นาโป่ง | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 41.13 |
| นายาง | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 0.88 |
| นาสัก | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 7.51 |
| นาแสง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 3.19 |
| น้ำใจ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 21.15 |
| นิคมพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 3.33 |
| บ่อแฮ้ว | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 1.47 |
| บ้านกิว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 2.27 |
| บ้านขอ | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 29.24 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|--------------|--------------|---------|------------------|
| บ้านคำ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 8.47 |
| บ้านดง | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 0.94 |
| บ้านบอม | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 0.19 |
| บ้านเป้า | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 7.66 |
| บ้านโป่ง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 16.37 |
| บ้านร้อง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 1.52 |
| บ้านแลง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 8.22 |
| บ้านสา | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 10.64 |
| บ้านเสด็จ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 38.61 |
| บ้านหวด | อ.งาว | จ.ลำปาง | 2.49 |
| บ้านแหง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 16.53 |
| บ้านอ้อน | อ.งาว | จ.ลำปาง | 7.57 |
| บ้านเอื้อม | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 37.44 |
| บุญนาคพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 10.11 |
| ปงดอน | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 4.38 |
| ปงเตา | อ.งาว | จ.ลำปาง | 0.56 |
| ปงแสนทอง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 2.48 |
| ป่าตัน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 8.94 |
| ผาปัง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 4.56 |
| พระบาท | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 22.28 |
| พระบาทวังตวง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 4.33 |
| พิชัย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 30.19 |
| เมืองปาน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 10.14 |
| เมืองมาย | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 0.19 |
| เมืองยาว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 17.28 |
| แม่กัวะ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 0.84 |
| แม่ตึบ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 1.93 |
| แม่ถอด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 17.64 |
| แม่ทะ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 8.64 |
| แม่ปะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 10.48 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|------------|--------------|---------|------------------|
| แม่ปู้ | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 10.96 |
| แม่พริก | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 15.51 |
| แม่มอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 1.59 |
| แม่เมาะ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 2.43 |
| แม่วะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 9.12 |
| แม่สัน | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 12.85 |
| แม่สุก | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 26.21 |
| ร่องเคาะ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 24.27 |
| ล้อมแรด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 41.77 |
| ลำปางหลวง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 4.30 |
| วอแก้ว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 2.80 |
| วังแก้ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 5.83 |
| วังเงิน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 0.11 |
| วังซ้าย | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 16.01 |
| วังใต้ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 6.54 |
| วังทรายคำ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 7.68 |
| วังทอง | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 0.92 |
| วังพร้าว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 12.15 |
| วังเหนือ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 8.19 |
| วิเชตนคร | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 6.59 |
| เวียงตาล | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 1.24 |
| เวียงมอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 3.86 |
| เวียงเหนือ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 0.02 |
| ศาลา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 3.59 |
| สบปราบ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 0.58 |
| สบป่าด | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 0.84 |
| เสริมกลาง | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 19.74 |
| เสริมขวา | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 18.12 |
| เสริมซ้าย | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 19.38 |
| หนองหล่ม | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 1.29 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------|------------|---------|------------------|
| หลวงใต้ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 7.81 |
| หลวงเหนือ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 5.08 |
| หัวเมือง | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 1.12 |
| หัวเสือ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 3.35 |
| ห้างฉัตร | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 0.12 |
| ใหม่พัฒนา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 5.47 |
| ไหลหิน | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 11.80 |
| | รวม | | 971.45 |





ภาพที่ 4.9 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุดจำแนกรายตำบลของจังหวัดลำปาง

4.2.3.2 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากจำแนกรายตำบล

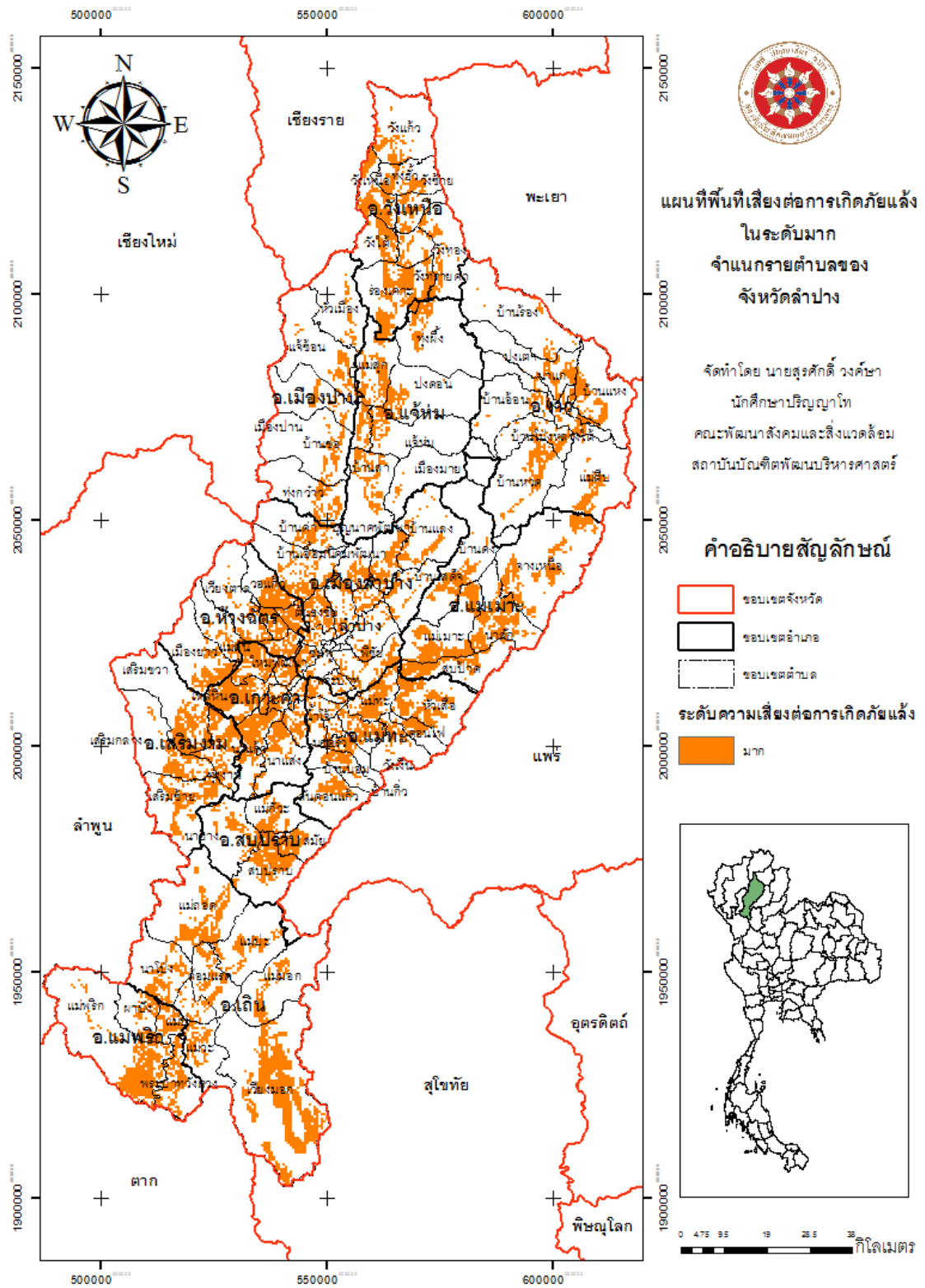
ตารางที่ 4.23 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากจำแนกรายตำบล

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------|--------------|---------|------------------|
| กล้วยแพะ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 18.09 |
| เกาะคา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 10.83 |
| จางเหนือ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 69.51 |
| แจ้ซ้อน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 22.39 |
| แจ้ห่ม | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 20.94 |
| ชมพู | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 4.13 |
| ดอนไฟ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 16.79 |
| ต้นธงชัย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 20.63 |
| เถินบุรี | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 9.79 |
| ท่าผา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 10.10 |
| ทุ่งกว่า | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 26.76 |
| ทุ่งงาม | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 53.94 |
| ทุ่งผึ้ง | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 24.14 |
| ทุ่งฝาย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 15.51 |
| ทุ่งฮั่ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 27.25 |
| นาแก | อ.งาว | จ.ลำปาง | 8.93 |
| นาแก้ว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 55.73 |
| นาครี | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 30.46 |
| นาโป่ง | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 34.71 |
| นายาง | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 27.97 |
| นาสัก | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 65.44 |
| นาแสง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 31.58 |
| น้ำใจ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 17.89 |
| นิคมพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 19.98 |
| บ่อแฮ้ว | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 10.13 |
| บ้านกิว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 16.60 |
| บ้านขอ | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 22.52 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|--------------|--------------|---------|------------------|
| บ้านคำ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 22.70 |
| บ้านดง | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 35.52 |
| บ้านบอม | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 21.14 |
| บ้านเป้า | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 30.25 |
| บ้านโป่ง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 19.02 |
| บ้านร้อง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 10.69 |
| บ้านแลง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 26.59 |
| บ้านสา | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 35.60 |
| บ้านเสด็จ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 15.88 |
| บ้านหวด | อ.งาว | จ.ลำปาง | 37.38 |
| บ้านแหง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 31.90 |
| บ้านอ้อน | อ.งาว | จ.ลำปาง | 11.02 |
| บ้านเอื้อม | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 42.96 |
| บุญนาคพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 33.19 |
| ปงดอน | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 22.14 |
| ปงเตา | อ.งาว | จ.ลำปาง | 27.11 |
| ปงยางคก | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 23.74 |
| ปงแสนทอง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 15.26 |
| ป่าตัน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 5.21 |
| ผาปัง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 23.36 |
| พระบาท | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 29.29 |
| พระบาทวังตวง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 42.94 |
| พิชัย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 17.64 |
| เมืองปาน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 15.40 |
| เมืองมาย | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 3.07 |
| เมืองยาว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 36.92 |
| แม่กัวะ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 24.77 |
| แม่ตีบ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 26.93 |
| แม่ถอด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 57.07 |
| แม่ทะ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 44.69 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|------------|--------------|---------|------------------|
| แม่ปะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 31.24 |
| แม่ปู | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 27.35 |
| แม่พริก | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 86.15 |
| แม่มอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 28.39 |
| แม่เมาะ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 65.94 |
| แม่วะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 27.52 |
| แม่สัน | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 19.80 |
| แม่สุก | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 41.45 |
| ร่องเคาะ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 87.21 |
| ล้อมแรด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 28.45 |
| ลำปางหลวง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 17.82 |
| วอแก้ว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 35.74 |
| วังแก้ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 22.89 |
| วังเงิน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 15.17 |
| วังซ้าย | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 19.54 |
| วังใต้ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 27.45 |
| วังทรายคำ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 15.13 |
| วังทอง | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 26.31 |
| วังพร้าว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 18.61 |
| วังเหนือ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 45.80 |
| วิเชตนคร | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 17.66 |
| เวียงตาล | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 22.85 |
| เวียงมอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 187.95 |
| เวียงเหนือ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 0.01 |
| ศาลา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 6.85 |
| สบปราบ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 62.93 |
| สบป่าด | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 47.06 |
| สมัย | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 22.96 |
| สวนดอก | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 0.00 |
| สันดอนแก้ว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 23.89 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------|------------|---------|------------------|
| เสริมกลาง | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 38.51 |
| เสริมขวา | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 59.68 |
| เสริมซ้าย | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 56.20 |
| หนองหล่ม | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 24.88 |
| หลวงใต้ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 12.53 |
| หลวงเหนือ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 8.52 |
| หัวเมือง | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 10.34 |
| หัวเสือ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 60.50 |
| ห้างฉัตร | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 24.71 |
| ใหม่พัฒนา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 46.09 |
| ไหล่หิน | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 71.41 |
| | รวม | | 2975.60 |



ภาพที่ 4.10 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากจำแนกรายตำบลของจังหวัดลำปาง

4.2.3.3 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งปานกลางจำแนกรายตำบล

