



กรมอุตุนิยมวิทยา

๔๓๕๓ ถนนสุขุมวิท กรุงเทพฯ 10260

METEOROLOGICAL DEPARTMENT

4353 Sukhumvit Road, Bangkok 10260, THAILAND

เอกสารวิชาการ

การศึกษาการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากภูมิประเทศ

โดยการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์

ส่วนพยากรณ์อากาศ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

Study of Weather Radar Beam Blocking from Terrain
in the Northern Thailand Using Geoinformatics

Weather Forecast Sub-division
Northern Meteorological Center

เอกสารวิชาการ เลขที่ ๖๒๑.๓๘๔-๐๑-๒๕๖๕

Technical Document No.621.384-01-2025

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาการบดบังสัญญาณเรดาร์จากภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศ โดยการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์ ครั้งนี้สำเร็จล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ด้วยความอนุเคราะห์ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศจากส่วนติดตามสภาวะอากาศ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวทางในการแก้ไขปัญหา และสนับสนุนเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังว่าการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงานด้านการติดตามสภาพอากาศ และการพยากรณ์อากาศระยะสั้นในพื้นที่ภาคเหนือได้ต่อไป

ส่วนพยากรณ์อากาศ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

บทคัดย่อ

การศึกษาการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากภูมิประเทศ โดยการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์ เรดาร์ตรวจอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเฝ้าติดตามสภาพอากาศจากระยะไกล เนื่องจากบริเวณภาคเหนือมีข้อจำกัดในด้านลักษณะภูมิประเทศทำให้เรดาร์ตรวจอากาศไม่สามารถส่งคลื่นเรดาร์ไปตรวจในบางพื้นที่ได้ การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากภูมิประเทศในภาคเหนือของประเทศไทย และประเมินระดับผลกระทบในระดับตำบล การศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลจากสถานีเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน, เชียงราย, พิชญ์โลก, ตาก, ขอนแก่น และชัยนาท โดยใช้โปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบบริเวณที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ ตลอดจนการระบุเรดาร์ที่เหมาะสมต่อการตรวจวัดฝนในพื้นที่ระดับตำบลของภาคเหนือ ผลการศึกษาพบว่าหลายพื้นที่ในภาคเหนือยังคงมีข้อจำกัดในการตรวจวัดกลุ่มฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ โดยเฉพาะบริเวณตอนเหนือของจังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่ พื้นที่ทางตะวันตกของจังหวัดแม่ฮ่องสอน และพื้นที่ทางตะวันออกของจังหวัดอุดรดิตถ์ นอกจากนี้บางส่วนของจังหวัดลำปางได้รับผลกระทบในระดับเล็กน้อย ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อข้อจำกัดดังกล่าวคือสภาพภูมิประเทศ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการกระจายสัญญาณเรดาร์ ทำให้บางพื้นที่ไม่สามารถตรวจจับสภาพอากาศได้อย่างสมบูรณ์

Abstract

This study examines the impact of terrain obstruction on weather radar signals by applying geoinformatics. Weather radar is a remote sensing device used for monitoring atmospheric conditions. However, due to the complex topography of northern Thailand, radar signals may be obstructed in certain areas, limiting their ability to provide comprehensive coverage. This research aims to identify the specific areas in northern Thailand affected by terrain-induced radar signal obstruction and to assess the extent of its impact at the sub-district level. The study utilizes spatial data and radar information from weather radar stations in Lamphun, Chiang Rai, Phitsanulok, Tak, Khon Kaen, and Chai Nat. Geographic Information System (GIS) analysis tools are applied to determine the areas obstructed by terrain and to recommend the most suitable radar coverage for different sub-districts in northern Thailand based on spatial efficiency criteria. The findings indicate that several areas in northern Thailand remain limited in radar weather detection, particularly in the northern parts of Mae Hong Son and Chiang Mai, the western region of Mae Hong Son, and the eastern region of Uttaradit. Additionally, some parts of Lampang are mildly affected. The primary factor contributing to these limitations is the region's topography, which obstructs the propagation of radar signals, leading to incomplete weather monitoring in certain areas.

สารบัญ

เนื้อหา	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 คำถามหลักในงานวิจัย	3
1.3 วัตถุประสงค์	3
1.4 นิยามศัพท์	3
1.5 ขอบเขตการศึกษา	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.7 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
1.8 ทบทวนวรรณกรรม.....	19
1.9 กรอบแนวคิด	24
1.10 ระเบียบวิธีวิจัย	25
1.11 ระยะเวลาในการศึกษา	26

บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา.....	27
2.1 ประวัติความเป็นมาของพื้นที่ศึกษา.....	27
2.2 ที่ตั้งและอาณาเขตติดต่อ.....	27
2.3 ลักษณะภูมิประเทศ	28
2.4 ลักษณะภูมิอากาศ	29
2.5 สถานีเรดาร์ตรวจอากาศ	32
2.6 สรุป	34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	35
3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	35
3.2 เครื่องมือที่ใช้	39
3.3 วิธีการวิเคราะห์.....	40
3.4 สรุป	46
บทที่ 4 ผลการวิจัย	47
4.1 วิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศ.....	47
4.2 การประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ.....	59
4.3 สรุป	72
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา	74
5.1 สรุปผลและอภิปรายการศึกษา.....	74
5.2 ข้อจำกัดในการศึกษา	78
5.3 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	79

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการศึกษา	26
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา	35
ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่	45
ตารางที่ 4.1 พื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ตำบล เรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด...	58
ตารางที่ 4.2 พื้นที่ที่ตำบลถูกบดบังน้อยกว่าร้อยละ 10 เรียงจากมากไปน้อยที่สุด	58
ตารางที่ 4.3 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่	69

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 1.1 พื้นที่ศึกษา	5
ภาพที่ 1.2 แสดงการมองเห็นทัศนวิสัย.....	7
ภาพที่ 1.3 แสดงการบดบังทัศนวิสัย	7
ภาพที่ 1.4 แสดงองค์ประกอบเรดาร์	9
ภาพที่ 1.5 แผนภาพแสดงการทำงานของเรดาร์แบบโพลาไรเซชันสองขั้ว (DUAL-POL RADAR)	10
ภาพที่ 1.6 องค์ประกอบภาพเรดาร์.....	11
ภาพที่ 1.7 แสดงค่าความเข้มของฝน.....	12
ภาพที่ 1.8 ภาพแสดงกลุ่มฝน.....	13
ภาพที่ 1.9 ภาพแสดงสัญญาณรบกวน	13
ภาพที่ 1.10 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับภาพเรดาร์	14
ภาพที่ 1.11 ภาพแสดงการตรวจแบบ PPI และ CAPPI	14
ภาพที่ 1.12 แสดงการมองเห็นเรดาร์ตรวจอากาศ.....	16
ภาพที่ 1.13 แสดงหลักการเครื่องมือ VISIBILITY ANALYSIS ในโปรแกรม ARCGIS	18
ภาพที่ 1.14 กรอบแนวคิด.....	24
ภาพที่ 2.1 พื้นที่ศึกษา	28
ภาพที่ 2.2 แผนที่สถานีเรดาร์ตรวจอากาศในขอบเขตการศึกษา	33
ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งเรดาร์ตรวจอากาศ	35
ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ของภาคเหนือ.....	38
ภาพที่ 3.3 แผนที่แสดงขอบเขตตำบล อำเภอ จังหวัด ในภาคเหนือ.....	39
ภาพที่ 3.4 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่บดบัง	41
ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ถูกบดบัง	41
ภาพที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้.....	42

ภาพที่ 4.1 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ลำพูน.....	47
ภาพที่ 4.2 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์เชียงราย.....	49
ภาพที่ 4.3 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์พิษณุโลก.....	50
ภาพที่ 4.4 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตาก.....	51
ภาพที่ 4.5 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ขอนแก่น.....	52
ภาพที่ 4.6 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ชัยนาท.....	53
ภาพที่ 4.7 แผนที่แสดงพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากลักษณะภูมิประเทศทั้งหมดใน ภาคเหนือ	54
ภาพที่ 4.8 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ทั้งหมดในภาคเหนือ	56
ภาพที่ 4.9 แผนที่แสดงพื้นที่ที่ไม่มีเรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ในภาคเหนือ.....	57
ภาพที่ 4.10 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของ เรดาร์ลำพูน.....	59
ภาพที่ 4.11 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของ เรดาร์เชียงราย.....	61
ภาพที่ 4.12 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของ เรดาร์พิษณุโลก.....	63
ภาพที่ 4.13 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของ เรดาร์ตาก.....	64
ภาพที่ 4.14 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของ เรดาร์ขอนแก่น.....	65
ภาพที่ 4.15 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของ เรดาร์ชัยนาท.....	66
ภาพที่ 4.16 แผนที่แสดงระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ของพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ.....	68
ภาพที่ 4.17 แผนที่แสดงการใช้เรดาร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เรดาร์ตรวจอากาศเป็นอุปกรณ์สำหรับการเฝ้าติดตามสภาพอากาศจากระยะไกล โดยสามารถตรวจจับความเข้มของฝน เช่น อัตราการตกของฝน ปริมาณฝนสะสม รวมถึงความเร็วในการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน (Radial velocity) และระดับความรุนแรงของพายุฝนได้ หลักการทำงานของเรดาร์ตรวจอากาศคือ การปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปในช่วงเวลาสั้นๆ เป็นลำคลื่นที่มีมุมแคบ (Narrow beam) เมื่อคลื่นดังกล่าวกระทบกับกลุ่มฝนหรือสิ่งกีดขวาง สัญญาณคลื่นจะสะท้อนกลับมายังจานสายอากาศ จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยังเครื่องรับเพื่อนำมาประมวลผลก่อนแสดงผลต่อไป (วิรงรอง สุชา และคณะ, 2563) การตรวจจับกลุ่มฝนด้วยเรดาร์ทำได้โดยการวัดค่าพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนกลับมา (Backscattering signal) จากเป้าหมาย เช่น หยดน้ำในกลุ่มฝน โดยเครื่องรับเรดาร์จะประมวลผลข้อมูลนี้เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของฝน เช่น ปริมาณ ความเร็ว และความรุนแรง

การใช้งานนี้มีบทบาทสำคัญในหลายด้าน เช่น การเกษตร ที่ช่วยให้เกษตรกรวางแผนการเพาะปลูกและชลประทานได้แม่นยำ การคมนาคม โดยเฉพาะในระบบการจราจรทางอากาศที่ใช้ในการตรวจจับสภาพอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อการบิน เช่น ลมเฉือนหรือฝนฟ้าคะนองในเส้นทางการบิน และการจัดการภัยพิบัติ ที่เรดาร์ช่วยเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับน้ำท่วมฉับพลัน พายุหมุนเขตร้อน และพายุฤดูร้อนเพื่อลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน นอกจากนี้ยังมีบทบาทในงานวิจัยด้านสภาพภูมิอากาศ เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกและการทำแผนที่การกระจายตัวของฝนในระยะยาว ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สนับสนุนการพัฒนานโยบายด้านสิ่งแวดล้อมและการวางแผนโครงสร้างพื้นฐานในอนาคต

เรดาร์ตรวจอากาศมีข้อจำกัดหลายประการที่ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับข้อมูลสภาพอากาศ หนึ่งในปัญหาสำคัญคือภูมิประเทศ เช่น ภูเขาและสิ่งปลูกสร้างที่สูง ซึ่งอาจกีดขวางการส่งและรับสัญญาณของเรดาร์ ส่งผลให้เกิดพื้นที่ที่ไม่สามารถตรวจจับข้อมูลได้ หรือที่เรียกว่า การบล็อกลำคลื่น (Beam Blocking) นอกจากนี้ สัญญาณเรดาร์อาจสะท้อนจากวัตถุอื่นที่ไม่ใช่ฝน เช่น ภูเขา ต้นไม้ อาคาร ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Clutter) ซึ่งรบกวนการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ อีกทั้งฝนที่ตก

หนักมากอาจทำให้ลำคลื่นเรดาร์ถูกดูดซับหรือกระจายตัว ส่งผลให้ข้อมูลจากพื้นที่ที่อยู่ห่างออกไป มีความคลาดเคลื่อน เรดาร์ยังมีข้อจำกัดในด้านระยะการตรวจจับ โดยพื้นที่ไกลเกินขอบเขตเรดาร์ จะไม่สามารถตรวจจับได้ รวมถึงความละเอียดของข้อมูลที่ได้จากลำคลื่นสะท้อนซึ่งเป็นค่าประมาณ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในปริมาณน้ำฝนหรือความรุนแรงของพายุที่รายงาน ด้วยปัญหาเหล่านี้ นักอุตุนิยมวิทยาจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเสริม เช่น การใช้ข้อมูลจากเรดาร์หลายตัวพร้อมกัน การนำแบบจำลองคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์ หรือการพัฒนาระบบเรดาร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์

ปัจจุบันระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System: GIS) ได้พัฒนาชุดเครื่องมือที่มีความสามารถในการสร้าง วิเคราะห์ คำนวณ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติ ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศและความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่างข้อมูล เครื่องมือเหล่านี้สามารถแสดงมิติของพื้นที่ในลักษณะเสมือนจริง (ชัยยุทธ เจริญผล, 2550) ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก เช่น การเปรียบเทียบระดับความสูง ระยะทาง หรือความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ซับซ้อน โดยเฉพาะแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลเชื่อมโยงกับสภาพพื้นที่จริงได้อย่างแม่นยำและสมจริงมากขึ้น เครื่องมือ Visibility Analysis ในระบบ GIS จะทำหน้าที่วิเคราะห์และประเมินการมองเห็นของลำคลื่นเรดาร์จากจุดส่งสัญญาณไปยังพื้นที่เป้าหมาย โดยใช้ข้อมูล DEM เป็นฐานในการคำนวณ เช่น การตรวจสอบว่าพื้นที่ใดถูกบดบังโดยภูเขาหรือสิ่งกีดขวางอื่นๆ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้สามารถช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานตัดสินใจในการเลือกตำแหน่งติดตั้งเรดาร์ หรือกำหนดพื้นที่ที่จำเป็นต้องติดตั้งเรดาร์เสริม เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ได้อย่างเหมาะสมที่สุด อีกทั้งการใช้ข้อมูล 3 มิติใน GIS ยังช่วยสร้างแบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของเรดาร์และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบดบังแบบชัดเจน การวิเคราะห์ดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการวางแผนและพัฒนาเครือข่ายเรดาร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในระดับภูมิภาค

ในงานวิจัยฉบับนี้ มุ่งเน้นการวิเคราะห์การบดบังสัญญาณ (Beam Blocking) เรดาร์ของจังหวัด เชียงราย, ลำพูน, ตาก, พิษณุโลก, ชัยนาท และขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้ระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) เพื่อการรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูล รวมถึงการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 คำถามหลักในงานวิจัย

- 1) พื้นที่ใดในภาคเหนือที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์สถานีต่าง ๆ
- 2) พื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศ และสามารถอาศัยการดูเรดาร์ตรวจอากาศของสถานีใด เพื่อติดตามสภาพ

1.3 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อวิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน, เชียงราย, พิชญ์โลก ตาก ขอนแก่น และชัยนาท เงื่อนไชระดับมุมตรวจ 1.59, 0.99, 0.50, 0.50, 0.5 และ 0.51 องศา ตามลำดับ โดยวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม ArcGIS
- 2) เพื่อประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

1.4 นิยามศัพท์

- 1) Beam blocking หมายถึง การบดบังสัญญาณ จะเกิดขึ้นในกรณีที่ลำคลื่นเรดาร์ตัดผ่านสิ่งกีดขวาง ดังเช่น ภูเขา หรือป่าสะท้อนถาวรต่างๆ ส่งผลให้ค่าการสะท้อนกลับของเรดาร์ (Reflectivity) ที่ตรวจวัดในพื้นที่ที่อยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวางมีค่าน้อยกว่าปกติ (รัชเวช หาญชูวงศ์ และคณะ, 2563, 138) ซึ่งอาจทำให้ค่าสัญญาณที่สะท้อนกลับมาเกิดความผิดพลาดจากความจริง
- 2) Visibility Analysis หมายถึง การวิเคราะห์การมองเห็นบนพื้นผิวภูมิประเทศ โดยใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) และตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์ (Observer Point) เพื่อให้ทราบถึงการมองเห็นของผู้สังเกตการณ์ที่มีการกำหนดตำแหน่ง ความสูงของผู้สังเกตการณ์ มุมทิศ (Azimuth) มุมในแนวตั้ง (Vertical angle) และรัศมี ผ่านโปรแกรม ArcGIS

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการกำหนดขอบเขตด้านเนื้อหาตามวัตถุประสงค์

1.5.1.1 วิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน มุม 1.59 องศา, เชียงราย มุม 0.99 องศา, พิชญ์โลก มุม 0.50 องศา, ตาก มุม 0.50 องศา, ขอนแก่น มุม 0.50 องศา และชัยนาท 0.51 องศา

1.5.1.2 วิเคราะห์ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่เป็นโปรแกรมวิเคราะห์เชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (DEM) และข้อมูลเรดาร์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ตลอดจนได้ผลวิเคราะห์แสดงในรูปแบบของแผนที่ ที่แสดงพื้นที่พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ และรวมทั้งได้ผลจากการประเมินเรดาร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

1.5.2 ขอบเขตด้านเวลา

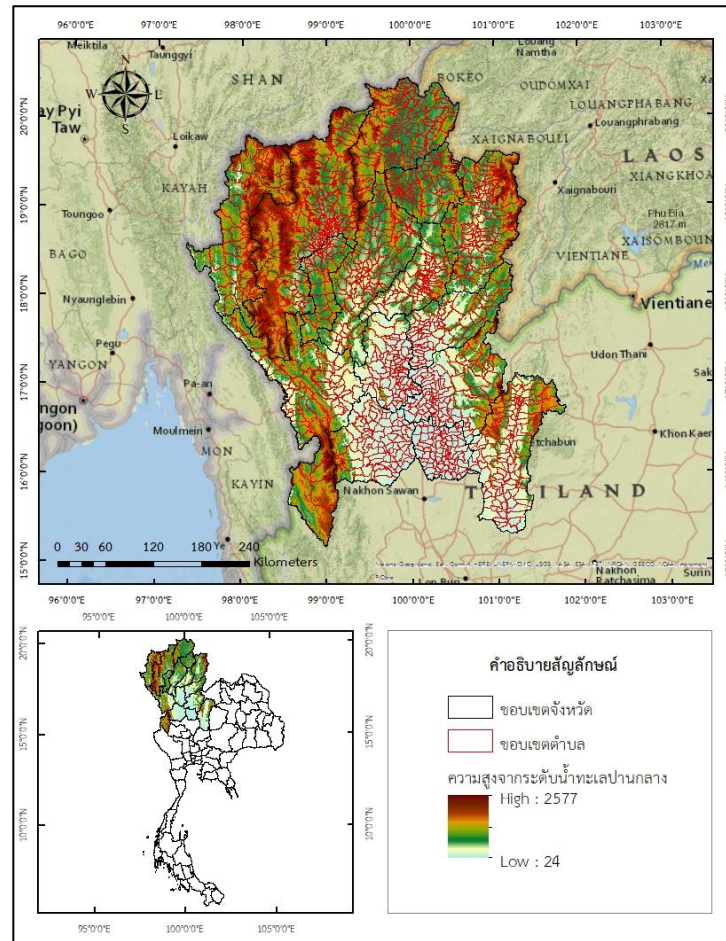
ต้องการศึกษาพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์โดยลักษณะภูมิประเทศจากเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน มุม 1.59 องศา, เชียงราย มุม 0.99 องศา, พิชญโลก มุม 0.50 องศา, ตาก มุม 0.50 องศา, ขอนแก่น มุม 0.50 องศา และขอนแก่น 0.51 องศา โดยข้อมูลเรดาร์มุมตรวจตั้งแต่วันที่ 25 กันยายน พ.ศ.2567 ถึงปัจจุบัน ปี พ.ศ.2568

1.5.3 พื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา คือ พื้นที่ภาคเหนือโดยแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วย ภาคเหนือตอนบน 8 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน และภาคเหนือตอนล่าง 7 จังหวัด ได้แก่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร พิชญโลก พิจิตร และเพชรบูรณ์ (ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ, ม.ป.ป.)

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ประเทศพม่า และประเทศลาวบางส่วน
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ภาคกลาง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ประเทศลาว และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ประเทศพม่า



ภาพที่ 1.1 พื้นที่ศึกษา

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศ ลำพูน, เชียงราย, พิชญ์โลก และตาก เงื่อนไขระดับมุมมอง 1.59, 0.99, 0.50 และ 0.50 องศา ตามลำดับ
- 2) ทราบการเลือกใช้เรดาร์ตรวจอากาศที่เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

1.7 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.7.1 แนวคิดเกี่ยวกับการบดบัง (Beam blocking)

การวิเคราะห์การบดบังลำคลื่น (Beam Blockage) เป็นกระบวนการที่สำคัญในการตรวจสอบพื้นที่ที่เรดาร์อาจไม่สามารถสื่อสารหรือรับข้อมูลได้เนื่องจากสิ่งกีดขวางในเส้นทางการ

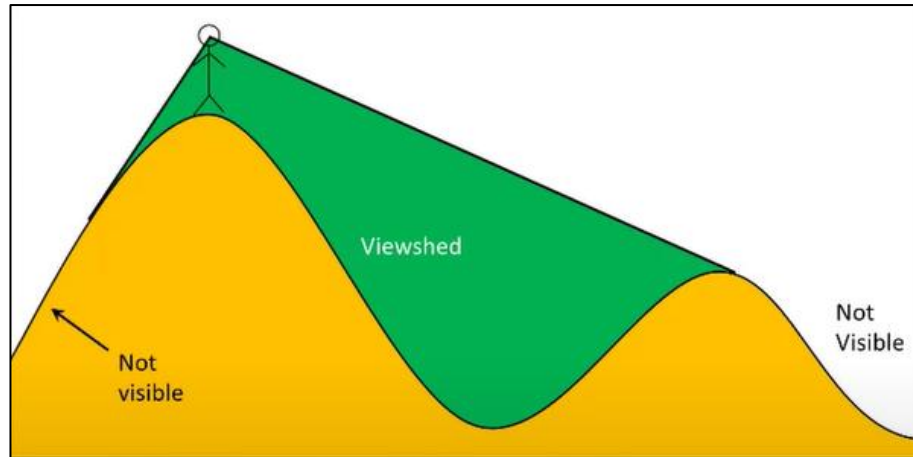
ส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการวิเคราะห์นี้สามารถใช้ได้ในหลายบริบท เช่น การติดตั้งเรดาร์ในพื้นที่ภูมิประเทศที่ไม่เรียบ การตรวจอากาศ หรือการจัดการเครือข่ายสื่อสารผ่านเรดาร์ เพื่อให้มั่นใจว่ามีการครอบคลุมพื้นที่อย่างเพียงพอและแม่นยำมากที่สุด

การบดบังลำคลื่นเรดาร์ (Beam Blockage) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกส่งออกจากเรดาร์ถูกสิ่งกีดขวาง เช่น ภูเขา ตึกสูง หรือสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ขัดขวางในระหว่างทาง ส่งผลให้การตรวจวัดข้อมูลจากเรดาร์เกิดความคลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์ สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทหลัก :

1. การบดบังบางส่วน (Partial Beam Blockage - PBB) การบดบังบางส่วน หมายถึงกรณีที่คลื่นเรดาร์ไม่สามารถส่งหรือรับสัญญาณได้ในบางพื้นที่ เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางบางอย่าง เช่น ภูเขา อาคาร หรือแม้แต่ต้นไม้ ซึ่งสามารถป้องกันหรือบังบางส่วนของลำคลื่นได้ (ภาพที่ 1.2)

ลักษณะการบดบังบางส่วน

- บริเวณที่อยู่ใกล้กับสิ่งกีดขวาง เช่น ภูเขาหรือสิ่งปลูกสร้าง จะมีการบังคลื่นในระดับหนึ่ง เช่น สัญญาณจะอ่อนลงหรือไม่สามารถรับสัญญาณได้ชัดเจน
- ในภาพที่แสดงถึง PBB เราจะเห็นพื้นที่ที่ยังสามารถรับคลื่นเรดาร์ได้ แม้ว่าจะมีบางจุดที่ถูกบังไป

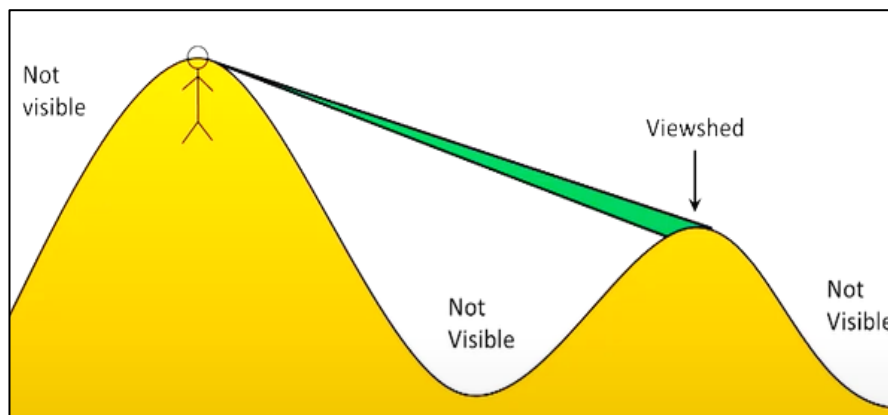


ภาพที่ 1.2 แสดงการมองเห็นทัศนวิสัย

2. การบดบังทั้งหมด (Total Beam Blockage - TBB) การบดบังทั้งหมดเกิดขึ้นเมื่อสิ่งกีดขวางมีขนาดใหญ่หรือสูงพอที่จะบังคลื่นเรดาร์ทั้งหมดในพื้นที่หลังสิ่งกีดขวาง ทำให้ไม่สามารถรับสัญญาณได้เลย (ภาพที่ 1.3)

ลักษณะการบดบังทั้งหมด

- พื้นที่ที่ถูกบังทั้งหมดจะไม่สามารถตรวจจับหรือรับสัญญาณจากเรดาร์ได้ เนื่องจากการส่งคลื่นของเรดาร์ไม่สามารถทะลุสิ่งกีดขวางที่สูงหรือใหญ่เกินไป
- ในภาพที่แสดงถึง TBB จะเห็นว่าไม่มีสัญญาณที่สามารถส่งไปถึงพื้นที่ที่อยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวาง