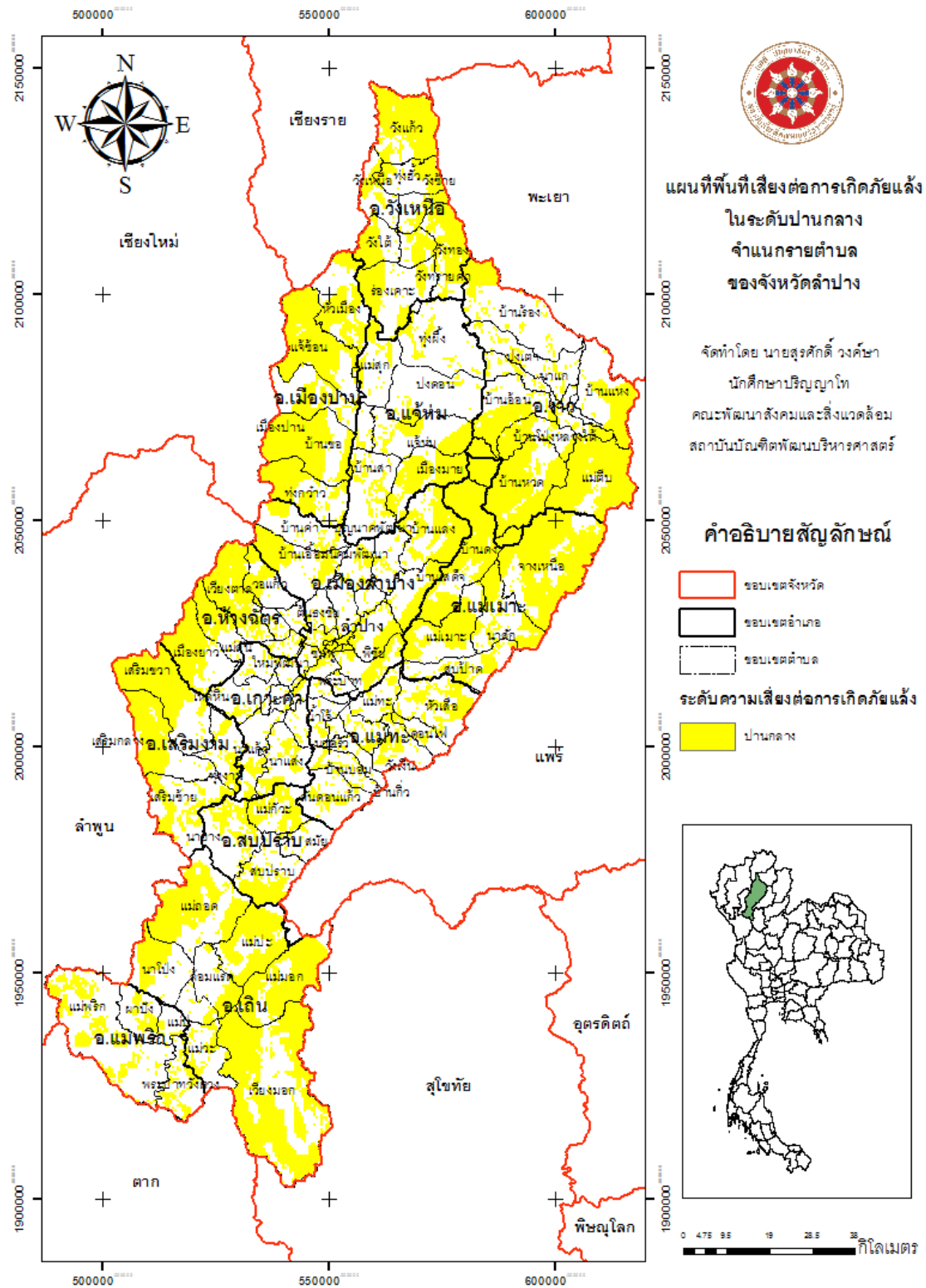
ตารางที่ 4.24 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งปานกลางจำแนกรายตำบล

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------|--------------|---------|------------------|
| กล้วยแพะ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 5.41 |
| เกาะคา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 1.75 |
| จางเหนือ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 302.85 |
| แจ้ซ้อน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 196.32 |
| แจ้ห่ม | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 62.85 |
| ชมพู | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 11.93 |
| ดอนไผ่ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 11.35 |
| ต้นธงชัย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 7.20 |
| เถินบุรี | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 9.47 |
| ท่าผา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 4.04 |
| ทุ่งกว่า | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 109.51 |
| ทุ่งงาม | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 32.66 |
| ทุ่งผึ้ง | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 32.00 |
| ทุ่งฝาย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 4.83 |
| ทุ่งฮั่ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 52.30 |
| นาแก | อ.งาว | จ.ลำปาง | 15.74 |
| นาแก้ว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 30.13 |
| นาครี | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 16.41 |
| นาโป่ง | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 62.44 |
| นายาง | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 53.02 |
| นาสัก | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 82.43 |
| นาแสง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 37.92 |
| น้ำใจ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 8.30 |
| นิคมพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 20.91 |
| บ่อแฮ้ว | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 15.46 |
| บ้านกิว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 6.45 |
| บ้านขอ | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 178.78 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|--------------|--------------|---------|------------------|
| บ้านคำ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 32.92 |
| บ้านดง | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 231.78 |
| บ้านบอม | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 19.71 |
| บ้านเป้า | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 8.70 |
| บ้านโป่ง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 61.13 |
| บ้านร้อง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 59.36 |
| บ้านแลง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 118.28 |
| บ้านสา | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 42.02 |
| บ้านเสด็จ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 49.25 |
| บ้านหวด | อ.งาว | จ.ลำปาง | 201.70 |
| บ้านแหง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 79.06 |
| บ้านอ้อน | อ.งาว | จ.ลำปาง | 80.07 |
| บ้านเอื้อม | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 83.18 |
| บุญนาคพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 12.39 |
| ปงดอน | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 21.10 |
| ปงเตา | อ.งาว | จ.ลำปาง | 24.46 |
| ปงยางคก | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 8.72 |
| ปงแสนทอง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 8.39 |
| ป่าตัน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 2.60 |
| ผาปัง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 23.75 |
| พระบาท | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 46.67 |
| พระบาทวังตวง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 38.11 |
| พิชัย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 41.52 |
| เมืองปาน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 54.14 |
| เมืองมาย | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 169.11 |
| เมืองยาว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 112.64 |
| แม่กัวะ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 61.72 |
| แม่ตึบ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 215.45 |
| แม่ถอด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 184.73 |
| แม่ทะ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 20.17 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|------------|--------------|---------|------------------|
| แม่ปะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 135.23 |
| แม่ปู | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 6.81 |
| แม่พริก | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 111.82 |
| แม่มอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 179.58 |
| แม่เมาะ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 107.16 |
| แม่วะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 33.52 |
| แม่สัน | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 60.39 |
| แม่สุก | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 35.95 |
| ร่องเคาะ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 86.65 |
| ล้อมแรด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 34.63 |
| ลำปางหลวง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 3.21 |
| วอแก้ว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 38.54 |
| วังแก้ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 159.96 |
| วังเงิน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 30.39 |
| วังซ้าย | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 24.44 |
| วังใต้ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 46.60 |
| วังทรายคำ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 31.92 |
| วังทอง | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 109.19 |
| วังพร้าว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 5.34 |
| วังเหนือ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 25.87 |
| วิเชตนคร | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 6.96 |
| เวียงตาล | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 138.33 |
| เวียงมอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 427.45 |
| เวียงเหนือ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 8.24 |
| ศาลา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 5.58 |
| สบตุ๋ย | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 3.52 |
| สบปราบ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 64.92 |
| สบป่าด | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 44.20 |
| สมัย | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 7.22 |
| สวนดอก | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 2.28 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|------------|--------------|---------|------------------|
| สันดอนแก้ว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 27.68 |
| เสริมกลาง | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 121.75 |
| เสริมขวา | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 160.94 |
| เสริมซ้าย | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 74.59 |
| หนองหล่ม | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 3.43 |
| หลวงใต้ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 19.07 |
| หลวงเหนือ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 0.90 |
| หัวเมือง | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 104.05 |
| หัวเวียง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 2.96 |
| หัวเสือ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 72.24 |
| ห้างฉัตร | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 7.36 |
| ใหม่พัฒนา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 7.65 |
| ไหลหิน | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 12.77 |
| | รวม | | 6,076.61 |



ภาพที่ 4.11 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งปานกลางจำแนกรายตำบลของจังหวัดลำปาง

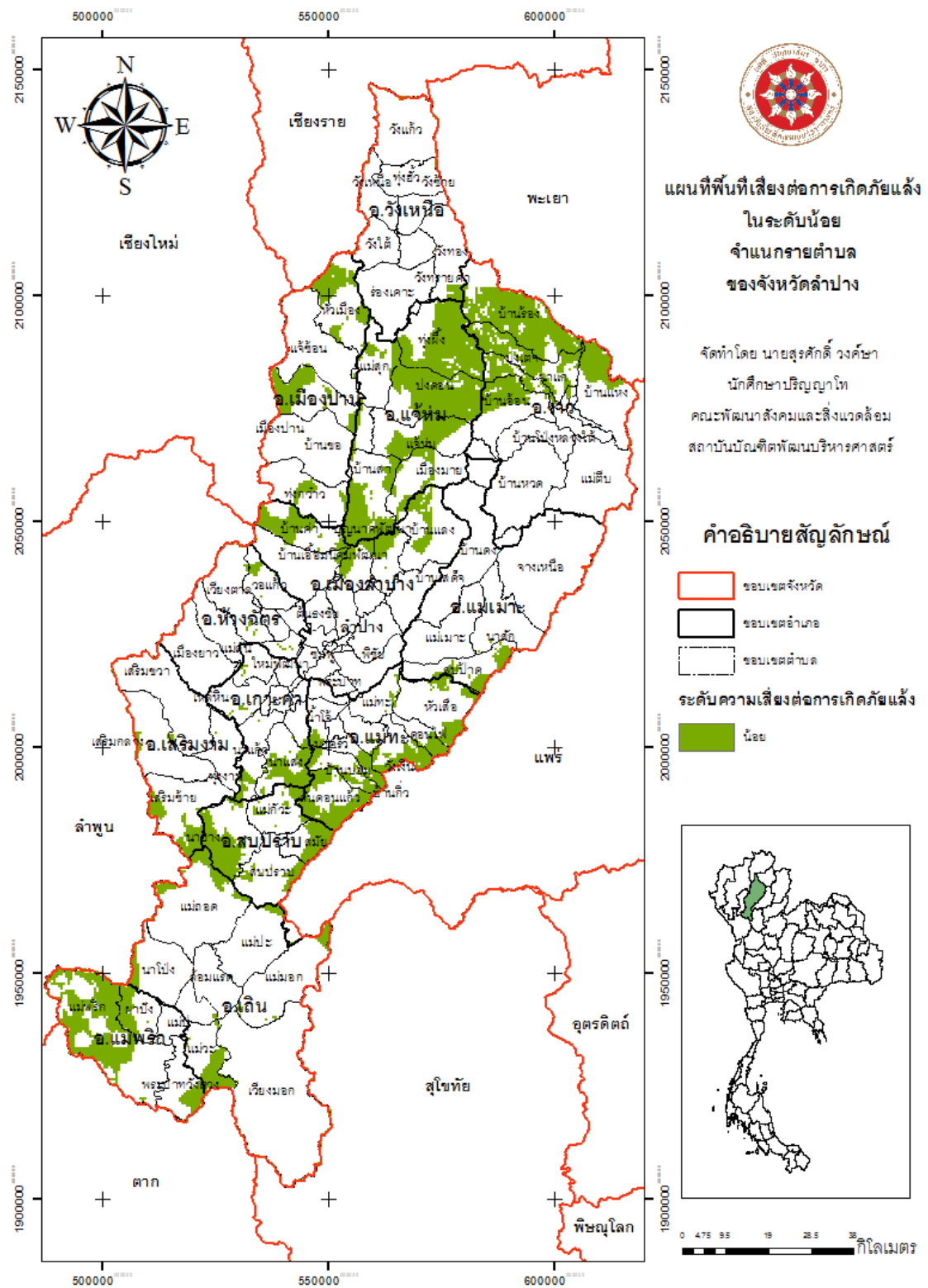
4.2.3.4 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยจําแนกรายตำบล

ตารางที่ 4.25 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยจําแนกรายตำบล

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|-----------|--------------|---------|------------------|
| จางเหนือ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 2.09 |
| แจ้ซ้อน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 3.42 |
| แจ้ห่ม | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 79.69 |
| ดอนไฟ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 19.32 |
| เถินบุรี | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 1.04 |
| ทุ่งกว่า | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 20.91 |
| ทุ่งงาม | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 1.02 |
| ทุ่งผึ้ง | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 179.35 |
| ทุ่งฮั่ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 0.85 |
| นาแก | อ.งาว | จ.ลำปาง | 43.29 |
| นาแก้ว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 13.98 |
| นาครี | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 2.39 |
| นาโป่ง | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 14.84 |
| นayang | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 80.92 |
| นาสัก | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 1.75 |
| นาแสง | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 55.57 |
| น้ำใจ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 8.67 |
| นิคมพัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 25.51 |
| บ้านกิว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 21.22 |
| บ้านขอ | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 2.11 |
| บ้านค่า | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 63.80 |
| บ้านบอม | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 30.37 |
| บ้านร้อง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 198.61 |
| บ้านแลง | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 40.82 |
| บ้านสา | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 104.47 |
| บ้านแหง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 57.29 |
| บ้านอ้อน | อ.งาว | จ.ลำปาง | 61.52 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|--------------|--------------|---------|------------------|
| บ้านเอื้อม | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 7.50 |
| บุญนาควัฒนา | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 22.94 |
| ปงดอน | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 167.68 |
| ปงเตา | อ.งาว | จ.ลำปาง | 98.02 |
| ปงยางคก | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 1.44 |
| ผาปึง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 37.31 |
| พระบาทวังตวง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 24.60 |
| เมืองปาน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 66.54 |
| เมืองมาย | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 35.15 |
| เมืองยาว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 0.55 |
| แม่กัวะ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 19.92 |
| แม่ตึบ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 1.39 |
| แม่ถอด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 46.78 |
| แม่ทะ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 4.44 |
| แม่ปะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 9.16 |
| แม่พริก | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 197.62 |
| แม่มอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 14.55 |
| แม่วะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 41.97 |
| แม่สัน | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 0.47 |
| แม่สุก | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 24.50 |
| ร่องเคาะ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 1.20 |
| ล้อมแรด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 0.07 |
| วอแก้ว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 7.57 |
| วังแก้ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 3.70 |
| วังเงิน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 44.93 |
| วังซ้าย | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 0.15 |
| วังใต้ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 0.77 |
| วังทอง | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 13.11 |
| วังพร้าว | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 3.64 |
| วังเหนือ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 1.55 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|------------|------------|---------|------------------|
| วิเชตนคร | อ.แจ้ห่ม | จ.ลำปาง | 7.02 |
| เวียงตาล | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 4.96 |
| เวียงมอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 6.44 |
| สบปราบ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 23.53 |
| สบป่าด | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 37.11 |
| สมัย | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 38.68 |
| สันดอนแก้ว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 80.74 |
| เสริมกลาง | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 7.93 |
| เสริมขวา | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 4.48 |
| เสริมซ้าย | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 48.75 |
| หัวเมือง | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 67.47 |
| หัวเสือ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 44.07 |
| ใหม่พัฒนา | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 2.21 |
| ไหล่หิน | อ.เกาะคา | จ.ลำปาง | 2.81 |
| | รวม | | 2,410.19 |



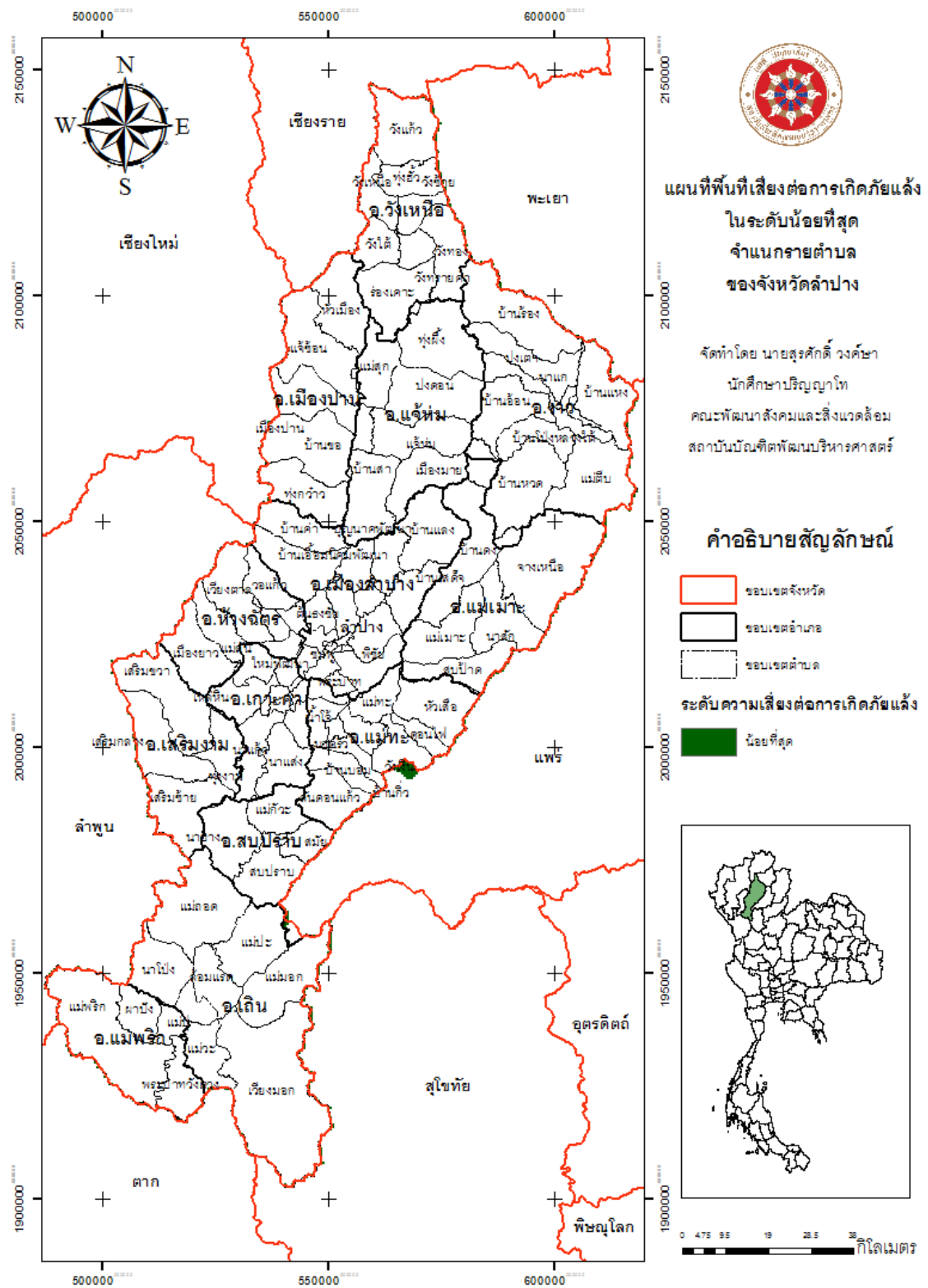
ภาพที่ 4.12 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยจำแนกรายตำบลของจังหวัดลำปาง

4.2.3.5 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุดจำแนกรายตำบล

ตารางที่ 4.26 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุดจำแนกรายตำบล

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|--------------|--------------|---------|------------------|
| จางเหนือ | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 3.89 |
| แจ้ซ้อน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 2.93 |
| ดอนไฟ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 1.34 |
| ทุ่งกว๋าว | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 1.32 |
| ทุ่งฮั่ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 1.26 |
| นาโป่ง | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 1.40 |
| นาสัก | อ.แม่เมาะ | จ.ลำปาง | 2.66 |
| บ้านกิ้ว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 1.33 |
| บ้านขอ | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 1.40 |
| บ้านคำ | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 1.34 |
| บ้านบอม | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 1.20 |
| บ้านร้อง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 3.09 |
| บ้านแหง | อ.งาว | จ.ลำปาง | 4.18 |
| บ้านอ้อม | อ.เมืองลำปาง | จ.ลำปาง | 1.26 |
| พระบาทวังตวง | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 2.26 |
| เมืองปาน | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 2.71 |
| เมืองยาว | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 2.53 |
| แม่ตีบ | อ.งาว | จ.ลำปาง | 2.50 |
| แม่ถอด | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 2.30 |
| แม่ปะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 1.39 |
| แม่พริก | อ.แม่พริก | จ.ลำปาง | 1.36 |
| แม่มอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 3.35 |
| แม่วะ | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 2.60 |
| แม่สัน | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 1.76 |
| วังแก้ว | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 3.86 |
| วังเงิน | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 2.93 |
| วังซ้าย | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 1.33 |

| ตำบล | อำเภอ | จังหวัด | พื้นที่ (ตร.กม.) |
|------------|------------|---------|------------------|
| วังใต้ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 1.24 |
| วังทอง | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 3.81 |
| วังเหนือ | อ.วังเหนือ | จ.ลำปาง | 1.34 |
| เวียงตาล | อ.ห้างฉัตร | จ.ลำปาง | 2.58 |
| เวียงมอก | อ.เถิน | จ.ลำปาง | 9.27 |
| สบปราบ | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 2.95 |
| สบป่าด | อ.แม่เม่า | จ.ลำปาง | 2.90 |
| สมัย | อ.สบปราบ | จ.ลำปาง | 2.84 |
| สันดอนแก้ว | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 2.47 |
| เสริมกลาง | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 2.72 |
| เสริมขวา | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 1.22 |
| เสริมซ้าย | อ.เสริมงาม | จ.ลำปาง | 2.00 |
| หัวเมือง | อ.เมืองปาน | จ.ลำปาง | 2.70 |
| หัวเสือ | อ.แม่ทะ | จ.ลำปาง | 2.60 |
| รวม | | | 100.11 |

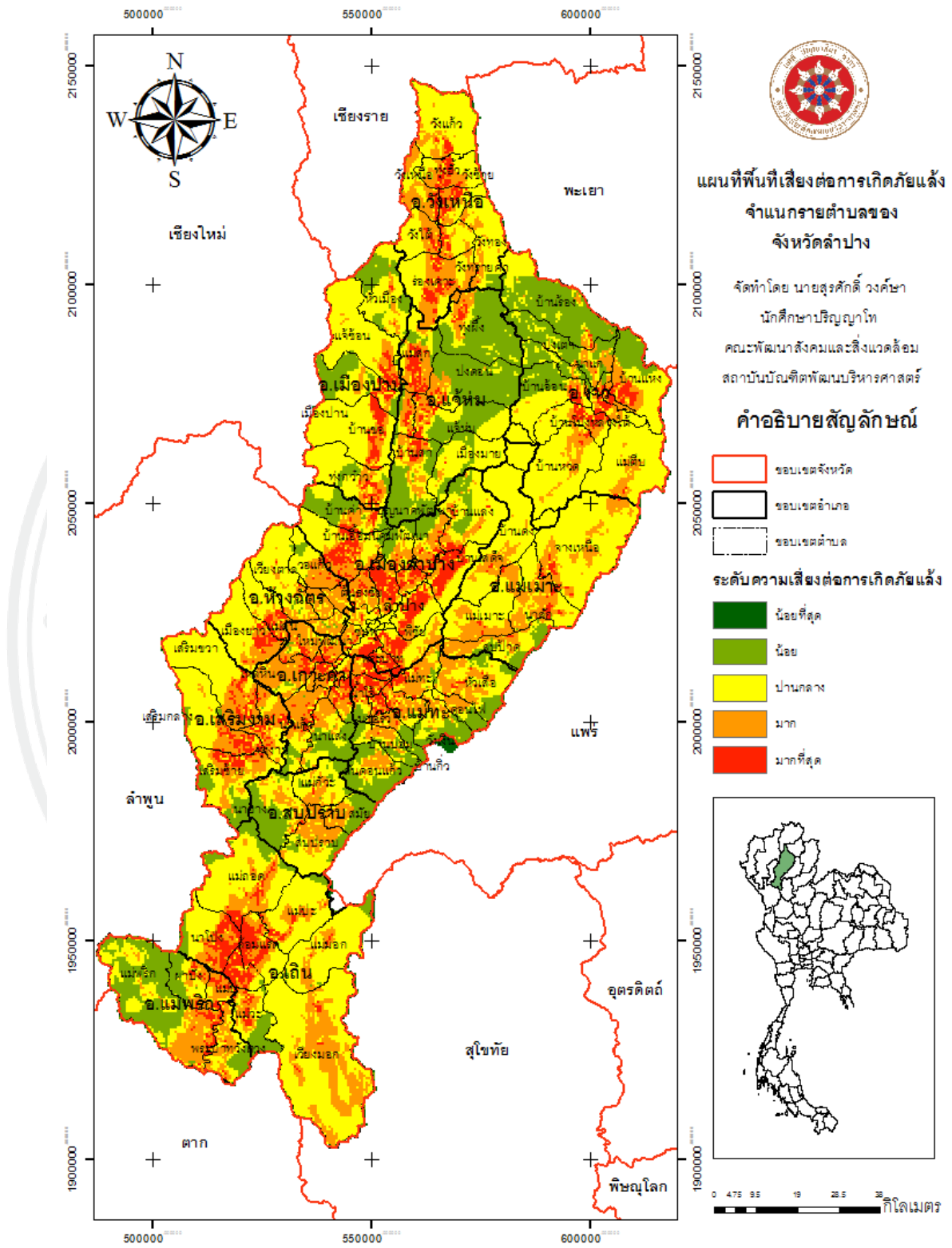


ภาพที่ 4.13 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุดจำแนกรายตำบลของจังหวัดลำปาง

4.2.3.6 สรุปพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งจำแนกรายตำบลในจังหวัดลำปาง

ตารางที่ 4.27 สรุปพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งจำแนกรายตำบล

| ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง | พื้นที่ (ตร.กม.) | ร้อยละ |
|----------------------------------|------------------|---------------|
| น้อยที่สุด | 100.11 | 0.80 |
| น้อย | 2,410.19 | 19.23 |
| ปานกลาง | 6,076.61 | 48.48 |
| มาก | 2,975.60 | 23.74 |
| มากที่สุด | 971.45 | 7.75 |
| รวม | 12,533.96 | 100.00 |



ภาพที่ 4.14 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งจำแนกรายตำบลของจังหวัดลำปาง

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และตัวแปรตาม (dependent Variable) โดยปัจจัยเชิงสาเหตุหรือตัวแปรอิสระในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะของดิน การระบายน้ำของดิน พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน ในขณะที่ตัวแปรตามคือ ความเสี่ยงของพื้นที่ (Risk of Drought Area) ซึ่งสามารถนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ตามวิธีการทางสถิติของ Pearson Product Monument Correlation Coefficient เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามว่าเป็นไปตามข้อตกลงก่อนการคำนวณเชิงเส้นหรือไม่ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2548: 342-343) ทั้งนี้การคำนวณดังกล่าวข้างต้นสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม SPSS Version 24 for Window การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (ตารางที่ 4.28) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้) และตัวแปรตาม (ความเสี่ยงภัยแล้งของพื้นที่)

| ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Monument Correlation Coefficient: r) |
|-------------------------------|---|
| 1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย | 0.87** |
| 2. พื้นที่ป่าไม้ | 0.48** |
| 3. ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ | 0.57** |
| 4. ลักษณะของดิน | 0.53** |
| 5. การระบายน้ำของดิน | 0.35** |
| 6. พื้นที่เกษตรกรรม | 0.34** |
| 7. พื้นที่อุตสาหกรรม | 0.38** |
| 8. พื้นที่ชุมชน | 0.75** |

**P < 0.01

จากตารางที่ 4.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้) และตัวแปรตาม (ความเสี่ยงของพื้นที่) ซึ่งพบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะของดิน การระบายน้ำของดิน พื้นที่เกษตรกรรม

พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความเสี่ยงของพื้นที่ที่ต้องการเกิดภัยแล้ง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

นอกจากนี้ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรอิสระ (ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้) และตัวแปรตาม (ความเสี่ยงของพื้นที่) โดยพบว่ามีความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.29)

ตารางที่ 4.29 ความสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรอิสระ (ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้) และตัวแปรตาม (ความเสี่ยงของพื้นที่)

| ตัวแปร | Y | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ |
|----------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Y | 1.00 | | | | | | | | |
| X ₁ | 0.87** | 1.00 | | | | | | | |
| X ₂ | 0.48** | 0.13** | 1.00 | | | | | | |
| X ₃ | 0.57** | 0.08** | 0.11** | 1.00 | | | | | |
| X ₄ | 0.53** | 0.03 | 0.07** | 0.35** | 1.00 | | | | |
| X ₅ | 0.35** | 0.05** | 0.07** | 0.10** | 0.09** | 1.00 | | | |
| X ₆ | 0.43** | 0.23** | 0.28** | 0.12** | 0.13** | 0.53** | 1.00 | | |
| X ₇ | 0.38** | 0.19** | 0.22** | 0.05** | 0.05** | 0.05** | 0.32** | 1.00 | |
| X ₈ | 0.75** | - 0.00 | 0.17** | 0.13** | 0.08** | 0.09** | 0.21** | 0.17** | 1.00 |