ภาพที่ 1.3 แสดงการบดบังทัศนวิสัย

ที่มา : <https://www.youtube.com/@GeoGuru1>

1.7.2 แนวคิดการตรวจอากาศด้วยเรดาร์ตรวจอากาศ

เรดาร์ตรวจอากาศภาคพื้นดินทำงานโดยการปล่อยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านไมโครเวฟ ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่าง 1-10 เซนติเมตร และความถี่อยู่ในช่วง 3 ถึง 30 GHz พลังงานที่ปล่อยออกมานี้จะเดินทางผ่านบรรยากาศ และเมื่อชนกับกลุ่มฝนหรืออนุภาคในอากาศ จะเกิดการสะท้อนกลับของสัญญาณมายังตัวรับของเรดาร์ สัญญาณที่สะท้อนกลับนี้เรียกว่า Radar Echo โดยเรดาร์จะบันทึกค่าความเข้มของพลังงานที่สะท้อนกลับมา ระดับความเข้มดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณ ความหนาแน่นของกลุ่มฝน และขนาดของเม็ดฝนที่พลังงานไปกระทบ ซึ่งค่าการสะท้อนกลับนี้สามารถแปลงเป็นข้อมูลในรูปของปริมาตร และสามารถนำมาคำนวณได้อย่างแม่นยำเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศ (นัฐพล มหาวิค, 2565) การตรวจวัดเรดาร์ตรวจอากาศพบว่ามีผลคลาดเคลื่อนของผลการตรวจวัด มาจากหลายปัจจัย สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภทหลัก (Zawadzki, 1984)

1. ความผิดพลาดในการกำหนดตำแหน่งงานสัญญาณ
2. ความผิดพลาดระหว่างสัญญาณเรดาร์กับสิ่งแวดล้อม เช่น การบดบังลำปีมบางส่วน (Partial Beam Blockage: PBB)
3. ความคลุมเครือของความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจวัดเรดาร์กับฝนสะสมภาคพื้นดิน เช่น ชนิดของหยาดน้ำฟ้า

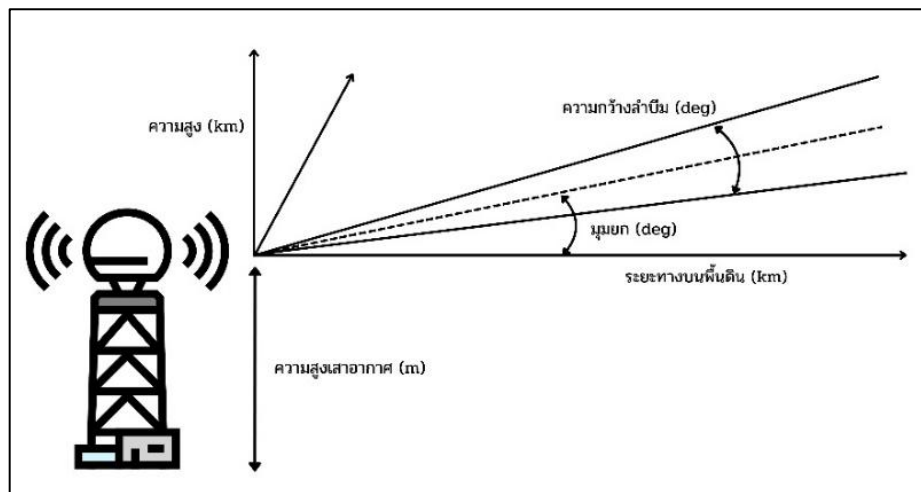
1) หลักการทำงานของเรดาร์

เรดาร์ เป็นอุปกรณ์สำหรับการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่อยู่ในระยะไกลผ่านการส่งและการประมวลผลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้ระบบเซนเซอร์ระยะไกลแบบแอ็กทีฟ ซึ่งทำงานโดยการสร้างและปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไป จากนั้นจะรวบรวมข้อมูลที่ได้รับกลับมาจากวัตถุในรูปแบบของการสะท้อนหรือการกระเจิงคลื่นพลังงาน คุณสมบัตินี้ทำให้เรดาร์แตกต่างจากระบบเซนเซอร์ระยะไกลแบบพาสซีฟ เช่น การมองเห็นของมนุษย์หรือดาวเทียมบางประเภท ซึ่งอาศัยพลังงานจากแหล่งธรรมชาติ

เช่น รังสีความร้อน หรือการสะท้อนพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่วัตถุดูดซับและแผ่ออกมา (นัฐพล มหาวิค, 2567)

เรดาร์ตรวจอากาศ (Weather Radar) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดสภาพอากาศในระยะไกล โดยสามารถตรวจสอบพายุฝนฟ้าคะนอง ความเข้มของฝน ความเร็วการเคลื่อนตัวของกลุ่มฝน (Radial Velocity) และระดับความรุนแรงของฝนได้ โดยการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุในลักษณะ ลำคลื่นมุมแคบ ไปยังกลุ่มฝนหรือสิ่งกีดขวาง และเมื่อคลื่นกระทบกับเป้าหมาย จะสะท้อนกลับมายังเครื่องรับเพื่อประมวลผลข้อมูล ก่อนที่จะแสดงผลบนหน้าจอเรดาร์ (ภัทร, 2550)

เรดาร์ตรวจอากาศเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการตรวจวัดสภาพอากาศ โดยเฉพาะกลุ่มฝน



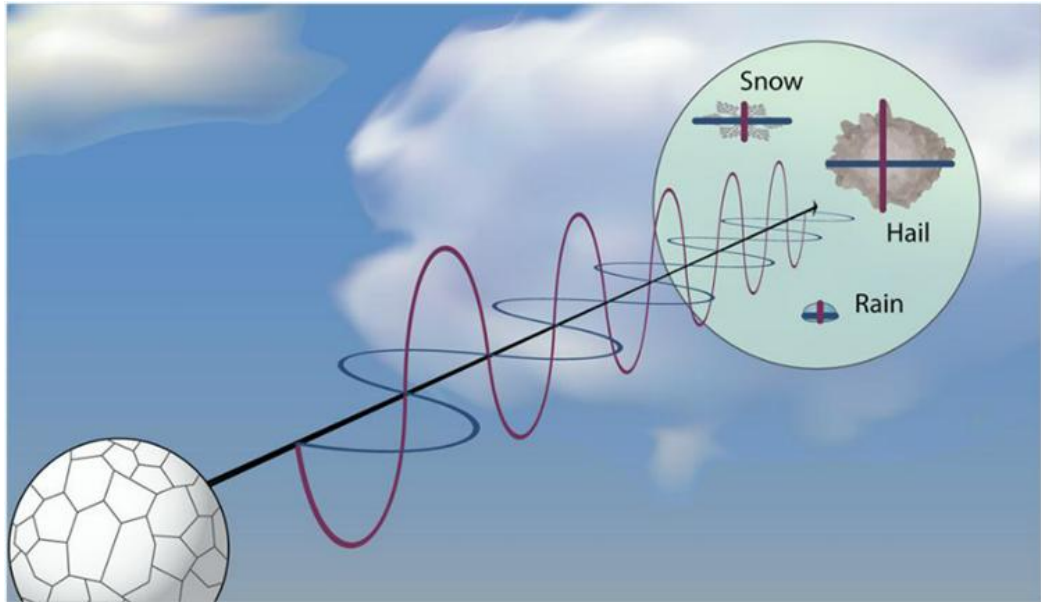
ภาพที่ 1.4 แสดงองค์ประกอบเรดาร์

ในพื้นที่กว้างและในระยะทางที่ครอบคลุมถึง 450 กิโลเมตร แต่ระยะที่สามารถใช้ข้อมูลได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้ จะอยู่ในช่วง 20 – 230 กิโลเมตร เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความแม่นยำสูงสุด เรดาร์ตรวจอากาศสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ช่วยให้สามารถเฝ้าติดตามลักษณะของฝนและการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศได้ตลอดเวลา

2) ระบบการทำงานของเครื่องเรดาร์ตรวจอากาศ

ระบบการทำงานของเรดาร์เริ่มต้นจากการส่งคลื่นในช่วงไมโครเวฟ (Microwave) ซึ่งเป็นคลื่นสัญญาณเรดาร์ที่มีความถี่แตกต่างกันไปตามชนิดของเรดาร์ เมื่อคลื่นชนกับหยาดน้ำฝน จะสะท้อนกลับมายังจานเรดาร์ โดยช่วงเวลาระหว่างการปล่อยและรับสัญญาณจะใช้ในการคำนวณตำแหน่งของหยาดน้ำฝน ขณะที่ความเข้มของการสะท้อนบ่งบอกถึงปริมาณน้ำฝน

ผลลัพธ์ของกระบวนการนี้จะถูกนำมาสร้างเป็นภาพถ่ายเรดาร์ 2 มิติ โดยแต่ละจุดในภาพแสดงปริมาณน้ำฝนในบริเวณนั้น ๆ หน่วยวัดคือมิลลิเมตรต่อชั่วโมงซึ่งช่วยให้สามารถระบุพื้นที่ที่มีฝนตกและความรุนแรงได้อย่างแม่นยำ



ภาพที่ 1.5 แผนภาพแสดงการทำงานของเรดาร์แบบโพลาไรเซชันสองขั้ว (Dual-Pol Radar)

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยาแห่งชาติ (National Weather Service)

จากภาพแสดงคลื่นไมโครเวฟที่แกว่งในแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งถูกส่งออกไปและตรวจจับได้โดยเรดาร์แบบสองขั้ว ระบบนี้ช่วยให้สามารถตรวจสอบรูปร่างและความหลากหลายของเป้าหมายในบรรยากาศที่เรดาร์ตรวจพบ เส้นแนวนอนและแนวตั้งในภาพแสดงความกว้างและความสูงของเป้าหมาย เช่น หิมะ ลูกเห็บ และฝน

1. การปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เรดาร์ตรวจอากาศจะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงในรูปแบบของพัลส์ (pulses) ออกไปในบรรยากาศ คลื่นเหล่านี้จะเดินทางไปจนกระทบกับวัตถุในอากาศ เช่น หยดน้ำหรือเกล็ดน้ำแข็งในกลุ่มฝน

2. การสะท้อนกลับของคลื่น

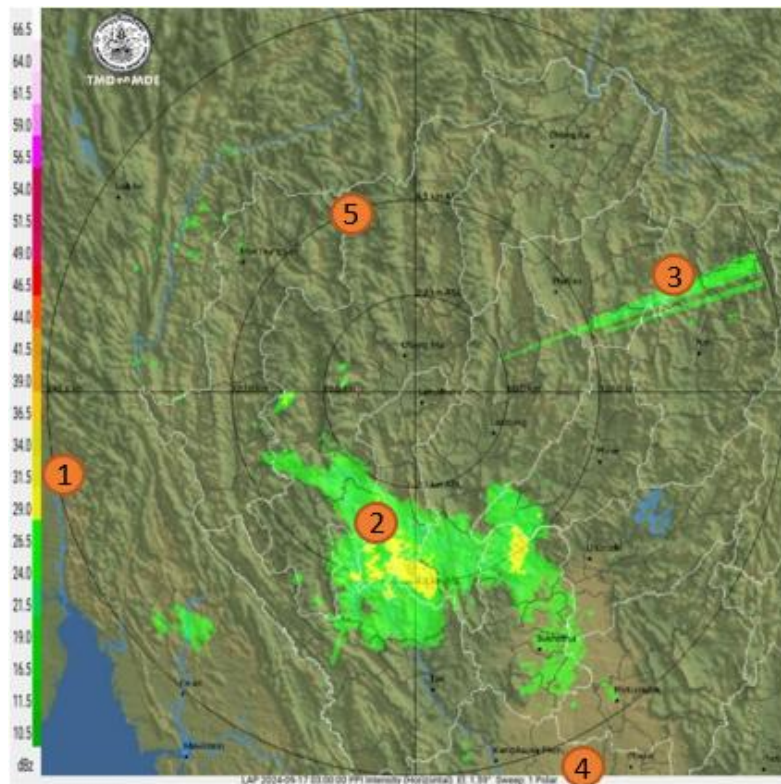
เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับอนุภาคในบรรยากาศ เช่น หยดน้ำฝน เกล็ดน้ำแข็ง หรือหิมะ คลื่นบางส่วนจะสะท้อนกลับมายังเรดาร์ โดยสัญญาณที่สะท้อนกลับนี้เรียกว่า สัญญาณเรดาร์ (echo)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลสะท้อนกลับ

เรดาร์จะวัดความแรงของสัญญาณสะท้อนกลับและเวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่น เพื่อคำนวณระยะทางของวัตถุ ความหนาแน่น และความแรงของกลุ่มฝน รวมถึงทิศทางและความเร็วของการเคลื่อนที่ของกลุ่มฝน โดยใช้หลักการ Doppler Effect ในการวัดความเร็ว

4. การสร้างภาพและข้อมูล

ข้อมูลที่ได้รับจากการสะท้อนคลื่นจะถูกประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์เพื่อสร้างภาพเรดาร์ ซึ่งแสดงการกระจายตัวของกลุ่มฝน ความหนาแน่น และการเคลื่อนที่ของฝนในพื้นที่ที่ตรวจวัด ข้อมูลเหล่านี้จะแสดงในรูปแบบกราฟิก เช่น แผนที่สีเพื่อบ่งบอกความแรงของ



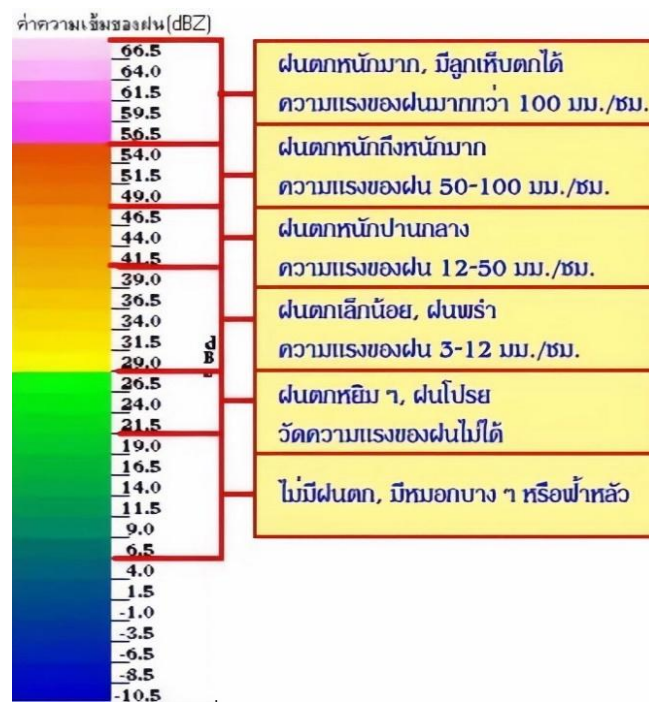
ภาพที่ 1.6 องค์ประกอบภาพเรดาร์

ฝน

ที่มา : เรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

1) ค่าความเข้มของฝน (dBz)

การวัดความเข้มของฝนด้วยเรดาร์ตรวจอากาศจากหลักการเบื้องต้น ถ้าเม็ดน้ำมีขนาดใหญ่และมีจำนวนมากต่อ 1 ปริมาตรของอากาศ จะให้ค่าพลังงานสะท้อนมาก ถ้ามีน้อย จะมีค่าการสะท้อนกลับน้อย ซึ่งแสดงผลในรูปของค่า Reflectivity factor (Z) และแสดงค่าในลักษณะของลอการิทึมหรือ Decibels (dBZ) เกณฑ์แสดงความรุนแรงของกลุ่มฝนจากการตรวจวัดของเรดาร์ Doppler กรมอุตุนิยมวิทยา โดยค่าความเข้มของฝน มีหน่วยเป็น Decibel (dBZ)



ภาพที่ 1.7 แสดงค่าความเข้มของฝน

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

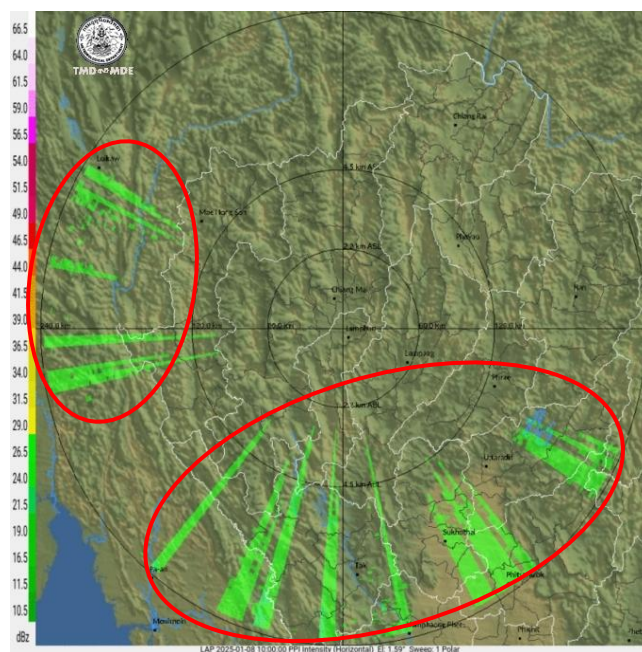
2) กลุ่มฝน โดยภาพเรดาร์จะแสดงกลุ่มฝนที่ปกคลุมบนรูปของแผนที่จังหวัด



ภาพที่ 1.8 ภาพแสดงกลุ่มฝน

ที่มา : เรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน

3) สัญญาณรบกวน



ภาพที่ 1.9 ภาพแสดงสัญญาณรบกวน

ที่มา : เรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน

4) คำอธิบาย

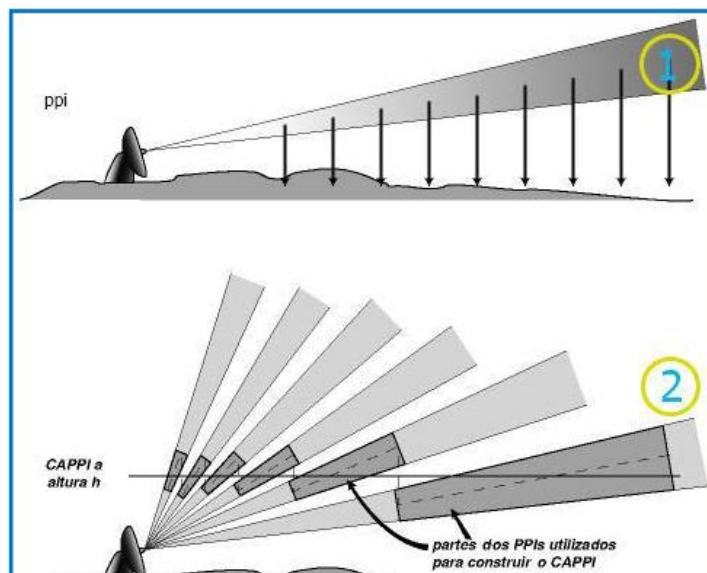
LAP 2024-10-03 22:00:00 PPI Intensity (Horizontal) El: 1.59° Sweep: 1 Polar

ภาพที่ 1.10 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับภาพเรดาร์

- LAP คือ หมายเลขรุ่นเครื่องเรดาร์ตรวจอากาศและชื่อสถานีย่อเรดาร์
- 2024-10-03 คือ ปีคศ. - เดือน - วัน ของภาพ
- 22:00:00 คือ เวลาของภาพเรดาร์จากผลการตรวจเป็นUTC (ตามเวลาประเทศไทย +7 ชม.)
- PPI/CAPPI

1) PPI (Plan Position Indicator) คือ ภาพที่แสดงค่าของความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับในลักษณะของการกวาดด้วยมุมเงยเพียงมุมเดียว ลักษณะของการตรวจแบบ PPI จะเป็นลักษณะพื้นฐานของการตรวจโดยเรดาร์ตรวจอากาศในปัจจุบัน สามารถใช้แสดงแนวโน้มของสภาวะอากาศได้เป็นอย่างดี การแสดงผลแบบ PPI จะเป็นการแสดงผลในแนวระนาบและมีลักษณะของภาพที่มองจากทางด้านบน (Top View)

2) CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator) คือ ภาพที่ได้จากการตรวจวัดแบบPPI หลายๆมุมเงย โดยเมื่อเครื่องเรดาร์ทำการตรวจเสร็จครบทุกมุมแล้วจะแสดงผลการตรวจกลุ่มฝนที่ความสูงคงที่ ตามที่ผู้ใช้กำหนด



ภาพที่ 1.11 ภาพแสดงการตรวจแบบ PPI และ CAPPI

ที่มา : ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จังหวัดอุบลราชธานี

- Intensity (Horizontal) คือ ภาพที่แสดงความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับ (ความเข้มของสัญญาณสะท้อนกลับคือความรุนแรงของฝน) ทางแนวนอน โดยหน่วยประมวลผลของเรดาร์ จะทำการหักแก้สัญญาณที่ไม่ต้องการออก
- El:1.59 Sweep:1 Polar คือ ค่าของมุมที่ทำการตรวจ จากตัวอย่างคือ เป็นภาพจากการตรวจ มุมที่ 1 มุมเงยที่ 1.59 องศา

ArcGIS เป็นซอฟต์แวร์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่ช่วยในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ รองรับการทำงานขององค์กรผ่านเครื่องมือต่างๆ ที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทั้งภายในและภายนอกองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปเผยแพร่ในรูปแบบของแผนที่ โปรแกรมประยุกต์ แดชบอร์ด และรายงาน ArcGIS ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้หลากหลาย โดย ArcGIS for Desktop เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการสร้าง แก้ไข วิเคราะห์ จัดเก็บ และแบ่งปันข้อมูล GIS ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ ลดต้นทุนด้านงบประมาณ เวลา และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน อีกทั้งยังสามารถแสดงผลข้อมูลได้ทั้งในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ

ArcMap เป็นส่วนหนึ่งของ ArcGIS for Desktop ที่ใช้สำหรับแสดงผลและปรับแก้ข้อมูลเชิงพื้นที่ สามารถสร้างแผนที่ กราฟ และรายงานต่างๆ ได้ และสามารถนำเข้าข้อมูลได้อย่างง่ายดายเพียงลากและวางจาก ArcCatalog ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่

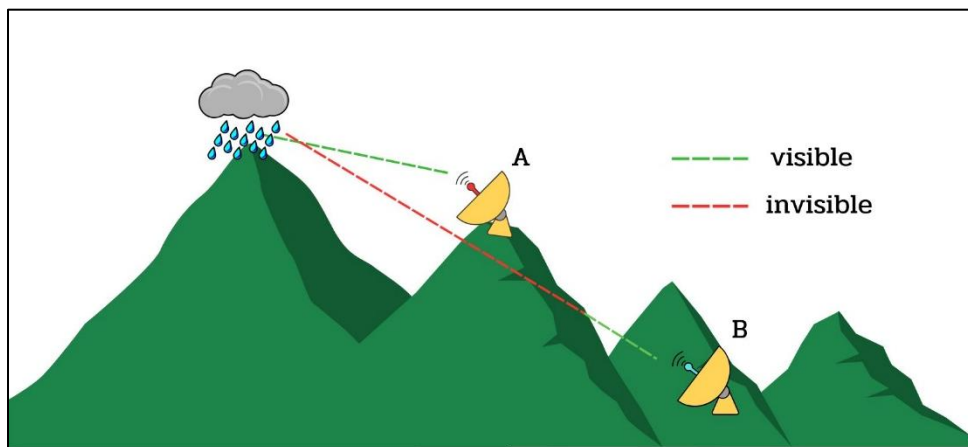
งานวิจัยนี้ใช้ ArcMap ในการวิเคราะห์พื้นที่ที่ถูกบดบัง (Visibility Analysis) โดยใช้เครื่องมือ Viewshed เพื่อตรวจสอบว่า จากจุดสังเกตหนึ่ง ๆ สามารถมองเห็นพื้นที่โดยรอบได้มากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ ยังใช้ Field Calculator เพื่อคำนวณค่าร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบดบังเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดในขอบเขตการศึกษา

1.7.3 แนวคิดเกี่ยวกับ visibility

1) แนวคิด Visibility หรือ การมองเห็น ในบริบทของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) หมายถึง การประเมินพื้นที่ที่สามารถมองเห็นได้จากตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งหรือหลายตำแหน่ง การวิเคราะห์ Visibility เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองพื้นผิวดิจิทัล (DSM) ซึ่งอธิบายลักษณะ

ภูมิประเทศ รวมถึงสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น อาคารและภูมิประเทศที่อาจบดบังทัศนวิสัย (Kang Y., 2022)

การมองเห็นของสถานที่ หมายถึง การที่สามารถมองเห็นสถานที่นั้นจากจุดสังเกตอื่น ๆ หนึ่งจุดหรือหลายจุด การจำลองการมองเห็นของจุดต่าง ๆ มีการประยุกต์ใช้มากมายในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เช่น การวางตำแหน่งจุดสังเกตการณ์, การสังเกตการณ์ทางทหาร, การสื่อสารผ่านเส้นสายตา, การวางแผนเส้นทางที่ดีที่สุด, และการออกแบบเมือง บทนี้นำเสนอการแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์การมองเห็น ซึ่งรวมถึงภาพรวมของแนวคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์การมองเห็น, วิธีการคำนวณการมองเห็นระหว่างจุดโดยใช้วิธีเชิงพาณิชย์และเชิงต่อเนื่องจากข้อมูล DEM และ TIN, กระบวนการวิเคราะห์การมองเห็นระหว่างจุด, การวิเคราะห์พื้นที่ที่มองเห็นได้และการวิเคราะห์พื้นที่ที่มองเห็นได้ย้อนกลับ ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานจริงเกี่ยวกับการวิเคราะห์การมองเห็นถูกนำเสนอเพื่อแก้ปัญหาทางภูมิศาสตร์ จึงมีการแนะนำซอฟต์แวร์และเครื่องมือที่มีอยู่สำหรับการวิเคราะห์การมองเห็น