**P < 0.01

4.3.1 การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา (X₁- X₈) กับความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการเกิดภัยแล้ง (Y) ในพื้นที่จังหวัดลำปาง สามารถคำนวณด้วยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ทั้งนี้ผู้ศึกษานำเข้าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งละ 1 ตัวแปรเพื่อสร้างสมการเชิงเส้นตรงเป็นลำดับขั้นบันไดตั้งแต่ตัวแปรอิสระตัวแปรแรก (X₁) จนถึงตัวแปรอิสระตัวสุดท้าย (X₈) โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 99

ตารางที่ 4.30 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

| Model | Independent Variable | Unstandardized Coefficients | | Standardized | T | Sig. |
|-------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| | | | | | | |
| No. | (Constant) | 75.46 | 0.89 | | 84.39 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 1.30 | 0.03 | 0.50 | 43.18 | 0.00 |
| | | R = 0.50 | R ² = 0.25 | F = 1864.11 | Sig of F = 0.00 | |

จากตารางที่ 4.30 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรแรกคือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X₁) ร่วมกับความเสถียรของพื้นที่ พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 1.30 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.1)

$$Y = 75.46 + 1.30X_1 \dots \dots \dots \text{(สมการที่ 4.1)}$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.1 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.50 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R²) เท่ากับ 0.25 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 25 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 75 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรที่สอง คือ พื้นที่ป่าไม้ เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป (ตารางที่ 4.31)

ตารางที่ 4.31 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรพื้นที่ป่าไม้

| Model | Independent Variable | Unstandardized Coefficients | | Standardized | T | Sig. |
|-------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| No. | (Constant) | 48.67 | 1.01 | | 48.00 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 1.16 | 0.03 | 0.44 | 43.40 | 0.00 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.69 | 0.04 | 0.42 | 41.62 | 0.00 |
| | | R = 0.65 | R ² = 0.42 | F = 2081.06 | Sig of F = 0.00 | |

จากตารางที่ 4.31 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรที่สองคือพื้นที่ป่าไม้ (X₂) ร่วมกับความเสี่ยงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 1.69 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.1)

$$Y = 48.67 + 1.16X_1 + 1.69X_2 \dots\dots\dots (สมการที่ 4.2)$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.2 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.65 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R²) เท่ากับ 0.42 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าพื้นที่ป่าไม้สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 42 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 58 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรที่สาม คือ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป (ตารางที่ 4.32)

ตารางที่ 4.32 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ

| Model | Independent Variable | Unstandardized | | Standardized | | T | Sig. |
|-------|--|----------------|-----------------------|--------------|-----------------|-------|------|
| | | Coefficients | | Coefficients | | | |
| | | B | Std. Error | Beta | | | |
| No. | (Constant) | 35.73 | 0.80 | | | 44.79 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 1.07 | 0.02 | 0.41 | | 52.74 | 0.00 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.48 | 0.03 | 0.37 | | 47.81 | 0.00 |
| 3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X ₃) | 1.56 | 0.02 | 0.50 | | 64.33 | 0.00 |
| | | R = 0.82 | R ² = 0.67 | F = 3772.76 | Sig of F = 0.00 | | |

จากตารางที่ 4.32 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรที่สาม คือ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X₃) ร่วมกับความเสี่ยงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 1.56 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.1)

$$Y = 35.73 + 1.07X_1 + 1.48X_2 + 1.56X_3 \dots\dots\dots (สมการที่ 4.3)$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.3 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.21 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R²) เท่ากับ 0.67 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าพื้นที่ป่าไม้สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 67 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 33 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรที่สี่ คือ ลักษณะเนื้อดิน เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป (ตารางที่ 4.33)

ตารางที่ 4.33 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรลักษณะเนื้อดิน

| Model | Independent Variable | Unstandardized Coefficients | | Standardized | T | Sig. |
|-------|--|-----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| No. | (Constant) | 27.20 | 0.66 | | 41.19 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 1.08 | 0.02 | 0.41 | 65.83 | 0.00 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.43 | 0.03 | 0.36 | 57.28 | 0.00 |
| 3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X ₃) | 1.17 | 0.02 | 0.37 | 56.26 | 0.00 |
| 4 | ลักษณะเนื้อดิน (X ₄) | 1.11 | 0.02 | 0.37 | 55.64 | 0.00 |
| | | R = 0.89 | R ² = 0.78 | F = 5138.94 | Sig of F = 0.00 | |

จากตารางที่ 4.33 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรที่สี่ คือ ลักษณะเนื้อดิน (X₄) ร่วมกับความเสี่ยงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 1.11 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.1)

$$Y = 27.20 + 1.08X_1 + 1.43X_2 + 1.17X_3 + 1.11X_4 \dots\dots\dots (สมการที่ 4.4)$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.4 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.89 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R²) เท่ากับ 0.78 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าลักษณะเนื้อดิน สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 70 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 22 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรที่ห้า คือ การระบายน้ำของดิน เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป (ตารางที่ 4.34)

ตารางที่ 4.34 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรการระบายน้ำของดิน

| Model | Independent Variable | Unstandardized | | Standardize | T | Sig. |
|-------|--|----------------|-----------------------|-------------|-----------------|------|
| | | Coefficients | | d | | |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| No. | (Constant) | 22.28 | 0.58 | | 38.53 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 1.06 | 0.01 | 0.40 | 74.95 | 0.00 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.39 | 0.02 | 0.35 | 64.40 | 0.00 |
| 3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X ₃) | 1.11 | 0.02 | 0.36 | 62.20 | 0.00 |
| 4 | ลักษณะเนื้อดิน (X ₄) | 1.07 | 0.02 | 0.35 | 61.90 | 0.00 |
| 5 | การระบายน้ำของดิน (X ₅) | 1.14 | 0.03 | 0.24 | 44.91 | 0.00 |
| | | R = 0.92 | R ² = 0.84 | F = 5967.46 | Sig of F = 0.00 | |

จากตารางที่ 4.34 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรที่ห้า คือ การระบายน้ำของดิน (X₅) ร่วมกับความเสียงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 1.14 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.5)

$$Y = 22.28 + 1.06X_1 + 1.39X_2 + 1.11X_3 + 1.07X_4 + 1.14X_5 \dots\dots\dots \text{(สมการที่ 4.5)}$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.5 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.92 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R²) เท่ากับ 0.84 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าลักษณะเนื้อดิน สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 84 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 16 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรที่หก คือ พื้นที่เกษตรกรรม เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป (ตารางที่ 4.35)

ตารางที่ 4.35 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรพื้นที่เกษตรกรรม

| Model | Independent Variable | Unstandardized Coefficients | | Standardized | T | Sig. |
|-------|--|-----------------------------|-----------------------|--------------|-----------------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| No. | (Constant) | 14.63 | 0.59 | | 24.87 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 0.97 | 0.01 | 0.37 | 73.14 | 0.00 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.23 | 0.02 | 0.31 | 59.54 | 0.00 |
| 3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X ₃) | 1.09 | 0.02 | 0.35 | 65.99 | 0.00 |
| 4 | ลักษณะเนื้อดิน (X ₄) | 1.02 | 0.02 | 0.34 | 63.73 | 0.00 |
| 5 | การระบายน้ำของดิน (X ₅) | 1.13 | 0.02 | 0.24 | 48.09 | 0.00 |
| 6 | พื้นที่เกษตรกรรม (X ₆) | 2.32 | 0.08 | 0.16 | 31.12 | 0.00 |
| | | R = 0.93 | R ² = 0.86 | F = 5977.82 | Sig of F = 0.00 | |

จากตารางที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรที่ห้า คือ พื้นที่เกษตรกรรม (X₆) ร่วมกับความเสี่ยงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 2.32 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.6)

$$Y = 14.63 + 0.97X_1 + 1.23X_2 + 1.09X_3 + 1.02X_4 + 1.13X_5 + 2.32X_6 \dots \text{(สมการที่ 4.6)}$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.6 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.93 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R²) เท่ากับ 0.86 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าพื้นที่

เกษตรกรรม สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 86 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 14 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรที่เจ็ด คือ พื้นที่อุตสาหกรรม เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถดถอยต่อไป (ตารางที่ 4.36)



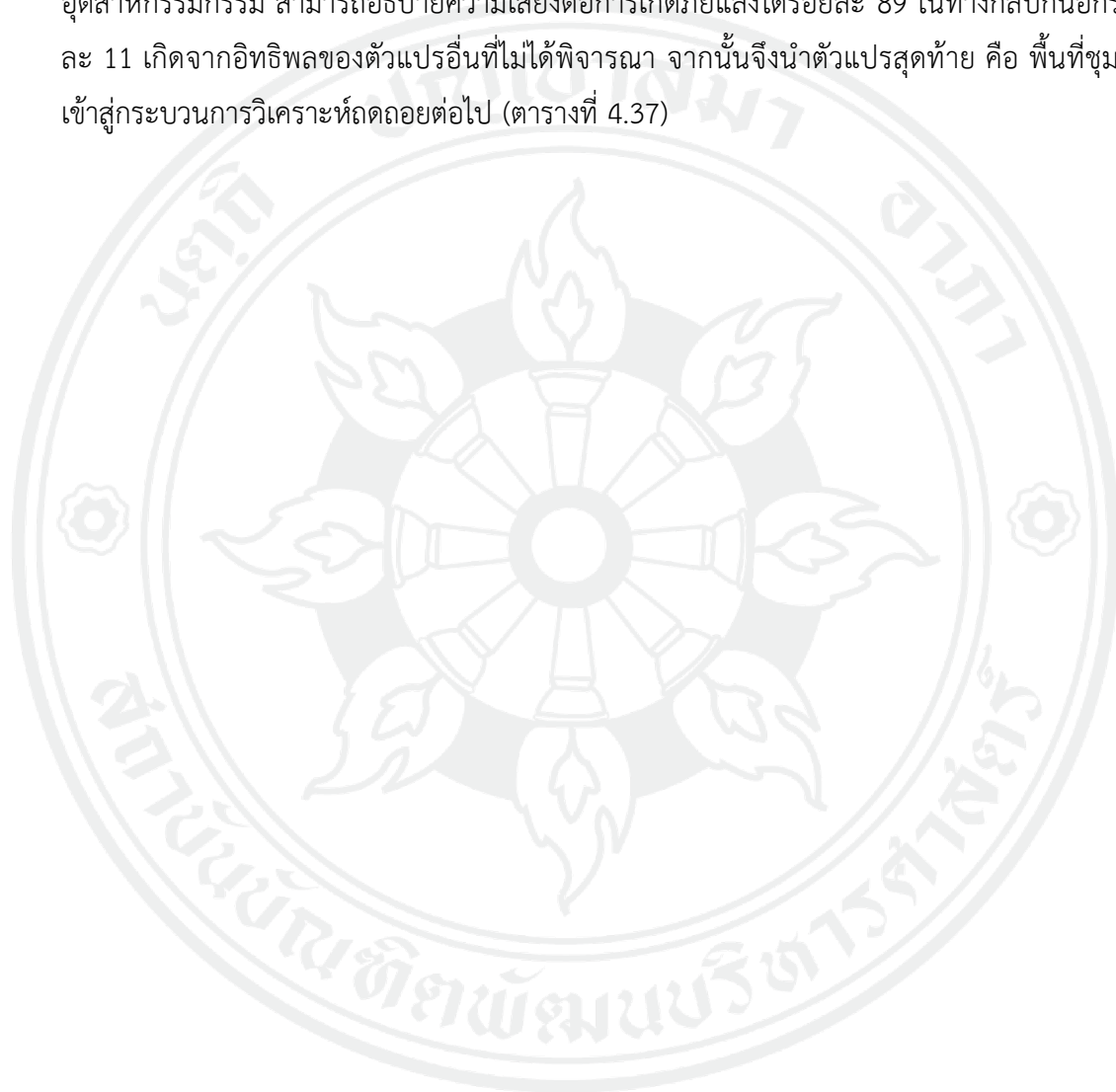
ตารางที่ 4.36 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรพื้นที่อุตสาหกรรม

| Model | Independent Variable | Unstandardized | | Standardize | T | Sig. |
|-------|--|----------------|-----------------------|-------------|-----------------|------|
| | | Coefficients | | d | | |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| No. | (Constant) | 10.26 | 0.55 | | 18.64 | 0.00 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 0.93 | 0.01 | 0.35 | 75.92 | 0.00 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.14 | 0.02 | 0.29 | 60.11 | 0.00 |
| 3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X ₃) | 1.10 | 0.02 | 0.35 | 72.44 | 0.00 |
| 4 | ลักษณะเนื้อดิน (X ₄) | 1.02 | 0.02 | 0.34 | 69.89 | 0.00 |
| 5 | การระบายน้ำของดิน (X ₅) | 1.11 | 0.02 | 0.24 | 51.93 | 0.00 |
| 6 | พื้นที่เกษตรกรรม (X ₆) | 1.73 | 0.07 | 0.12 | 24.50 | 0.00 |
| 7 | พื้นที่อุตสาหกรรม (X ₇) | 1.32 | 0.04 | 0.16 | 33.91 | 0.00 |
| | | R = 0.94 | R ² = 0.89 | F = 6320.79 | Sig of F = 0.00 | |