ภาพที่ 1.12 แสดงการมองเห็นเรดาร์ตรวจอากาศ

การวิเคราะห์การมองเห็นมีเป้าหมายในการตรวจสอบว่า สามารถมองเห็นสถานที่หนึ่งจากตำแหน่งอื่นได้หรือไม่ โดยประกอบไปด้วยการวิเคราะห์สองประเภท การวิเคราะห์ความสามารถในการมองเห็นระหว่างจุด (intervisibility analysis) ซึ่งทำนายว่าสถานที่หนึ่ง ที่เรียกว่าจุดชมวิว สามารถมองเห็นจากอีกสถานที่หนึ่งหรือไม่ และการวิเคราะห์พื้นที่ที่มองเห็นได้ (viewshed analysis) ซึ่งกำหนดพื้นที่ทั้งหมดที่สามารถมองเห็นจากจุดชมวิวหนึ่งๆ (Kim et al., 2004) ตามที่

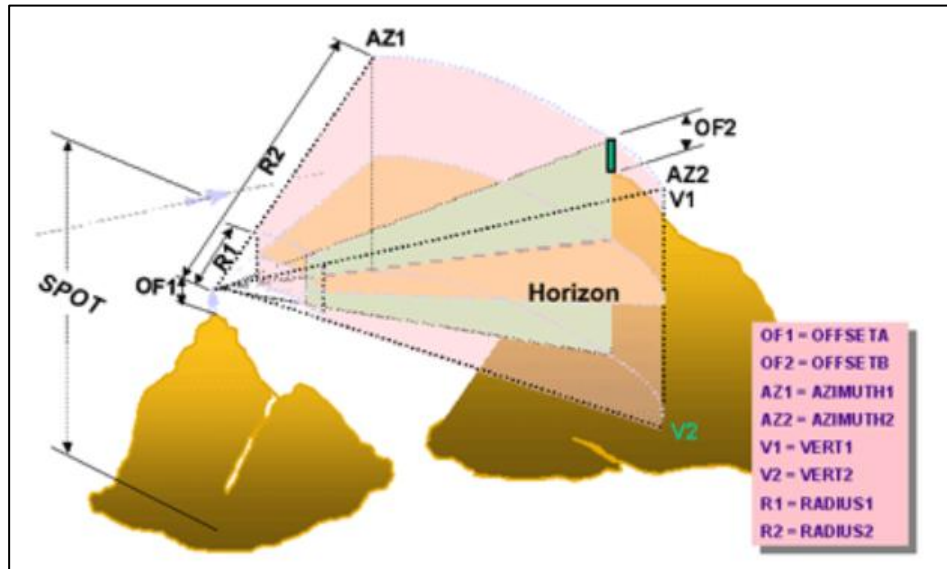
ภาพที่1.6แสดง การยิงลำคลื่นของเรดาร์A ไปยังจุดเป้าหมายไม่สามารถมองเห็นได้เนื่องจากคลื่นถูกกัด้วยภูมิประเทศ (แสดงด้วยเส้นสีแดง) ในขณะที่เรดาร์B เชื่อมต่อกับจุดเป้าหมายได้ ซึ่งหมายความว่าจุดเป้าหมายสามารถมองเห็นได้จากจุดเรดาร์A

การวิเคราะห์ความสามารถในการมองเห็นระหว่างจุด (Intervisibility Analysis) เป็นการตรวจสอบว่าจุดผู้สังเกต (Observer Point) หรือวัตถุที่อยู่จุดผู้สังเกตนั้นสามารถมองเห็นจากจุดมุมมองอื่นได้หรือไม่ สำหรับข้อมูล DEM ที่ใช้วิธีแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Approach) จะมีการคำนวณค่าบูลีน (Boolean) ซึ่งแสดงผลว่ามีการบังเส้นสายตาหรือไม่ ในขณะที่การใช้วิธีแบบต่อเนื่อง (Continuous Approach) สำหรับข้อมูล TINs พื้นที่ที่มองเห็นและมองไม่เห็นจากจุดผู้สังเกตจะถูกแบ่งแยกออกจากกัน และจะมีการตรวจสอบตำแหน่งที่จุดมุมมองเป้าหมายตั้งอยู่ (Kang, Y. ,2022)

การวิเคราะห์การมองเห็นเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม และเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Inglis et al., 2022) การวิเคราะห์การมองเห็นมีเป้าหมายในการตรวจสอบว่า สามารถมองเห็นสถานที่หนึ่งจากตำแหน่งอื่นได้หรือไม่ โดยประกอบไปด้วยการวิเคราะห์สองประเภท การวิเคราะห์ความสามารถในการมองเห็นระหว่างจุด (intervisibility analysis) ซึ่งทำนายว่าสถานที่หนึ่ง

2) Visibility Analysis

หลักการของเครื่องมือ Visibility Analysis ในโปรแกรม ArcGIS เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์การมองเห็นบนพื้นผิวภูมิประเทศ โดยใช้ข้อมูล DEM และตำแหน่งของผู้สังเกตการณ์ (Observer Point) ซึ่งมักใช้ในการวางสถานีถ่ายทอดโทรคมนาคมหรือเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันภาพในสภาพแวดล้อมในเมือง เครื่องมือนี้ต้องการผู้สังเกตการณ์สมมติที่แสดงโดยจุดในแบบจำลอง ซึ่งการวิเคราะห์จะคำนวณมุมมองรอบตัวพวกเขาใน 360° ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง



ภาพที่ 1.13 แสดงหลักการเครื่องมือ Visibility Analysis ในโปรแกรม ArcGIS ในการศึกษานี้มีการใช้ค่าออฟเซตแนวตั้งตามความสูงของสถานี (เมตร)

ที่มา : ArcGIS Program

สามารถกำหนดข้อมูลได้ ดังนี้

- 1) SPOT คือ จุดสังเกตการณ์ กำหนดให้เป็นข้อมูลจุด ที่กำหนดเป็นตำแหน่งพิกัดของเรดาร์
- 2) Offset คือ ระยะความสูงของหอคอย หรือค่า Z ของตำแหน่งพื้นผิว
- 3) Azimuth สามารถกำหนดมุมทิศที่ต้องการวิเคราะห์ได้
- 4) Vertical angle คือ มุมในแนวตั้ง สามารถกำหนดช่วงของมุมเงยได้
- 5) Radius สามารถกำหนดรัศมีเพื่อจำกัดระยะทาง และระบุพื้นที่ที่ต้องการมองเห็น

การวิเคราะห์โดยเครื่องมือ Visibility Analysis ในโปรแกรม ArcGIS สามารถปรับแก้ความโค้งของโลก โดยนำโมเดลความโค้งของโลกเข้ามาคำนึง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น เหมาะกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ขนาดใหญ่

1.8 ทบทวนวรรณกรรม

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น โดยสอดคล้องกับแนวคิด ได้แก่ วรรณกรรมเกี่ยวกับเรดาร์และการบดบัง และวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิด visibility analysis

1.8.1 วรรณกรรมเกี่ยวกับเรดาร์และการบดบัง

D. Brent McRoberts and John W. Nielsen-Gammon (2017) ศึกษาการตรวจจับการบังคลื่นเรดาร์ในข้อมูลการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนที่อิงเรดาร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคที่สามารถตรวจจับและแก้ไขปัญหาการบังคลื่นเรดาร์ในข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่อิงเรดาร์ ซึ่งมักเกิดจากสิ่งกีดขวาง เช่น ภูมิประเทศหรืออาคารสูง ทำให้ค่าปริมาณน้ำฝนที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อน ในงานวิจัยนี้ นักวิจัยได้พัฒนาเทคนิควิเคราะห์เชิงพื้นที่ใหม่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนระยะยาวเป็นฐานข้อมูลสำคัญ และใช้ Fourier series เพื่อคาดการณ์ค่าปริมาณน้ำฝนในมุมอะซิมัท จากนั้นจึงตรวจจับการบังคลื่นเรดาร์ผ่านลักษณะความแตกต่างระหว่างค่าที่คาดการณ์และค่าจริง เทคนิคนี้สามารถระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบังคลื่นได้อย่างแม่นยำ และนำไปปรับค่าปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้อัตราค่าประมาณจากพื้นที่ใกล้เคียงที่ไม่ได้รับผลกระทบ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า อัลกอริธึมที่พัฒนาขึ้นสามารถระบุพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบังคลื่นเรดาร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยปรับปรุงความแม่นยำของค่าประมาณปริมาณน้ำฝน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการบังคลื่นรุนแรง นอกจากนี้ อัลกอริธึมยังมีความยืดหยุ่นในการนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเรดาร์ และพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกัน โดยใช้ข้อมูลที่ต้องการเพียงเล็กน้อย งานวิจัยนี้ไม่เพียงช่วยเพิ่มความแม่นยำในข้อมูลปริมาณน้ำฝน แต่ยังเป็นประโยชน์สำหรับการติดตามและวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา และสามารถช่วยในการวางแผนจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

H Andrieu a (1997) ศึกษาเรื่อง Use of a weather radar for the hydrology of a mountainous area. Part I: radar measurement interpretation งานวิจัยศึกษาการใช้เรดาร์

ตรวจอากาศในการวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ภูเขา ซึ่งมักเกิดน้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่ลุ่มน้ำ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการตรวจสอบแหล่งที่มาของข้อผิดพลาดที่มีผลต่อการใช้ข้อมูลเรดาร์เชิงปริมาณ โดยเน้นศึกษาผลกระทบจากภูมิประเทศและระดับความสูงในพื้นที่ภูเขา โดยเฉพาะผลกระทบจากการอุดตันของลำแสงและแหล่งที่มาของข้อผิดพลาดอื่นๆ เช่น การสกีดกันแถบสว่าง ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นได้จากผลกระทบของระดับความสูง ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมาจากการทดลองในพื้นที่ภูเขาเมดิเตอร์เรเนียนทางตอนใต้ของฝรั่งเศส ซึ่งมักประสบปัญหาน้ำท่วมฉับพลัน การวิเคราะห์แหล่งที่มาของข้อผิดพลาดพบว่า การอุดตันของลำแสงสามารถแก้ไขได้โดยการใช้แบบจำลองภูมิประเทศดิจิทัล โดยประสิทธิภาพของการแก้ไขจะขึ้นอยู่กับความแม่นยำของทิศทางการชี้ของเสาอากาศเรดาร์ นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้พิจารณาผลกระทบจากการลดทอนของสัญญาณเรดาร์ที่เกิดจากสภาพอากาศและภูมิประเทศ ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อ การวัดฝนในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้งของบรรยากาศ และแนะนำให้ใช้ความยาวคลื่น 10 ซม. เพื่อสำรวจเหตุการณ์ฝนตกหนักในภูมิภาคเมดิเตอร์เรเนียน ข้อผิดพลาดที่เกิดจากความสัมพันธ์ $Z - R$ ซึ่งไม่ได้ปรับให้เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ การวัดฝนในพื้นที่ภูเขาและพื้นที่ที่มีฝนตกหนัก เนื่องจากการกระจายของขนาดหยดฝนและการเคลื่อนที่ของอากาศทั้งในแนวตั้งและแนวนอนมีผลโดยตรงต่อความเข้มข้นของฝน งานวิจัยนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการปรับปรุงวิธีการวัดและการพิจารณาผลกระทบจากภูมิประเทศและบรรยากาศในการใช้ข้อมูลเรดาร์สำหรับการประเมินน้ำฝนในพื้นที่ภูเขา

Grzegorz J. Ciach (1999) ได้ศึกษาเรื่องการประมาณค่าความแปรปรวนของข้อผิดพลาดปริมาณน้ำฝนจากเรดาร์ (On the Estimation of Radar Rainfall Error Variance) ซึ่งเน้นไปที่ปัญหาสำคัญในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนด้วยเรดาร์ (Radar-Raingauge: R-G) โดยมีข้อจำกัดหลักคือการขาดข้อมูลอ้างอิงที่แม่นยำสำหรับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตามพื้นที่จริง โดยทั่วไป การเปรียบเทียบข้อมูลจากเรดาร์และมาตรวัดน้ำฝนมักใช้เพื่อประเมินความถูกต้องของอัลกอริทึมเรดาร์ แต่ความแตกต่างในระดับความละเอียดเชิงพื้นที่ระหว่างเรดาร์และมาตรวัดน้ำฝนทำให้การตีความผลลัพธ์โดยตรงเป็นเรื่องยาก ผู้วิจัยเสนอว่าความแปรปรวนของข้อมูล R-G สามารถแยกออกเป็นสองส่วนสำคัญคือ ข้อผิดพลาดในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยจากเรดาร์ และข้อผิดพลาดจากความแตกต่างของความละเอียดระหว่างเรดาร์และมาตรวัดน้ำฝน เพื่อลดปัญหานี้ งานวิจัยได้

เสนอวิธีการแยกข้อผิดพลาด (Error Separation Method: ESM) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ช่วยวิเคราะห์และแบ่งส่วนประกอบของข้อผิดพลาดเหล่านี้อย่างเป็นระบบ วิธี ESM มีพื้นฐานจากการใช้สถิติโดยภายใต้เงื่อนไขบางประการ สามารถช่วยประเมินความแปรปรวนของข้อผิดพลาดในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน (RR) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ วิธี ESM จะถูกนำไปใช้กับข้อมูลผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายของเรดาร์ เช่น แผนที่ปริมาณน้ำฝนในรูปแบบกริด ซึ่งขนาดของกริดและระยะเวลาสะสมข้อมูลจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งานของผลิตภัณฑ์

1.8.2 วรรณกรรมเกี่ยวกับ Visibility

นัฐพล มหาวิค (2567) ศึกษาวิธีการตรวจวัดพายุลูกเห็บด้วยข้อมูลเรดาร์อุตุนิยมวิทยานบนพื้นฐานระบบภูมิสารสนเทศรหัสเปิดในช่วงฤดูร้อนพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยใช้เรดาร์อุตุนิยมวิทยา และ ระบบภูมิสารสนเทศแบบรหัสเปิด (Open Source GIS) ซึ่งงานวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ได้แก่ การศึกษาสภาพของพายุลูกเห็บและ การเพื่อวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ งานวิจัยเน้นการใช้ค่าความเข้มการสะท้อน (Reflectivity) จากเรดาร์ที่เกินระดับ 50 dBZ และข้อมูลอื่น ๆ เช่น Doppler Velocity เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดพายุลูกเห็บ โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่มีความแปรปรวนในบรรยากาศสูง การศึกษาเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลเรดาร์จากกรมอุตุนิยมวิทยา รวมถึงข้อมูลเสริม เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ จากนั้นจึงใช้ระบบภูมิสารสนเทศแบบเปิดในการประมวลผลและพัฒนาอัลกอริทึมที่สามารถระบุลักษณะของพายุลูกเห็บอย่างแม่นยำ พร้อมทั้งตรวจสอบผลการวิเคราะห์กับข้อมูลภาคสนามหรือเหตุการณ์จริงที่บันทึกไว้ ผลการศึกษาผลการศึกษาพบว่าแหล่งกำเนิดเมฆฝนฟ้าคะนองที่ก่อให้เกิดลูกเห็บอยู่ทางภูเขาทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงราย ส่วนพื้นที่ที่เสียหายจากการเกิดลูกเห็บคือ อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยมีความเป็นไปได้ในการการได้รับการสนับสนุนในความร่วมมือจากลักษณะภูมิประเทศ

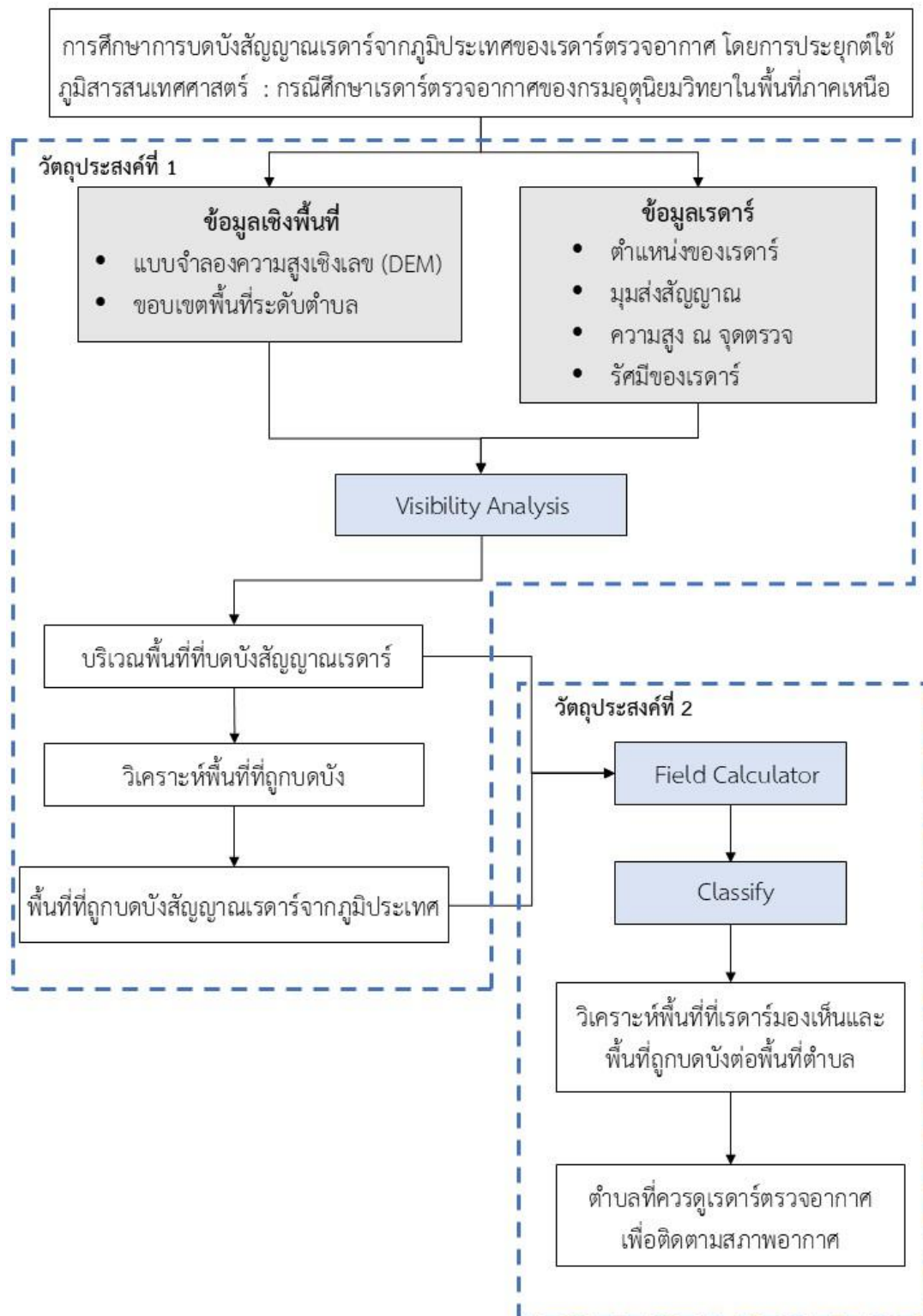
Chen-Wei Liang (2023) ศึกษาเรื่องการพยากรณ์และวิเคราะห์ทัศนวิสัยของบรรยากาศในภูมิประเทศ 5 ประเภทด้วยปัญญาประดิษฐ์ (Prediction and analysis of atmospheric visibility in five terrain types with artificial intelligence) การศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาวิธีการพยากรณ์และวิเคราะห์ทัศนวิสัยของบรรยากาศ (Visibility) ในภูมิประเทศ 5 ประเภท ได้แก่

เนินเขา แอ่งน้ำ ที่ราบ ที่ราบตะกอนน้ำพา และหุบเขาแยก โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการคาดการณ์ Visibility ในงานนี้ หมายถึง ระยะการมองเห็นในบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ได้รับผลกระทบจากปัจจัยมลพิษทางอากาศและสภาพอุตุนิยมวิทยา เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และความเร็วลม การวัดและพยากรณ์ค่า Visibility อย่างแม่นยำมีความสำคัญต่อการป้องกันผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และความปลอดภัยทางการคมนาคม ผู้วิจัยได้เลือก 4 ปัจจัยมลพิษทางอากาศ และ 5 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เป็นตัวแปรอิสระสำหรับการทำนาย Visibility โดยใช้แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ 3 รูปแบบ ได้แก่ SVM (Support Vector Machine), MLP (Multilayer Perceptron) และ XGBoost (Extreme Gradient Boosting) แบบจำลองเหล่านี้มีความสามารถในการจัดการข้อมูลที่ซับซ้อนและคาดการณ์ค่า Visibility ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ฟังก์ชัน Grid Search CV ยังถูกนำมาใช้เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองทั้งสามอย่างอัตโนมัติ ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับพื้นที่เป้าหมายทั้ง 5 ประเภท ผลการทำนายค่า Visibility จากแบบจำลองทั้งสามในช่วงแรกพบที่มีความคลาดเคลื่อนสูง โดยเฉพาะค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง สาเหตุหลักมาจากข้อมูลการสังเกตที่ใช้ในการฝึกแบบจำลองขาดความแม่นยำ เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงการทำนายโดยใช้ สูตรอัตราส่วนมาตราส่วน และการลดระดับ (scaling) ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำของผลลัพธ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ การประเมินผลของแบบจำลองใช้วิธีทางสถิติ 5 วิธี เช่น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) และ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากปรับค่าทำนายแสดงให้เห็นว่า การพยากรณ์ค่า Visibility มีความสอดคล้องกับข้อมูลการสังเกตในพื้นที่เป้าหมายทั้ง 5 ประเภทอย่างมาก

Witold F.Krajewski (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โมเดลข้อมูลระยะสูง (DEM) เพื่อคำนวณการสูญเสียพลังงานจากการบล็อกลำแสงของเรดาร์ (beam blockage) ซึ่งเกิดจากอุปสรรคทางภูมิศาสตร์ในพื้นที่ภูเขา โดยการศึกษาได้ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการบล็อกลำแสงต่อการประมาณปริมาณฝนจากข้อมูลเรดาร์ วิธีการที่นำเสนอในงานนี้คือการคำนวณแผนที่การสูญเสียพลังงานในรูปแบบสองมิติ โดยใช้การคำนวณการแพร่กระจายของสัญญาณเรดาร์ในมุมต่าง ๆ ของเสาอากาศจากข้อมูล DEM จากนั้น นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงของการตรวจจับการสะท้อนของเรดาร์ (radar reflectivity) และเปรียบเทียบกับแผนที่การบล็อกลำแสง

ที่มีความละเอียดต่ำกว่า ซึ่งพัฒนาโดย NWS และใช้ในระบบ NEXRAD การศึกษาได้ทำการทดลองที่ สองสถานีเรดาร์ NEXRAD ได้แก่ KRLX ใน Charleston, West Virginia และ KEMX ใน Tucson, Arizona โดยพบว่า สถานี KRLX มีการบล็อกสัญญาณเพียงบางส่วน ในขณะที่สถานี KEMX มีพื้นที่ที่มีการบล็อกสัญญาณหลายจุด การศึกษานี้สรุปว่า การทำนายการบล็อกสัญญาณด้วยข้อมูล DEM เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ เพราะผลลัพธ์ที่คำนวณออกมาสอดคล้องกับข้อมูลเรดาร์จริงในระยะยาว

1.9 กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1.14 กรอบแนวคิด

1.10 ระเบียบวิธีวิจัย

1.10.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ในการศึกษารั้วนี้เป็นการใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้มาจาก หนังสือ เว็บไซต์ บทความ วารสาร รวมไปถึงจากสำนักงานศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ

ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบไปด้วย

- ข้อมูลเกี่ยวกับหลักการเรดาร์ จากหนังสือเรดาร์ตรวจอากาศทางอุตุนิยมวิทยา, เว็บไซต์ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ และจากคู่มือเรดาร์ตรวจอากาศ
- ข้อมูลเรดาร์ ได้แก่ รัศมีของเรดาร์, มุมตรวจ, ตำแหน่งของเรดาร์ และความสูง ณ จุดตรวจจากสำนักงานศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ
- ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข จาก NASA Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) หรือ SRTM DEM โดยดาวน์โหลดข้อมูลจาก Google Earth Engine
- ข้อมูลขอบเขตจังหวัด ขอบเขตอำเภอ และขอบเขตตำบล จากเว็บไซต์ E-PORTAL ของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนม์ธวัช สุวรรณ
- ข้อมูลจากการรวบรวมเอกสารงานวิจัย หนังสือ เอกสาร บทความ และวารสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่างๆ

1.10.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย / การรวบรวมข้อมูล

ในส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย

- 1) คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
- 2) โปรแกรมวิเคราะห์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 3) โปรแกรม Microsoft Office

1.10.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์โดยเทคนิค Visibility Analysis ผ่านโปรแกรม ArcGIS เป็นการวิเคราะห์ที่คำนึงถึงลักษณะภูมิประเทศ และจุดสังเกตการณ์ (เรดาร์) โดยสามารถกำหนดข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามผล

ที่วิเคราะห์ที่ต้องการ สามารถกำหนดได้ทั้งข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของตำแหน่งจุดสังเกตการณ์, ข้อมูลความสูงของหอยหอย หรือตึกสังเกตการณ์, ข้อมูลรัศมีวงในจนถึงรัศมีวงนอก เพื่อจำกัดระยะช่วงรัศมีของพื้นที่, ข้อมูลทิศมุม สามารถจำกัดช่วงทิศมุมที่ต้องการวิเคราะห์, และข้อมูลช่วงมุมในแนวตั้ง หรือมุมเงย ของจุดสังเกตการณ์ในการมองเห็นมุมเงยนั้น และเนื่องจากการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ในพื้นที่การศึกษาที่ใหญ่ จึงต้องทำการปรับแก้ความโค้งของโลก ในเทคนิคนี้มีการปรับแก้ความโค้งของโลกร่วมด้วย จะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

เมื่อนำเทคนิค visibility Analysis มาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศ โดยการกำหนดข้อมูลของเรดาร์นั้น และใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) เพื่อให้ทราบลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา จะทำให้ทราบถึงผลการวิเคราะห์ว่าพื้นที่บริเวณไหนของลักษณะภูมิประเทศที่เรดาร์ส่งสัญญาณไปติดกับบริเวณภูมิประเทศนั้น ซึ่งจะทำให้ทราบว่าพื้นที่บริเวณด้านหลังของพื้นที่ที่เรดาร์ส่งสัญญาณไปติดกับลักษณะภูมิประเทศ คือพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศ หลังจากนั้นจึงทำการประยุกต์โดยเครื่องมือในโปรแกรม ArcGIS เพื่อให้ได้พื้นที่ที่บดบังสัญญาณเรดาร์ในระดับตำบลของภาคเหนือ