จากตารางที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรที่ห้า คือ พื้นที่อุตสาหกรรมกรรม (X₇) ร่วมกับความเสี่ยงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 1.32 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.7)

$$Y = 10.26 + 0.93X_1 + 1.14X_2 + 1.10X_3 + 1.02X_4 + 1.11X_5 + 1.73X_6 + 1.32X_7 \dots\dots\dots (สมการที่ 4.7)$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.7 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.21 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.89 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าพื้นที่อุตสาหกรรมกรรม สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 89 ในทางกลับกันอีกร้อยละ 11 เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้พิจารณา จากนั้นจึงนำตัวแปรสุดท้าย คือ พื้นที่ชุมชน เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ถัดต่อไป (ตารางที่ 4.37)



ตารางที่ 4.37 ผลการทดสอบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของตัวแปรพื้นที่ชุ่มชน

| Model | Independent Variable | Unstandardized | | Standardize | T | Sig. |
|-------|--|----------------|-----------------------|-------------|------------------|-------|
| | | Coefficients | | d | | |
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| No. | (Constant) | 0.648 | 0.015 | | 43.060 | 0.000 |
| 1 | ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X ₁) | 1.002 | 0.000 | 0.382 | 3081.709 | 0.000 |
| 2 | พื้นที่ป่าไม้ (X ₂) | 1.007 | 0.001 | 0.252 | 1993.161 | 0.000 |
| 3 | ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X ₃) | 1.001 | 0.000 | 0.319 | 2485.51 | 0.000 |
| 4 | ลักษณะเนื้อดิน (X ₄) | 1.001 | 0.000 | 0.330 | 2584.294 | 0.000 |
| 5 | การระบายน้ำของดิน (X ₅) | 1.003 | 0.001 | 0.211 | 1756.133 | 0.000 |
| 6 | พื้นที่เกษตรกรรม (X ₆) | 1.025 | 0.002 | 0.072 | 543.564 | 0.000 |
| 7 | พื้นที่อุตสาหกรรม (X ₇) | 1.007 | 0.001 | 0.125 | 971.800 | 0.000 |
| 8 | พื้นที่ชุ่มชน (X ₈) | 1.747 | 0.001 | 0.352 | 2841.764 | 0.000 |
| | | R = 1.00 | R ² = 1.00 | F = 8.850E6 | Sig of F = 0.000 | |

จากตารางที่ 4.37 แสดงผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยใช้ตัวแปรสุดท้าย คือ พื้นที่ชุมชน (X_8) ร่วมกับความเสียงของพื้นที่โดยมีระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 พบว่ามีค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 0.648 ซึ่งสามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้ (สมการที่ 4.8)

$$Y = 0.648 + 1.002X_1 + 1.007X_2 + 1.001X_3 + 1.001X_4 + 1.003X_5 + 1.025X_6 + 1.007X_7 + 1.747X_8 \dots \dots \dots \text{(สมการที่ 4.8)}$$

ตามรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ 4.7 โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 1.00 เช่นเดียวกันกับค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 1.00 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าพื้นที่ชุมชน สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 100 จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา) ร่วมกับความเสียงของพื้นที่ต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง สำหรับการประเมินว่าสมการดังกล่าวเป็นจริงหรือไม่ โดยให้ผลการศึกษา พบว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง (Y) มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ($X_1 - X_8$) ทั้งนี้ตัวแปรปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_1) มีความสัมพันธ์กับความเสียงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด ในทางตรงกันข้ามตัวแปรพื้นที่เกษตรกรรม (X_6) มีความสัมพันธ์ต่อการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุด

4.3.2 ผลสรุปสมการความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา) ร่วมกับตัวแปรตาม (ความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการเกิดภัยแล้ง)

ตามวิธีการวิเคราะห์หาค่าถดถอยเชิงเส้นตรงเพื่อค้นหาสมการความสัมพันธ์เพื่อพยากรณ์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางพบว่ามีระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 99 ทำให้ได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y = 0.648 + 1.002X_1 + 1.007X_2 + 1.001X_3 + 1.001X_4 + 1.003X_5 + 1.025X_6 + 1.007X_7 + 1.747X_8$$

สมการดังกล่าวสามารถใช้อธิบายความแปรปรวนความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งของจังหวัดลำปางได้ดีที่สุด โดยตัวแปรปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_1) สามารถอธิบายความแปรปรวนต่อความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งได้มากที่สุด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยหรือ ค่าเบต้า (Beta) เท่ากับ 0.38 รองลงมาคือพื้นที่ชุมชน (X_8) ลักษณะเนื้อดิน (X_4) ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X_3) พื้นที่ป่าไม้ (X_2) พื้นที่อุตสาหกรรม (X_7) การระบายน้ำของดิน (X_5) และพื้นที่เกษตรกรรม (X_6) ตามลำดับ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ดังกล่าวยังแสดงค่าความเป็นนัยยะเชิงบวกหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หากพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภัยแล้งสูง หรือ พื้นที่ชุมชนที่มีปริมาณการใช้น้ำสูงย่อมมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูงเช่นเดียวกัน

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

วิทยานิพนธ์เรื่อง การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง มีวัตถุประสงค์การศึกษา คือ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อภัยแล้งในจังหวัดลำปาง 2) เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อภัยแล้งในจังหวัดลำปางโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และ 3) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสียหายแล้ง ซึ่งเป็นสาเหตุและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปาง โดยมีปัจจัยเชิงสาเหตุได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_1) พื้นที่ป่าไม้ (X_2) ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X_3) ลักษณะเนื้อดิน (X_4) และการระบายน้ำของดิน (X_5) ประกอบกับปัจจัยทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้นได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม (X_6) พื้นที่อุตสาหกรรม (X_7) และพื้นที่ชุมชน (X_8) ปัจจัยดังกล่าวได้รับการประเมินคะแนนความสำคัญของปัจจัย (Weighting) และค่าน้ำหนักระดับปัจจัย (Rating) โดยผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานภาครัฐที่ทำงานภายใต้พันธกิจที่เกี่ยวข้องกับภัยแล้งทั้งหมด 12 หน่วยงาน จำนวน 24 คน เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งกับปัจจัยเชิงสาเหตุด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งด้วยเทคนิคการซ้อนทับ (Overlay Analysis) ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปและอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

5.1.1 ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อภัยแล้งในจังหวัดลำปาง

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสาเหตุของการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางมาจากตัวแปรสาเหตุหลัก คือ ปริมาณน้ำฝน และพื้นที่ชุมชน โดยตัวแปรสาเหตุข้างต้นมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยในระดับที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสหสัมพันธ์ที่สุดที่สุด ซึ่งปริมาณน้ำฝนมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.38 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 ($T=3081.71$) รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.35 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.75 ($T=2841.76$) โดยปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรทางธรรมชาติด้านอุตุนิยมวิทยาที่ไม่สามารถควบคุมได้ กล่าวคือ หากมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งมากที่สุด ประกอบกับตัวแปรพื้นที่ชุมชน ซึ่งเป็นตัวแปรที่มนุษย์สร้างขึ้นสามารถควบคุมได้ กล่าวคือ พื้นที่ชุมชนสามารถควบคุมปริมาณการใช้น้ำให้น้อยลงจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้ในทาง

กลับกันหากชุมชนมีการใช้น้ำในปริมาณมากและไม่ก่อให้เกิดประโยชน์จะก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยแล้งสูง

นอกจากนี้ตัวแปรอื่น ๆ ยังมีอิทธิพลต่อความเสี่ยงการเกิดภัยแล้งเช่นเดียวกันโดยลำดับความสำคัญจากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าสหสัมพันธ์ เช่น ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.32 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.57 (T=1993.16) รองลงมาคือ ลักษณะเนื้อดิน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.33 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.53 (T=2584.29) ถัดมาคือ พื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.25 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.48 (T=1993.16) ถัดมาคือ พื้นที่อุตสาหกรรม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.13 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.38 (T=917.80) ถัดมาคือ การระบายน้ำของดิน ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.21 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.35 (T=1756.13) และพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Beta) เท่ากับ 0.13 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.34 (T=543.56) ตามลำดับ

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าสหสัมพันธ์ของปัจจัยเชิงสาเหตุของตัวแปร ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะเนื้อดิน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อุตสาหกรรม การระบายน้ำของดิน และพื้นที่เกษตรกรรม พบว่าพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งน้อยที่สุด จะเป็นพื้นที่ทำเกษตรกรรมซึ่งเป็นแหล่งที่ยังคงมีการปลูกพืชทำให้พื้นที่นั้นยังคงมีความชุ่มชื้นอยู่บ้างหรือพื้นที่นาข้าวที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวที่ช่วยกักเก็บน้ำไว้ในบริเวณนั้นได้ดี อย่างไรก็ตามตัวแปรเหล่านี้มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยและค่าสหสัมพันธ์ที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปางมากที่สุดจึงเกี่ยวข้องกับน้ำซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของนักวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ อาทิ ชาญชัย แสงขโยสวัสดิ์ และวรวิรุภรณ์ วีระจิตต์ (2520) Kemp (1994) อภิรัฐ ปิ่นทอง (2544) Udomchoke and Chuchip (2005) ในขณะที่เดียวกันก็ปฏิเสธผลการศึกษาของ ฐิตตวดี สุวจานานนท์ (2546) ที่พบว่าปริมาณน้ำฝนไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้ง

5.1.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดลำปางโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ซ้อนทับ (Overlay Analysis) พื้นสร้างแผนที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งโดยนำเอาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งมาใช้ในการศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย พื้นที่ป่าไม้ ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ ลักษณะเนื้อดิน การระบายน้ำของดิน พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม และพื้นที่ชุมชน ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดลำปางมีพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งใน

ระดับมากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 971.45 ตร.กม. ร้อยละ 7.75 รองลงมาคือพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับมากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 2,975.6 ตร.กม. ร้อยละ 23.74 ถัดมาคือ พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับปานกลางคิดเป็นพื้นที่ 6,076.61 ตร.กม. ร้อยละ 48.48 จากนั้นคือพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับน้อยคิดเป็นพื้นที่ 2,410.19 ตร.กม. ร้อยละ 19.23 และสุดท้ายคือพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับน้อยที่สุดคิดเป็นพื้นที่ 100.11 ตร.กม. ร้อยละ 0.80

5.1.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสาเหตุกับความเสียหายต่อการเกิดภัยแล้ง

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางสามารถอธิบายได้จากสมการความสัมพันธ์ดังนี้ $Y = 0.648 + 1.002X_1 + 1.007X_2 + 1.001X_3 + 1.001X_4 + 1.003X_5 + 1.025X_6 + 1.007X_7 + 1.747X_8$ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 สมการดังกล่าวข้างต้นสามารถอธิบายความแปรปรวนต่อการเกิดภัยแล้งได้ร้อยละ 100 โดยมีตัวแปร ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (X_1) สามารถอธิบายความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งได้มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ชุมชน (X_8) ลักษณะเนื้อดิน (X_4) ระยะห่างจากพื้นที่แหล่งน้ำ (X_4) พื้นที่ป่าไม้ (X_2) พื้นที่อุตสาหกรรม (X_7) การระบายน้ำของดิน (X_5) และพื้นที่เกษตรกรรม (X_6) ตามลำดับ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ดังกล่าวยังแสดงค่าความเป็นนัยยะเชิงบวกหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่น หากพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภัยแล้งสูง เช่นเดียวกันกับพื้นที่ชุมชนที่มีปริมาณการใช้น้ำสูงย่อมมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูง หรือแม้กระทั่งพื้นที่ที่มีลักษณะของเนื้อดินแบบดินทรายจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งสูง เนื่องจากศักยภาพในการกักเก็บน้ำของดินต่ำจากอนุภาคที่ใหญ่ของเนื้อดิน (ประวิทย์ จันทรเม่ง, 2553: 111) ในทำนองเดียวกันพื้นที่ห่างจากแหล่งน้ำสูงจะมีผลต่อการเกิดภัยแล้งในฐานะที่บริเวณนั้นขาดความชุ่มชื้นของน้ำบนผิวดิน (สีใส ยี่สุนแสง, 2547: 108-110) ประกอบกับการขาดพืชปกคลุมดินที่ช่วยกักเก็บความชุ่มชื้นเช่นป่าไม้จะก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยแล้งร่วมด้วย อีกทั้งพื้นที่อุตสาหกรรมและพื้นที่อุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำในปริมาณสูงจะก่อให้เกิดความเสี่ยงภัยแล้งเช่นกัน นอกจากนี้การระบายน้ำของดินยังมีความเกี่ยวพันในแง่ของการมีน้ำขังในพื้นที่นั้นต่ำจากอนุภาคของดินที่มีความหยาบทำให้มีการระบายน้ำออกไปยังพื้นที่แหล่งน้ำเร็วขึ้น (ฐิตตวดี สุวจานานนท์, 2546; วิภพ แพงวังทอง, 2549) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางโดยนำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อค้นหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งอันจะนำไปสู่การสร้างมาตรการวางแผนป้องกันและรับมือกับวิกฤติภัยแล้งที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีซึ่งการแก้ไขปัญหายังเป็นการเน้นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าเท่านั้น หากแต่ในระยะยาวควรมีการวางแผนการจัดการในระยะยาวอีกทั้งยังต้องมีการวางแผนเชิงบูรณาการในด้านภัยพิบัติทางน้ำ อาทิ การเกิดน้ำท่วม เนื่องจากมีสาเหตุหลักร่วมกันคือ ปริมาณน้ำฝน ผลการศึกษาจะช่วยเติมกระบวนการ

วางแผนป้องกันและบรรเทาปัญหาอย่างครบวงจร ทั้งนี้ต้องอาศัยระยะเวลาในการศึกษาและการนำไปปฏิบัติ หากแต่การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาและงบประมาณในการศึกษาจึงเป็นเพียงการศึกษาด้านภัยพิบัติเฉพาะประเด็นเท่านั้น