1.11 ระยะเวลาในการศึกษา

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการศึกษา

ขั้นตอนการวิจัย	พ.ศ.2567-2568			
	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
ศึกษาหลักการเรดาร์ และวิธีการวิเคราะห์				
รวบรวมและจัดเก็บข้อมูล				
วิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์				

วิเคราะห์ร้อยละของพื้นที่ระดับตำบลใน ภาคเหนือที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์จาก ลักษณะภูมิประเทศ และประเมินเรดาร์ที่ เหมาะสมกับพื้นที่ตำบลในภาคเหนือ				
สรุปและนำเสนอผลการศึกษา				

บทที่ 2

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากภูมิประเทศ โดยการประยุกต์ใช้
ภูมิสารสนเทศศาสตร์ ผู้ศึกษาได้เลือกพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย การศึกษารังนี้
จำเป็นต้องทราบถึงสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา และข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปสู่การศึกษาและการวิเคราะห์เชิง
พื้นที่ได้ดีมากยิ่งขึ้น

2.1 ประวัติความเป็นมาของพื้นที่ศึกษา

ภาคเหนือเคยเป็นที่ตั้งของอาณาจักรล้านนา ซึ่งพญามังรายทรงสถาปนาขึ้นในปี พ.ศ.1835 โดยการ
ยุบรวมอาณาจักรเก่า ได้แก่ หิรัญนครเงินยางเชียงแสนและหริภุญชัย และสถาปนาเมืองหลวงอย่างเป็น
ทางการในปี พ.ศ. 1838 ชื่อเมืองหลวงว่า นพบุรีศรีนครพิงค์เชียงใหม่ (Wikipedia, 2568)

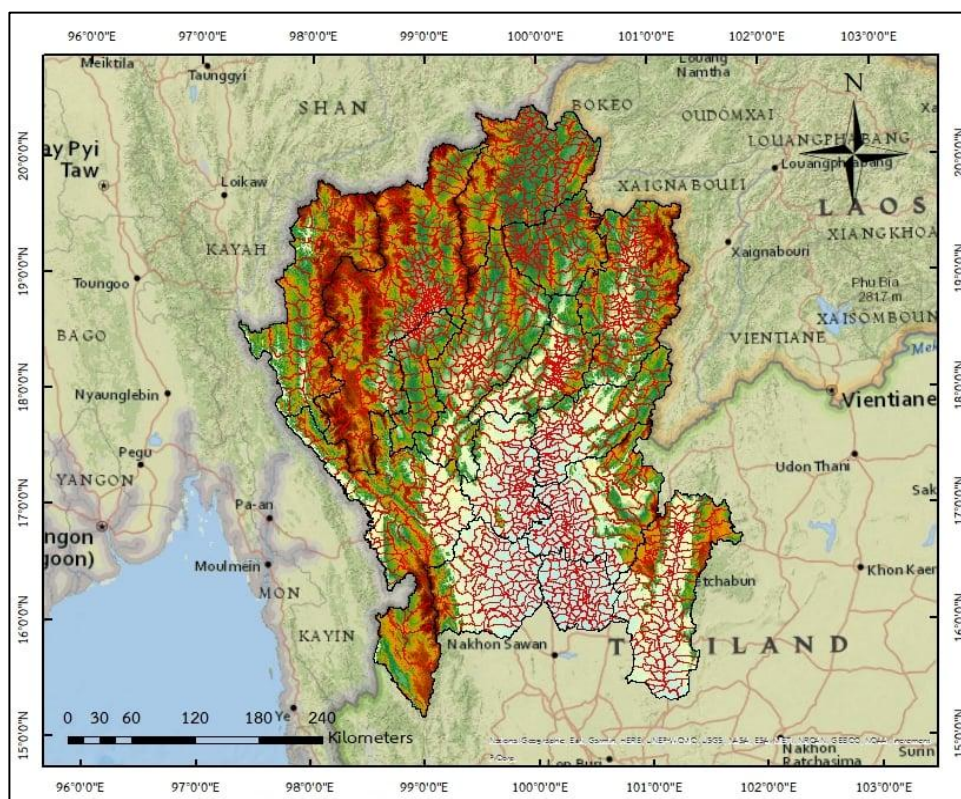
2.2 ที่ตั้งและอาณาเขตติดต่อ

ภาคเหนือ เป็นภูมิภาคที่อยู่ด้านบนสุดของไทย มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 106,027 ล้านไร่ คิดเป็น
ร้อยละ 33 ของพื้นที่ประเทศไทย แบ่งออกเป็นภาคเหนือตอนบนที่พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นภูเขาและป่าไม้
มีแอ่งที่ราบระหว่างทิวเขา และภาคเหนือตอนล่างมีพื้นที่ราบเป็นส่วนใหญ่ โดยมีภูเขาสูงด้านทิศตะวันออก
และทิศตะวันตก (ห้องสมุดกรมการจัดหางาน, ม.ป.ป.) มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศใกล้เคียง และภูมิภาค
ในประเทศไทย ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ประเทศพม่าบางส่วน และประเทศลาวบางส่วน
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ภาคกลาง และภาคตะวันตก
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ประเทศลาว และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ประเทศพม่า

2.3 ลักษณะภูมิประเทศ

การแบ่งภาคทางอุตุนิยมวิทยาพิจารณาารูปแบบภูมิอากาศและได้มีการแบ่งประเทศไทยออกได้เป็น 5 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ (ฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก) ในส่วนของภาคเหนือ ประกอบไปด้วย 15 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน อุตรดิตถ์ สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร พิจิตร และเพชรบูรณ์ (ศูนย์อุตุนิยมวิทยา ภาคเหนือ, ม.ป.ป.) ภูมิประเทศของภาคเหนือส่วนใหญ่เป็นเทือกเขา มีภูเขาติดกันเป็นพิ้นในแนวเหนือ-ใต้ สลับกับหุบเขาทั้งแคบและกว้างมากมาย เทือกเขาที่สำคัญ ได้แก่ เทือกเขาแดนลาว อยู่ทางตอนเหนือของภาค ซึ่งกั้นเขตแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศพม่า และเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำปิง ส่วนทางตะวันออก มีเทือกเขาหลวงพระบาง ที่เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำน่าน และมีเทือกเขาเพชรบูรณ์ บางส่วน อยู่ในเขตจังหวัดน่าน อุตรดิตถ์ พิจิตร และเพชรบูรณ์ ตอนกลางของภาค มีเทือกเขาผีปันน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคเหนือตอนบน เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำวังและแม่น้ำยม และทางตะวันตก มีเทือกเขาถนนธงชัยและเทือกเขาตะนาวศรีบางส่วน



2.4 ลักษณะภูมิอากาศ

2.4.1 ฤดูกาล

ภาคเหนือของประเทศไทยมีสามฤดูกาลที่เด่นชัด ได้แก่ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ซึ่งแต่ละฤดูมีลักษณะทางภูมิอากาศที่แตกต่างกันไปตามอิทธิพลของมรสุมและปัจจัยทางธรรมชาติ

1) ฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์ - กลางเดือนพฤษภาคม)

ฤดูร้อนของภาคเหนือเริ่มต้นตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์และดำเนินต่อไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ช่วงเวลานี้เป็นระยะที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือกำลังอ่อนกำลังลง และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ยังไม่เข้ามาปกคลุม ทำให้สภาพอากาศแห้งแล้งและร้อนจัด โดยเฉพาะในเดือนเมษายน ดวงอาทิตย์จะอยู่เกือบตรงศีรษะในเวลาเที่ยงวัน ส่งผลให้อุณหภูมิพุ่งสูงขึ้นมาก

โดยทั่วไป อุณหภูมิในช่วงฤดูร้อนของภาคเหนือมักสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส และอาจสูงถึง 40 องศาเซลเซียสขึ้นไปในบางพื้นที่ ส่งผลให้สภาพอากาศร้อนอบอ้าว อย่างไรก็ตาม แม้ว่าฤดูร้อนจะมีลักษณะอากาศร้อนและแห้งแล้ง แต่บางครั้งอาจเกิดพายุฤดูร้อน ซึ่งเกิดจากการปะทะกันระหว่างมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมพื้นที่กับมวลอากาศเย็นที่แผ่ลงมาจากประเทศจีน พายุฤดูร้อนนี้มักมาพร้อมกับฝนฟ้าคะนอง ลมกระโชกแรง และบางครั้งอาจมีลูกเห็บตก ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่การเกษตรและสิ่งปลูกสร้างได้

2) ฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคม - กลางเดือนตุลาคม)

เมื่อเข้าสู่กลางเดือนพฤษภาคม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดปกคลุมประเทศไทย นำพาความชื้นจากทะเลอันดามันเข้าสู่ภาคเหนือ ทำให้ฝนเริ่มตกชุกในช่วงนี้ โดยในระยะแรกของฤดูฝน ร่องความกดอากาศต่ำมักพาดผ่านภาคใต้ของประเทศไทยก่อน จากนั้นจึงค่อยๆ เลื่อนขึ้นไปทางเหนือ จนถึงช่วงปลายเดือนมิถุนายนที่ร่องความกดอากาศต่ำจะพาดผ่านบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงชั่วคราว ซึ่งเป็นช่วงที่เรียกว่า “ฝนทิ้งช่วง” โดยอาจเกิดขึ้นเป็นเวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ หรือในบางปีอาจเกิดฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานานขึ้น

เข้าสู่เดือนกรกฎาคม ร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาปกคลุมประเทศไทยอีกครั้ง ส่งผลให้ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นและตกชุกต่อเนื่องจนถึงเดือนกันยายน ช่วงนี้บางพื้นที่อาจได้รับอิทธิพล

จากพายุหมุนเขตร้อนที่ก่อตัวขึ้นในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักถึงหนักมาก อาจทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันและดินโคลนถล่มในพื้นที่ที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง

3) ฤดูหนาว (กลางเดือนตุลาคม - กลางเดือนกุมภาพันธ์)

หลังจากเดือนตุลาคมเมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ สภาพอากาศในภาคเหนือจะเริ่มเย็นลง โดยเฉพาะในพื้นที่สูง เช่น เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน และน่าน อุณหภูมิในช่วงเช้าและกลางคืนจะลดลงอย่างมาก บางพื้นที่อาจมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และในบริเวณยอดดอย อุณหภูมิอาจลดลงถึงจุดเยือกแข็ง ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์น้ำค้างแข็งหรือแม่คะนิงในบางพื้นที่

สภาพอากาศในฤดูหนาวของภาคเหนือโดยทั่วไปจะเย็นสบายและมีท้องฟ้าแจ่มใส เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการท่องเที่ยวภูเขาและดอยต่างๆ อย่างไรก็ตาม ในบางช่วงของฤดูหนาว อาจมีคลื่นความหนาวเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุม ส่งผลให้บางพื้นที่ของภาคเหนือเผชิญกับสภาพอากาศหนาวจัด (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

2.4.2 ลมมรสุม

1) ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูง ในซีกโลกใต้บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้ภาคเหนือมีเมฆมากและฝนชุกทั่วไป

2) ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

หลังจากหมดอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้ว ประมาณกลางเดือนตุลาคม จะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย จนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงบนซีกโลกเหนือ แถบประเทศมองโกเลียและจีน

จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็น และแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง
อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรม
อุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป.)