5.2 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

จากผลการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปาง สามารถสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลและพบว่ามีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากการศึกษาครั้งนี้

5.2.1.1 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในพื้นที่จังหวัดลำปางได้นำเอาเทคนิคการวิเคราะห์เชิงพื้นที่มาใช้โดยอาศัยปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งในการพยากรณ์สภาพของภัยพิบัติ ทั้งนี้ผลการศึกษาเป็นเพียงการประมาณการณ์ในเบื้องต้นเพื่อสร้างมาตรการป้องกันและบรรเทาปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับประชาชนในพื้นที่จังหวัดลำปางเท่านั้น เพื่อให้การศึกษามีความสมบูรณ์มากขึ้นควรนำเอาตัวแปรหรือปัจจัยดังกล่าวไปทำการศึกษาในพื้นที่อื่นๆเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ในบริเวณใกล้เคียงที่พบว่ามีภัยแล้งเรื้อรัง เช่น อุดรดิตถ์ สุโขทัย แพร่และน่าน เป็นต้น

5.2.1.2 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่มีความสมบูรณ์มากนักเนื่องจากยังมีปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดภัยแล้งอื่นๆเพิ่มเติม เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณการไหลของน้ำท่า ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวนวันที่ฝนตก จำนวนวันที่ฝนทิ้งช่วง ปริมาณน้ำบาดาล และความแปรปรวนของสภาพอากาศ เป็นต้น แต่การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้นำมาพิจารณาเนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ ระยะเวลา อีกทั้งความอนุเคราะห์ข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐบางประการที่ไม่สามารถเปิดเผยหรือให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลบางประการได้ ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาภัยแล้งแบบครบวงจรจึงต้องอาศัยปัจจัยเชิงสาเหตุให้มีความครอบคลุมและกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

5.2.1.3 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังคงมีข้อจำกัดในแง่ของความถูกต้องเพียงระดับหนึ่งเท่านั้น โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษามาจากหลายหน่วยงานซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบ วิธีการ และการจัดการข้อมูลของหน่วยงานเหล่านั้นว่ามีความสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลได้มา อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ยังสามารถนำไปใช้ได้เป็นอย่างดีเนื่องด้วยมีความถูกต้องของแหล่งที่มาของข้อมูลตามที่ปรากฏในเอกสารการขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานราชการ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก)

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

จากการใช้แบบสัมภาษณ์ผู้ศึกษาได้ใช้ข้อความปลายเปิดเพื่อสอบถามผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดภัยแล้งพบว่าอาจมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณการไหลของน้ำท่า ขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวนวันที่ฝนตก จำนวนวันที่ฝนทิ้งช่วง ปริมาณน้ำบาดาล และความแปรปรวนของสภาพอากาศ เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะช่วยเติมเต็มผลการศึกษาในอนาคตให้มีความสมบูรณ์ต่อการพยากรณ์การเกิดภัยแล้งมากขึ้น นอกจากนี้ยังควรเลือกใช้ตัวแปรทางด้านสังคม เข้ามาประกอบการศึกษามากขึ้น เช่น การสอบถามพฤติกรรมหรือทัศนคติที่มีต่อการใช้น้ำของประชาชนเนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ต่อรูปแบบหรือวิธีการอุปโภคและอุปโภคน้ำของครัวเรือน กล่าวคือถ้าหากครัวเรือนมีพฤติกรรมการใช้น้ำอย่างไม่ประหยัดจะทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งควรใช้รูปแบบการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เข้าร่วมด้วย ในขณะที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเพียงเครื่องมืออย่างหนึ่งในการศึกษาที่ช่วยให้เกิดการวางแผนได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากแต่การนำไปสู่การปฏิบัติและขับเคลื่อนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยยังต้องมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องในแบบที่หลากหลาย ซึ่งจะช่วยให้ผลการศึกษาและวิจัยในอนาคตมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล สุรศักดิ์ วงศ์ษา
ประวัติการศึกษา ศศ.บ. พัฒนาสังคม (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) มหาวิทยาลัยพะเยา
ประสบการณ์การทำงาน ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายขายบริษัท พีเพิลมีเดีย จำกัด



บรรณานุกรม

กรมชลประทาน. 2508. อภิธานศัพท์ของกรมชลประทาน. ค้นวันที่ วันที่ 18 กันยายน 2559 จาก
http://ridceo.rid.go.th/karasin/lampao/wmlp59/RID_Vocaburary.pdf

กรมชลประทาน. ม.ป.ป. อ้างถึงใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2557. รายงาน
 สถานการณ์พลังงานจังหวัดลำปาง. เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กรมเชื้อเพลิงพลังงาน. ม.ป.ป. อ้างถึงใน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2557.
 รายงานสถานการณ์พลังงานจังหวัดลำปาง. เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กรมทรัพยากรธรณี. 2549. ธรณีวิทยาและทรัพยากรจังหวัดลำปาง. ค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก
<http://www.dmr.go.th/download/digest/parg.pdf>

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. พื้นที่แล้งซ้ำซาก. ค้นวันที่ วันที่ 18 กันยายน 2559 จาก
http://www.ldd.go.th/web_irw/drought.html

กรมพัฒนาที่ดิน. 2552. รายงานสำรวจที่ดินเพื่อการเกษตรจังหวัดลำปาง. กรุงเทพมหานคร: กรม
 พัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. ม.ป.ป. อ้างถึงใน คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2557. รายงานสถานการณ์พลังงานจังหวัดลำปาง. เชียงใหม่: คณะ
 วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2549. การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม. ค้นวันที่ วันที่ 15
 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก [http://eservices.dpt.go.th/eservice_5/standard/data/sdu/
 การใช้ที่ดินอุตสาหกรรม49.pdf](http://eservices.dpt.go.th/eservice_5/standard/data/sdu/การใช้ที่ดินอุตสาหกรรม49.pdf)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. คู่มือปฏิบัติการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ประสบภัยพิบัติ.
 กรุงเทพมหานคร: สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยีกรมส่งเสริมการเกษตร

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2554. การระบายน้ำของดิน. ค้นวันที่ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.

2559 จาก <http://www.thaiglossary.org/node/34697>

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2546. ภัยแล้งคืออะไร. ค้นวันที่ วันที่ 18 กันยายน 2559 จาก

<http://www.arcims.tmd.go.th/DailyDATA/drought%20index/documents/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.pdf>

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. สถานการณ์ปัจจุบัน: สถานการณ์วิกฤติระดับ 3 เวลาทำการ: 24 ชั่วโมง.

ค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก <http://water.rid.go.th/flood/flood/daily.pdf>

กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. ค้น

วันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2548. การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพมหานคร:

ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กัลยาณี สุวรรณประเสริฐ. 2548. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาเพื่อการ

พัฒนาประปาหมู่บ้าน: กรณีศึกษา อำเภอกะเคา จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กิตติพงษ์ วุฒิจำนงค์. 2551. ภัยแล้ง. ใน แม็ใจปริทัศน์. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 43-45.

เกษม จันทร์แก้ว. 2522. ความรู้พื้นฐานทางสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เกษม จันทร์แก้ว. 2549. การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมฉบับปรับปรุง.

กรุงเทพมหานคร: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขวัญชัย ชัยอุดม. 2559. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง จังหวัดลพบุรี. วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา. 1(มกราคม – มิถุนายน): 59-70.

แขวงทางลำปาง สำนักงานทางหลวง และสำนักงานบำรุงทางลำปางที่ 2. 2554. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. ค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2557. รายงานสถานการณ์พลังงานจังหวัดลำปาง. เชียงใหม่: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2529. ระบบข้อมูลภูมิศาสตร์. ไมโครคอมพิวเตอร์. 24: 60-64.

โครงการชลประทานลำปาง. ม.ป.ป. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. ค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

จินตนา อมรสวงสิน. 2551. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์: กรณีศึกษาเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า แม่น้ำภาชี อำเภอสวนผึ้ง และอำเภอบ้านคา จังหวัดราชบุรี. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 1(เมษายน): 66-89

จินตนา อมรสวงสิน. 2554. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับงานวิจัยด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: ทิพนตร์ชวนพิมพ์พิมพ์.

จิรพล สีนูนาวา. 2536. ภาพรวมระบบน้ำในประเทศ. ใน เอกสารการประชุมเชิงปฏิบัติ เรื่อง น้ำ การจัดการน้ำเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิเอเชีย การประสานครหลวง มูลนิธิหมอชาวบ้าน

จิรภัทร อัครจินตจิตน์. 2551. ดัชนีชี้วัดภัยแล้งที่เหมาะสม กรณีศึกษาในกลุ่มน้ำยม.วิทยานิพนธ์
ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จิราภรณ์ พูนประสิทธิ์. 2549. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้ง
โดยวิเคราะห์การถดถอย จังหวัดลพบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2538. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน
เอกสารประชุมวิชาการ สมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. นครราชสีมา: สมาคม
ภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย

ชลาลัย แจ่มผล. 2547. ความรุนแรงของความแห้งแล้งในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรม
อุตุนิยมวิทยา.

ชัชฎา แก้วพุกษาพิมล. 2549. การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งจังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้เทคนิค Fuzzy
Logic. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชาญชัย แสงขโยสวัสดิ์ และวรวิรุภรณ์ วีระจิตต์. 2520. การประเมินความเสี่ยงทางกายภาพเชิงพื้นที่
เพื่อหาพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และพะเยา. ใน
รายงานการประชุมวิชาการ ศวพท. ปี 2550. เชียงใหม่: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทาง
การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฐาสตินี พงษ์รูป. 2550. การศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการจำแนกเขตการท่องเที่ยวเชิงนิเวศในอุทยาน
แห่งชาติ กรณีศึกษา: อุทยานแห่งชาติที่มีศักยภาพสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ฐิตตวดี สุวจนายนนท์. 2546. คุณลักษณะของดินต่อการเกิดความแห้งแล้งในจังหวัดเพชรบุรี.
วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

ทะนงศักดิ์ อะโน และคณะ. 2556. การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ศักยภาพ
เชิงพื้นที่. วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.. 2(กรกฎาคม-ธันวาคม): 13-21.

ไทยรัฐ. 2557. ไทยติด 1 ใน 10 ประเทศใช้น้ำเปลืองที่สุด สศอ.เร่งจัดการหวั่นถูกอ้างกีดกันการค้า.

ค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก <http://www.thairath.co.th/content/414187>

รัชชัย ดิงส์กุลลี. 2554. การจัดการภัยพิบัติธรรมชาติด้านอุทกภัยและภัยแล้ง ผลกระทบและการจัดการ. ใน เอกสารการประชุมวิชาการ “การจัดการภัยพิบัติธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อการพึ่งพาตนเองของท้องถิ่นอย่างยั่งยืน”, 15-16 ธันวาคม 2541. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 11-19

ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ. 2544. การผสมผสานเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในจังหวัดมหาสารคาม. มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ธีระพล ตั้งสมบุญ. 2549. การใช้น้ำของพืช. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.

นิทัศน์ พรหมพันธุ์. 2548. ตัวชี้วัดภัยแล้งที่เหมาะสม: กรณีศึกษาในกลุ่มน้ำยม. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประจวบจิตร คำจตุรัส. 2541. โรงเรียนกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อม สำหรับโรงเรียนและชุมชนหน่วยที่ 13. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประพัฒน์ ปัญญาชาติรักษ์. 2548 (23 มีนาคม). การขาดแคลนน้ำ. มติชน

ประวิทย์ จันทรเม้ง. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อความแห้งแล้งในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐมโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ปราโมทย์ ไม้กลัด. 2537. น้ำ วิฤติใหม่ของสังคมไทย. กรุงเทพมหานคร: การประปานครหลวง.

ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการกรม กรมพัฒนาที่ดิน. 2530. ดินกับการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน.

พัชรา วงศ์ชุ่มพิศ. 2534. ความแห้งแล้งในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันพร โชติพฤษ์ชุกกุล. 2539. ปัจจัยที่มีผลต่อความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการใช้น้ำอย่างประหยัด ภายในครัวเรือนของแม่บ้านในเขตเทศบาลเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2559. Zone F โชนนิทรรศการสรรพสิ่งล้วนพัน เกี่ยวนำเสนอโครงสร้างของระบบนิเวศและสังคมป่าแบบต่างๆ ที่พบในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ. ค้นวันที่ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก <http://rspg.kku.ac.th/?p=250>

ภาติยะ พัฒนาศักดิ์. ม.ป.ป. อุตสาหกรรม. ค้นวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก [http://e-book.ram.edu/e-book/g/GE253\(50\)/GE253-11.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/g/GE253(50)/GE253-11.pdf)

มงคล ไชยภักดี และวัลยา ชนิดดาวงค์. 2551. สถานการณ์และการบริหารจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำในประเทศไทย. ใน รายงานความก้าวหน้างานวิจัย ประจำปี 2550. กรุงเทพมหานคร: กลุ่มงานวิจัยสัตว์ป่า สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. หน้า 153-177.

มนยศ วรรณนะ. 2538. การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากภัยแล้งบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

มัญญ ศรีขจร และ อรุณพงษ์ กาญจนะ. 2540. แนวทางในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความแห้งแล้ง. กรุงเทพมหานคร: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

มาฆวัฒน์ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา. 2547. ภัยแล้งในประเทศไทย. ใน วารสารอุตุนิยมิวิทยา. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมิวิทยา. หน้า 41-44.

ยศพรธ์ วรรณนะ. ม.ป.ป. ทรัพยากรพื้นที่ชุ่มน้ำ. ค้นวันที่ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก http://home.npru.ac.th/phatthaya/subjects/aj32/2544207_WetlandSTD.pdf

ยศพรธ วรรณชนะ. ม.ป.ป. ภูมิอากาศกับการท่องเที่ยว. ค้นวันที่ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก http://home.npru.ac.th/phatthaya/subjects/aj3_2/2543201_Lesson%203%20Climate%20and%20Tourism.pdf

ยุทธชัย อนุรักติพันธ์ และสรสรสฤษฎ์ เขียวโพธิ์ภักษ์. 2546. ความแห้งแล้งซ้ำซากสู่ภาวะการณเป็นทะเลทรายของประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

เย็นใจ เลหาวิช, 2520. คำนิยมกับปัญหาสิ่งแวดล้อม. วารสารสิ่งแวดล้อม. 3(มิถุนายน-กรกฎาคม): 3-10

รัศมี สุวรรณธำธร. 2550. แนวทางการวิเคราะห์ความแห้งแล้งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กรณีพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำเชิงญ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2524. พจนานุกรมศัพท์สังคมวิทยา อังกฤษ-ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพมหานคร: ราชบัณฑิตยสถาน.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2526. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525. กรุงเทพมหานคร: อักษรเจริญทัศน์.

เล็ก จินดาสงวน. 2538. วารสารอุทกวิทยา: วิกฤตการณ์น้ำท่วมและภัยแล้งในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมชลประทาน

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2559. ภัยแล้ง. ค้นวันที่ วันที่ 18 กันยายน 2559 จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/ภัยแล้ง>

วิกิพีเดีย. 2559. จังหวัดลำปาง. ค้นวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดลำปาง>

วิชาญ อมรากุล. ผู้ช่วยศาสตราจารย์. 2559 (20 สิงหาคม). การสัมภาษณ์

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2550. การจัดการการข้อมูลพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. นครราชสีมา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2550. การจัดการข้อมูลพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. นครราชสีมา: คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

วิภพ แพงวังทอง. 2549. การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์
หาพื้นที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งทางกายภาพของดินในอำเภอบ้านด่านลานหอย จังหวัด
สุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วิชญ์ บุญมาร์ตัน. 2548 (12 เมษายน). ผลกระทบจากภัยแล้ง. ไทยโพสต์.

ศิริ ตูอารียะกุล. 2545. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบฝึกปฏิบัติการคอมพิวเตอร์. เชียงใหม่:
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศุภเดช เหล็กชูชาติ. 2554. สภาพการเกิดและผลกระทบจากภัยแล้ง อุทกภัยและภัยแล้งและการ
จัดการและปัญหาอุปสรรค ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน เอกสารการประชุมวิชาการ
“การจัดการภัยพิบัติธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อการพึ่งพาตนเองของท้องถิ่น
อย่างยั่งยืน”. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 20-36.

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. 2559. เนื้อดิน. ค้นวันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ.
2559 จาก <http://www.lesa.biz/earth/lithosphere/soil/soil-texture>

ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2543. โครงการพัฒนาระบบสารสนเทศพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง.
ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศศาสตร์กรุงเทพมหานคร. ม.ป.ป.. Remote Sensing: ความรู้ด้านการ
สำรวจระยะไกล. ค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก http://www.bangkokgis.com/modules.php?m=gis_foreveryone&gr=remotesensing&page=12

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2541. ภัยแล้งปี 2541. ค้นวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2545. จาก <http://www.tfrc.co.th/tfrc/cgi/ticket2ticket.exe/282727354/tfrc/thai/research/res98/apr/lagr543a.htm>

ศูนย์อำนวยการพลังแผ่นดินเอาชนะยาเสพติดจังหวัดลำปาง (ศพส.จ.ลป.) อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูล
สารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. ค้นวันที่
1 ธันวาคม 2559 จาก <http://103.28.101.10/briefprovince /filedoc/ 52000000.pdf>

เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์. 2553. การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครนายก. กรุงเทพมหานคร:
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2542. การศึกษาเพื่อกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยง
ต่อการเกิดอุทกภัยและภัยธรรมชาติในลุ่มน้ำภาคกลาง. กรุงเทพมหานคร: สำนักแผนและ
นโยบายสิ่งแวดล้อม.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2559. รายงานข้อมูลน้ำราย
สัปดาห์ ครั้งที่ 40/2559 (ระหว่างวันที่ 28 ก.ย.- 4 ต.ค. 59). ค้นวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ.
2545. จาก <http://www.thaiwater.net/web/index.php>

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. 2542. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2533.
กรุงเทพมหานคร: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

สนิธ เวสารัชชานันท์. 2510. ฝนแล้ง ทูพภัยภัย และการควบคุมการป้องกันอันตราย.
กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา

สมพิศ นิธิยานันท์. 2546. การวิเคราะห์ภัยแล้งและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครศรีธรรมราช.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สมพิศ นิธิยานันท์. 2546. การวิเคราะห์ภัยแล้งและพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดนครราชสีมา.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สมมต สมบูรณ์ และ สุภาพ บุญไชย. 2548. ภัยธรรมชาติ. มหาสารคาม: ศูนย์พัฒนาทรัพยากร
การศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สมิท ธรรมสโรธ. 2534. ภัยธรรมชาติในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา

สรณี แสงมิตร และดุขุฎี ศุขวัฒน์. 2524. ฝนแล้ง. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา

สรรคใจ กลิ่นดาว. 2542. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หลักการเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2
กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สัญญา สราภิรมย์. 2549. เอกสารประกอบการสอนวิชาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. นครราชสีมา:
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำนักโฆษก. สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี. 2559. รัฐ-ราษฎร์ร่วมใจรับมือสถานการณ์ภัยแล้ง.
กรุงเทพมหานคร: สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี.

สำนักงานการประปาลำปาง. 2555. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงาน
จังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก
<http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

สำนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. ม.ป.ป อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร
สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวันที่ 1 ธันวาคม 2559
จาก <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดลำปาง. 2558. สถานการณ์ภัยแล้งจังหวัดลำปาง. คำนวันที่ 9 ตุลาคม
พ.ศ. 2545. จาก <http://www.korsorlampang.net/news-activities-detail.php?id=276>

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. ม.ป.ป. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศ
และการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวันที่ 1
ธันวาคม 2559 จาก <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2530. การพัฒนาการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมศิลปกรรม.
กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ.

สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดลำปาง และสำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้. ม.ป.ป.
อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559.
บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก [http://103.28.101.10/
briefprovince/filedoc/52000000.pdf](http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf)

สำนักงานประมงจังหวัดลำปาง. 2555. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงาน
จังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวณวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก
<http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

สำนักงานปศุสัตว์ลำปาง. 2554. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงาน
จังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวณวันที่ 1 ธันวาคม 2559 จาก
<http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2552. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ
สารสนเทศศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ
สารสนเทศ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2554. องค์ประกอบของระบบสารสนเทศ
ภูมิศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ม.ป.ป. พระบิดาแห่งการจัดการทรัพยากรน้ำ. คำนวณวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ.
2545. จาก <http://www.nso.go.th/webstat/king/kfiles/k1-04.pdf>

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดลำปาง. ม.ป.ป. อ้างถึงใน กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร
สำนักงานจังหวัดลำปาง. 2559. บรรยายสรุปจังหวัดลำปาง. คำนวณวันที่ 1 ธันวาคม 2559
จาก <http://103.28.101.10/briefprovince/filedoc/52000000.pdf>

สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2545. ทะเบียนรายนามพื้นที่ชุ่มน้ำที่มี
ความสำคัญระดับนานาชาติและระดับชาติของประเทศไทยและมาตรการการอนุรักษ์พื้นที่
ชุ่มน้ำ. กรุงเทพมหานคร: สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สำนักบริหารทะเบียน กรมการปกครอง, 2553. จำนวนประชากรและบ้าน จำแนกเป็นรายอำเภอ
และรายตำบล จังหวัดลำปาง ณ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553. คำนวณวันที่ 12 กันยายน 2559
จาก <http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/districtList/S010107/th/31.htm>

สำนักพยากรณ์อากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. 2546. ภัยธรรมชาติ ภัยแล้ง. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กองสื่อสารสารสนเทศ กรมอุตุนิยมวิทยา.

สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2539. อ่างถึงใน มนต์ธิดา ใจสบาย. 2553. การประเมินระดับความอ่อนไหวของสิ่งแวดล้อมชายฝั่งต่อมลพิษจากน้ำมันในพื้นที่เกาะเสม็ด จังหวัดระยอง ด้วยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. การศึกษาค้นคว้าอิสระมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

สิตาวีร์ ธีรวิรุฬห์. 2558. การแก้ไขปัญหาภัยแล้งอย่างยั่งยืน. ค้นวันที่ วันที่ 18 กันยายน 2559 จาก http://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=28304

สิริพร กมลธรรม. 2553. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น. ใน เอกสารประกอบการบรรยายของ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

สีใส ยี่สุนแสง. 2547. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ในจังหวัดพิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2549. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการใช้โปรแกรม ArcGIS Desktop เวอร์ชัน 9.1. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2552. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ARCGIS DESKTOP 9.3.1. นนทบุรี: บริษัท เอส.อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.

สุภา รันดาเว. 2544. ระบบการให้น้ำที่เหมาะสมกับไม้ผลเศรษฐกิจบางชนิด. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาทรัพยากรที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุภา รันดาเว. ม.ป.ป. การจัดการน้ำเพื่อการเกษตร. กรุงเทพมหานคร: กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาทรัพยากรที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรพันธ์ สันติยานนท์. 2548. การวิเคราะห์และเตือนภัยแล้งโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุรกี อิงคากุล. 2548. การวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing Analysis).

กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุระ พัฒนเกียรติ. 2546. ระบบภูมิสารสนเทศในเชิงนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม (Geo-Informatics in Ecology and Environment). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.

สุริย์ บุญญานุพันธ์, เกริกศักดิ์ บุญญานุพงศ์ และรัตนธศักดิ์ เพ็งชะตา. 2541. แนวทางการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผน. เชียงใหม่: บริษัท โซตนาพรีน จำกัด.

เสาวลักษณ์ ตั้งคณาทรัพย์. 2552. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในตำบลพื้นที่สามพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

อภิชาติ อนุกุลอำไพ. นายกสมาคมทรัพยากรน้ำแห่งประเทศไทย. 2559 (8 กันยายน). การสัมภาษณ์.

อภิรัฐ ปิ่นทอง. 2544. การประเมินความแห้งแล้งด้วยดัชนีความแห้งแล้งในลุ่มน้ำแม่กลองร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรทัย แผงจินดา. 2550. ภัยแล้งจังหวัดมหาสารคาม: สถานการณ์ความรุนแรงและแนวทางการแก้ไขปัญหาในระดับหมู่บ้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรทัย มิ่งธิพล. 2536. ผลของการลดลงของป่าไม้ต่อปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่า บริเวณลุ่มน้ำบางประกง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อานันต์ คำภีระ. 2546. เรียนรู้พื้นฐานแผนที่เบื้องต้น. สงขลา: ศูนย์ริโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Agence France-Presse (AFP). 2015. Colombia drought threatens one of world's top coffees. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/colombia/colombia-drought-threatens-one-worlds-top-coffees>

- Agence France-Presse (AFP). 2016. Water crisis increases Zika threat in Venezuela. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/venezuela-bolivarian-republic/water-crisis-increases-zika-threat-venezuela>
- Aljazeera, 2016. Thailand to drill 4,300 wells as drought hits hard. Retrieved October 7, 2016 from <http://www.aljazeera.com/news/2016/01/thailand-drill-4300-wells-drought-hits-hard-160119134632294.html>
- Arnell, N. 2004. Climate change and global water resources: SRES emissions and socioeconomic scenarios. In *Global Environmental Change*. 14 (April): 31-52
- Asawachintachit, J. 2008. Appropriate Drought Index: Case Study in Yom River Basin. Master's thesis, Thammasat University.
- ASEANTODAY. 2016. Thailand Faces Severe Drought. Retrieved October 7, 2016 from <http://www.aseantoday.com/2016/03/thailand-faces-severe-drought/>
- Asian Correspondent Stuff. 2016. Bangkok cuts Songkran water fights short amid drought woes. Retrieved October 7, 2016 from <https://asiancorrespondent.com/2016/03/thai-songkran-water-fights-cut-short-amid-drought-woes/>
- BangkokPost. 2016. PM orders water map to combat drought. Retrieved October 7, 2016 from <http://www.bangkokpost.com/archive/pm-orders-water-map-to-combat-drought/893540>
- Banks, L. 2016. Thailand facing worst water shortage in decades. Retrieved October 7, 2016 from <https://ethailand.com/breaking-news/thailand-facing-worst-water-shortage-in-decades/1727/>
- Boesen, J., Maganga, F. & Odgaard, R. 1999. Rules, Norm and Actual Practice: Land and Water Management in the Ruaha River Basin, Tanzania. In *Managing the*

Globalized Environment, Local Strategies to Secure Livelihoods. London: IT publication. Pp. 114-132.

Burroughs, P.A. & McDonnell, R.A. 1998. Principles of Geographical Information Systems. New York: Oxford University Press.

Casseteri, S. 1993. Introduction to Integrated Geo-Information Management. First edition. London: T.J. Press (Padstow) Ltd.

Cochrane, L. 2016. Mekong River diverted into Thailand's waterways, worrying drought-stricken neighbours like Vietnam. Retrieved October 7, 2016 from <http://www.abc.net.au/news/2016-03-18/mekong-river-thailand-diverts-worries-neighbours/7256678>

Department of Environment Quality Promotion. 2016. Drought. Retrieved September 10, 2016 from http://local.environnet.in.th/formal_data2.php?id=72

Department of Industrial Works. 2551. The project of Industrial Water Management. Bangkok: Department of Industrial Works

El Comercio. 2016. Declaran en emergencia la agricultura en 9 provincias de Junín. Retrieved October 2, 2016 from <http://elcomercio.pe/sociedad/junin/declaran-emergencia-agricultura-9-provincias-junin-noticia-1876143>

Environmental System Research Institute (ESRI). 1992. What is GIS?. Retrieved October 29, 2016 from <http://www.esri.com/what-is-gis>

ESRI. 2017. Data classification methods. Retrieved February 28, 2017 from http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/symbols-and-styles/data-classificationmethods.htm#ESRI_SECTION1_A0FBB74753CA4B4089D6B38F078F5017

- ESRI. 2015. อ้างถึงใน พบทอง ชั้นเจริญ. 2558. พื้นฐานของภูมิสารสนเทศ. ค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 จาก http://www.tobthong.rbru.ac.th/wpcontent/uploads/2015/09/GI_19_บทที่-6-การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น.pdf
- ESRI. 2016a. Clip. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/clip.htm>
- ESRI. 2016b. Dissolve. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/datamanagementtoolbox/dissolve.htm>
- ESRI. 2016c. Eliminate. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/coveragetoolbox/eliminate.htm>
- ESRI. 2016d. Erase. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/analysis-toolbox/erase.htm>
- ESRI. 2016e. Identity. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/identity.htm>
- ESRI. 2016f. Intersection. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/intersect.htm>
- ESRI. 2016g. Merge. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/analysis-toolbox/merge.htm>
- ESRI. 2016h. Split. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/analysis-toolbox/split.htm>
- ESRI. 2016i. Union. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/union.htm>
- ESRI. 2016j. Near. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/near.htm>

ESRI. 2016k. Point Distance. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/point-distance.htm>

ESRI. 2016l.Update. Retrieved December 9, 2016 from <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/analysis-toolbox/update.htm>

European Commission Humanitarian (ECHO). 2015. Bolivia - Severe weather (REDLAC, NOAA, Media) (ECHO Daily Flash, 23 Dec 2015). Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/bolivia-plurinational-state/bolivia-severe-weather-redlac-noaa-media-echo-daily-flash-23-dec>

European Environment Agency. 2009. Water exploitation index. Retrieved October 5, 2016 from <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-exploitation-index>

European Environment Agency. 2015. Forests can help prevent floods and droughts. Retrieved December 16, 2016 from <http://www.eea.europa.eu/highlights/forests-can-help-prevent-floods>

European Union. 2010. Water Scarcity and Drought in the European Union. Retrieved October 5, 2016 from <http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/brochure.pdf>

Federal Interagency Coordinating Committee. 1988. A process for Evaluation Geographic Information Systems. Reston: U.S. Geological Survey Publications.

Folger, P. and Cody, B. A. 2015. Drought in the United State: Cause and Current Understanding. US: Congressional Research Service

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. GIEWS Country Brief: Brazil 30-December-2015. Retrieved October 2, 2016 from

<http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/BRA30-December-2015.pdf>

Gibles, W.J. and Maher, J.V. 1967. Rainfall Decile as Drought Indicators. In Bureau of Meteorology Bulletin, No. 48. Melbourne: Commonwealth of Australia.

Global Water Partnership. 2000. Integrated Water Resources Management. Retrieved October 15, 2016 from [http://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/Background%20papers/04%20Integrated%20Water%20Resources%20Management%20\(2000\)%20English.pdf](http://www.gwp.org/Global/ToolBox/Publications/Background%20papers/04%20Integrated%20Water%20Resources%20Management%20(2000)%20English.pdf)

Government of Bolivia. 2016. El Niño causa déficit de lluvias y se agrava la sequía en Bolivia. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/bolivia-plurinational-state/el-ni-o-causa-d-ficit-de-lluvias-y-se-agrava-la-sequ-en-bolivia>

Government of Colombia. 2015a. 'El Niño', un fenómeno fuerte. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/colombia/el-ni-o-un-fen-meno-fuerte>

Government of Colombia. 2015b. Gobierno nacional mantiene llamado al ahorro del agua. Retrieved October 2, 2016 from <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2016/Gobierno-nacional-mantiene-llamado-al-ahorro-del-agua.aspx>

Government of Paraguay. 2016. SEN provee agua segura a comunidades indígenas de Presidente Hayes y Boquerón. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/paraguay/sen-provee-agua-segura-comunidades-ind-genas-de-presidente-hayes-y-boquer-n>

Government of Peru. 2016. Plan Multisectorial de Prevención y Reducción de Riesgos ante Sequías 2016. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/sites/>

reliefweb.int/files/resources/Plan%20Multisectorial%20de%20Prevencion%20y%20reduccion%20de%20riesgos%20ante%20sequias%202016.pdf

Hartzog, G.B.FR. 1971. Advantage in Environment National Environment Education Development. Denver: Silver Bullet Company.

His Majesty's Stationery Office. 1932. The Abnormally High Pressure of February. Retrieved September 20, 2016 from <https://digital.nmla.metoffice.gov.uk/download/file/sdb%3AdigitalFile%7C2f375892-7240-42d7-9c77e4bfcf62cb5c/>

Hisdal, H. and Tallaksen, L.M. 2000. Drought event definition. Oslo: Department of Geophysiscs, University of Oslo.

Huxhold, W.E. 1995. Managing Geographic Information System Projects (Spatial Information System). Oxford: Oxford University Press.

Hydro and Agro Information Institute, 2014. Drought Record in 2015/2016. Retrieved September 10, 2016 <http://www.thaiwater.net/current/drought57/drought57.html>

InterRisk Asia. 2016. Drought Report, Thailand 2016. Retrieved October 7, 2016 from http://www.interriskthai.co.th/file_download/2016-0318_16_005_Drought_20160318.pdf

Irrigation Development Institute. 2008. The action plan of water allocation. Bangkok: Irrigation Development Institute, Royal Irrigation Department.

Jacaranda, 2004. Drought in Australia. Retrieved October 2, 2016 from <http://www.jaconline.com.au/downloads/sose/2004-11-drought.pdf>

Jenks, G. F. 1967. The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography. 7: 186 - 190.

Kemp, D. D. 1994. Global Environmental Issues: A Climatological Approach, 2nd ed. New York: Routledge.

Kemp, D.D. 1990. Global Environmental Issues: A Climatological Approach. London: Routledge.

Kovach, R. L. 1995. Earth's fury: An introduction to natural hazard and disaster. New Jersey: Prentice-Hall.

McDonell, R. and Kemp, K. 1995. International GIS Dictionary. Cambridge: Geoinformation International.

MGR Online. 2549. ลำปางได้รับผลกระทบภัยแล้งคาด 20,000 ครัวเรือนร้อน. ค้นวันที่ 12 กันยายน 2559 จาก <http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9490000010128>

Ministry of Natural Resources and Environment. 2003. Cabinet on August 1, 2003 on the register of wetlands that are important international and national measures and conservation of wetlands. Bangkok: Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Ministry of Natural Resources and Environment

National Drought Mitigation Center. 1995. Understanding and Defining Drought. Retrieved September 10, 2016 from <http://www.drought.unl.edu/whatis/concept.htm#conceptual>

Nossin, J.J. 1989. Aerospace Survey of Natural Hazards. Journal of ICT. 3(4): 183-188.

Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2010. The use of agricultural land in Thailand. Retrieved September 10, 2016 from http://www.oae.go.th/download/use_soilNew/landused2553.html

Oprasitwong A. & Wongwittawat, P. 1995. Drought in Thailand. Bangkok: Thai Meteorological Department

Office of Agriculture and Cooperative of Lampang Province. 2015. Drought Situation in Lampang Province. Retrieved September 10, 2016 from <http://www.korsorlampang.net/news-activities-detail.php?id=276>

Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought. Washington D.C.: US Weather Bureau

Pan American Health Organization (PAHO). 2016a. Monitoring Emergencies: Bolivia - 08/04/2016: 160,000 people affected by drought. Retrieved October 2, 2016 from http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Redhum-BOInfografia_Sequia-OCHA-20160802-AM-18888.pdf

Pan American Health Organization (PAHO). 2016b. Monitoring Emergencies: Colombia. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/colombia/monitoring-emergencies-colombia-04082016>

Pan American Health Organization (PAHO). 2016c. Monitoring Emergencies: Peru - 05/31/2016: State of Emergency declared for seven provinces in Apurimac department due to drought. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/report/peru/monitoring-emergencies-peru-05312016-state-emergency-declared-seven-provinces-apurimac>

Panu, U. S. and Sharma, T. C. 2002. Challenges in drought research: some perspectives and future directions. In Hydrological Science Journal. Vol 47, London: Taylor & Francis Online. Pp. 19–530.

Piampajjai, S. and Tancho, D. 2016. The natural Resources and Environmental Management: Droughts Disaster Management. In The National Defense College of Thailand Journal. Vol 57. Bangkok: Thailand National Defense: Pp. 53-67

Polpanich, O. 2010. Drought in Southeast Asia. Retrieved October 4, 2016 from <http://www.meteo.mcgill.ca/dri/10annual/polpanich.pdf>

- Prompan, P. 2005. Definition and Criteria of Drought in Thailand. Master's thesis, Thammasat University.
- Ramsar Convention Secretariat. 2013. The Ramsar Convention Manual: a guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 6th ed. Ramsar Convention Secretariat, Gland: Switzerland.
- Reuter. 2015. Colombia declares red alert for low water levels. Retrieved October 2, 2016 from <http://news.trust.org//item/20151230193552-seq21/>
- Steinberg, S. J. and Steinberg, S. L. 2006. Geographic Information Systems For The Social Sciences: Investigating Space and Place. California: Sage.
- Tallaksen, L.M., Henry, A.J. 2007. Key aspects of low and drought. Retrieved October 5, 2016 from http://www.eu-watch.org/media/default.aspx/emma/org/10001931/Key+aspects+of+low+flow+and+drought_abstract_Tallaksen_31Aug07%5B1%5D.pdf
- Tangtham, N. 1994. The hydrological Roles of Forests in Thailand. The Thailand Development Research Institute. 9(September): 21-32.
- Tangtham, N. 2008. Global climate change and its impacts in Thailand. In Proceedings of 3rd Thailand National Symposium. Bangkok: Thai National Committee on Irrigation and Drainage. Pp.20-38.
- Tangtham, N. and Vittawatsutthipibul, P. 1988. The Effects of Diminishing Forest Areas on Rainfall Amount and Distribution in Northeastern Thailand. In Proceedings of Kasetsart University Conference. Bangkok: Kasetsart University.
- Thai Meteorological Department. 2008. Drought. Retrieved September 10, 2016 from <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>

Thaiturapaisan, T. 2015. Drought, a worrying situation for Thai agriculture. Retrieved October 7, 2016 from <https://www.scbeic.com/en/detail/product/1429>

Thomas Reuters Foundation. 2015. New NASA data shows Brazil's drought deeper than thought. Retrieved October 2, 2016 from http://news.trust.org//item/201510301_84853-66fu4/?source=fiDontmiss

TYDAC. 1987. Spatial Analysis System Reference Guide. Ottawa: TYDAC Technologies Inc.

Udomchoke, V. and Chuchip, P. 2005. Drought Classification in Eastern of Thailand. In Proceedings of 43rd Kasetsart University Annual Conference : Fisheries. Natural Resources and Environmental Economics. Bangkok: Kasetsart University. Pp. 527-534

UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). 2016a. Bolivia: Afectación y riesgo por sequía (01 de junio de 2016). Retrieved October 2, 2016 from http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Redhum-BO-Infografia_Sequia-20160602-AM-18551.pdf

UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). 2016b. Latin America and the Caribbean: Weekly Note on Emergencies (23 August 2016) Year 9 Vol. 465. Retrieved October 2, 2016 from http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Report-Weekly_Note_On_Emergencies-20160823%20Eng.pdf

UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). 2016c. REDLAC Weekly Note on Emergencies - Latin America & the Caribbean - Year 8 – Volume 428. Retrieved October 2, 2016 from http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/LAC-ReportWeekly_Note_On_Emergencies-ROLAC-ENG-20151102-MR-17320.pdf

- Wilhite, D. A. and Glantz, M. H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*. 10(March): 111-120.
- World Bank. 2016. Thailand Population. Retrieved September 10, 2016 from <http://www.trading economics .com/thailand/population>
- World Food Programme (WFP). 2016a. WFP Ecuador Earthquake Situation Report #02, 20 April 2016. Retrieved October 2, 2016 from <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/External%20Situation%20Report%20%232%20%2820%20April%202016%29.pdf>
- World Food Programme (WFP). 2016b. WFP El Niño in Latin America and the Caribbean External Situation Report #1, 30 May 2016. Retrieved October 2, 2016 from http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/WFP%20El%20Nino%20in%20Latin%20America%20and%20the%20Caribbean%20External%20Situation%20Report%20%231%2030%20May%202016_0.pdf
- World Meteorological Organization. 2006. Drought Monitoring and Early Warning: Concepts, Progress and Future Challenges. Switzerland: World Meteorological Organization
- Yevjevich, V. 1967. An objective approach to definitions and investigations of continental hydrological drought. Retrieved September 10, 2016 from https://dspace.library.colostate.edu/bitstream/handle/10217/61303/HydrologyPapers_n23.pdf?sequence=1
- Yusuf A. A. and Francisco, H. 2009. Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia. Canada: International Development Research Centre.
- Zhang, L. and Zhou, T. 2015. Drought over East Asia: A Review. In *Journal of Climate*. (February): 3375-3399