2.5 สถานีเรดาร์ตรวจอากาศ

สถานีอุตุนิยมวิทยาลำพูน ตำบลบ้านกลาง อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน 51000 หรือที่ละติจูด 18 องศา 34 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 99 องศา 02 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 296 เมตร

สถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงราย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57000 มีที่ทำการอยู่ในบริเวณท่าอากาศยาน เชียงราย หรือที่ละติจูด 19 องศา 58 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 99 องศา 53 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 390 เมตร

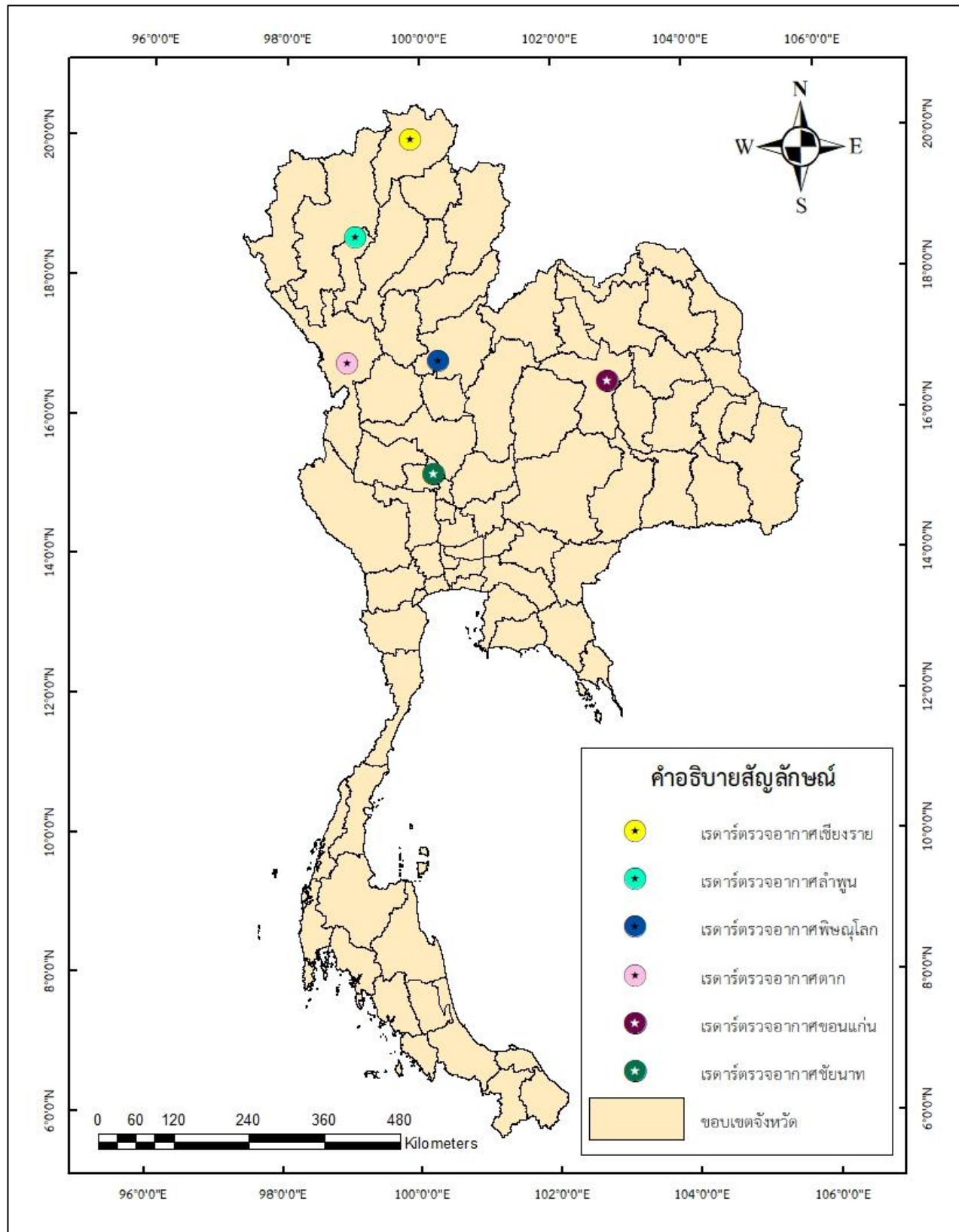
สถานีอุตุนิยมวิทยาตาก ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000 หรือที่ละติจูด 16 องศา 53 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 99 องศา 07 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 121 เมตร

สถานีอุตุนิยมวิทยาพิษณุโลก ตำบลอรัญญิก อำเภอเมือง จ.พิษณุโลก 65000 มีที่ทำการอยู่ที่ใกล้โรงพยาบาล พุทธชินราช หรือที่ละติจูด 16 องศา 47 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา 16 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 45 เมตร

สถานีอุตุนิยมวิทยาขอนแก่น มีที่ทำการอยู่ในบริเวณท่าอากาศยานขอนแก่น ตำบลบ้านเป็ด อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 หรือที่ละติจูด 16 องศา 27 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 102 องศา 78 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 187 เมตร

สถานีอุตุนิยมวิทยาชัยนาท (กลุ่มงานเกษตร) ตั้งอยู่ภายในสำนักงานเกษตรภาคกลาง ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท 17150 หรือที่ละติจูด 15 องศา 09 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 100 องศา 11 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 15 เมตร

หมายเหตุ ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจากเรดาร์ชัยนาทและขอนแก่นร่วมในการศึกษา เนื่องจากพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในขอบเขตการครอบคลุมของเรดาร์ทั้งสองดังกล่าว



ภาพที่ 2.2 แผนที่สถานีเรดาร์ตรวจอากาศในขอบเขตการศึกษา

2.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา คือ ภาคเหนือของประเทศไทย โดยได้กล่าวถึงสภาพทางภูมิศาสตร์ คือ ที่ตั้งและอาณาเขตติดต่อ ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ และขอบเขตการปกครอง รวมไปถึงที่ตั้งสถานีเรดาร์ตรวจอากาศที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้

ภาคเหนือเคยเป็นอาณาจักรล้านนา ซึ่งพญามังรายทรงสถาปนาในปี พ.ศ. 1835 โดยรวมอาณาจักรเก่าและตั้งเมืองหลวงที่เชียงใหม่ในปี พ.ศ. 1838 โดยมีพื้นที่ประมาณ 106,027 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นภาคเหนือตอนบนที่มีภูเขาและป่าไม้ และภาคเหนือตอนล่างที่มีพื้นที่ราบ ภาคเหนือมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศพม่าและลาว รวมถึงภาคกลางและภาคตะวันตกของไทย ภาคเหนือของไทยประกอบด้วย 15 จังหวัด มีภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาและหุบเขา สำคัญๆ ได้แก่ เทือกเขาแดนลาว, หลวงพระบาง, เพชรบูรณ์, ผิปันน้ำ, และถนนธงชัย ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของแม่น้ำหลายสาย เช่น แม่น้ำปิง, น่าน, วัง, และยม ภาคเหนือของไทยมี 3 ฤดูหลักคือ ฤดูร้อน ที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นและพายุฤดูร้อนเกิดเป็นระยะ, ฤดูฝน ที่มาจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และพายุดีเปรสชันจากทะเลจีนใต้, และฤดูหนาว ที่อากาศหนาวเย็นกว่าภาคอื่นๆ เนื่องจากอิทธิพลจากอากาศหนาวในไซบีเรีย ขอบเขตการปกครองในภาคเหนือของประเทศไทยผู้วิจัยแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ แบบการปกครองทั่วไปและแบบอุตุนิยมวิทยา ภาคเหนือแบ่งเป็น 17 จังหวัด โดยแบ่งเป็นภาคเหนือตอนบน 9 จังหวัดและภาคเหนือตอนล่าง 8 จังหวัด ในขณะที่การแบ่งภาคตามอุตุนิยมวิทยามี 15 จังหวัด แบ่งเป็นภาคเหนือตอนบน 8 จังหวัด และภาคเหนือตอนล่าง 7 จังหวัด สถานีอุตุนิยมวิทยาของภาคเหนือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ สถานีที่ลำพูน (สูง 296 เมตร), เชียงราย (สูง 390 เมตร), ตาก (สูง 121 เมตร), พิชณุโลก (สูง 45 เมตร), ขอนแก่น (สูง 187 เมตร) และชัยนาท (สูง 15 เมตร) ซึ่งตั้งอยู่ตามตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดที่ระบุ พร้อมกับการตั้งที่ทำการในพื้นที่ที่สำคัญเช่น ท่าอากาศยานและใกล้โรงพยาบาล

บทที่ 3

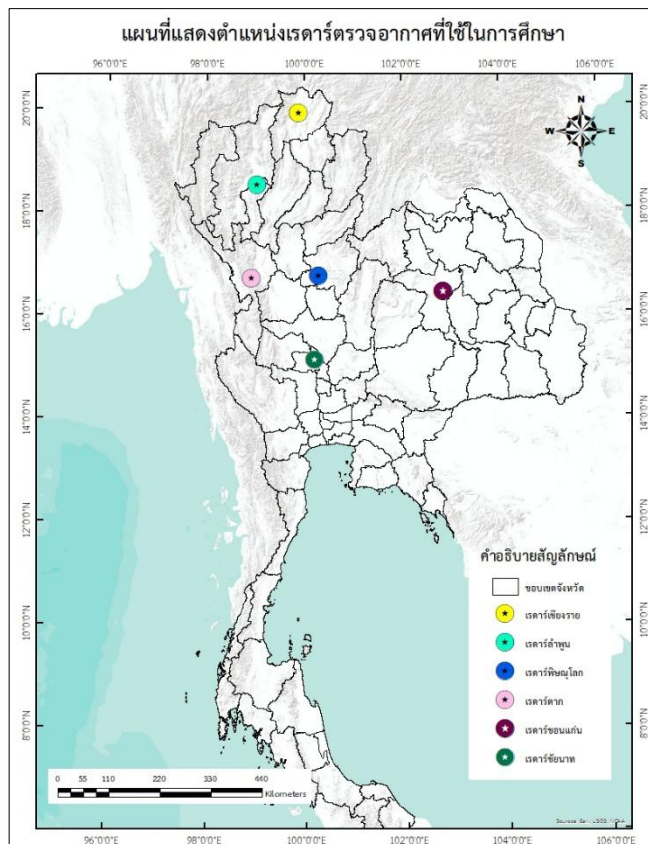
วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในส่วนของบทนี้กล่าวถึงการวิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ภาคเหนือ วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Visibility Analysis เพื่อให้ได้พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ และพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ภาคเหนือ

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ

ข้อมูลเรดาร์ที่จำเป็นต่อการใช้ในการวิเคราะห์ของการศึกษานี้ ประกอบไปด้วย ข้อมูลตำแหน่งของสถานีเรดาร์ตรวจอากาศ, ข้อมูลรัศมีของเรดาร์, ข้อมูลความสูง ณ จุดวัด และข้อมูลมุมตรวจวัดของเรดาร์ตรวจอากาศ



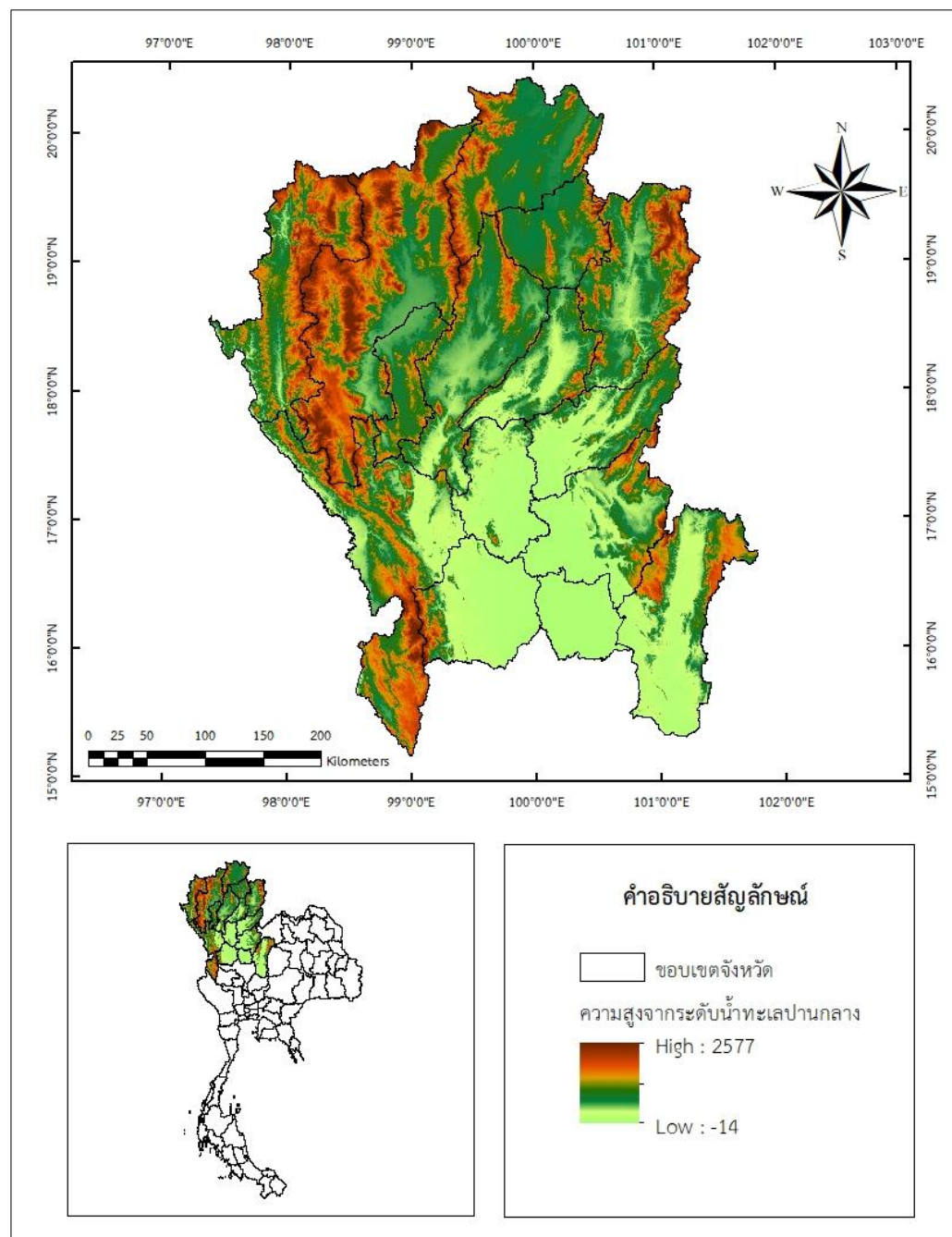
ภาพที่ 3.1 แผนที่แสดงตำแหน่งเรดาร์ตรวจอากาศ

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

สถานีเรดาร์ ตรวจอากาศ	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Height antenna (m)	Radius (km)	มุมตรวจวัด
ลำพูน	504086.76585600874	2052874.2526933185	328	240	1.59°
เชียงใหม่	592252.2191858995	2207450.9369372455	444	240	0.99°
พิษณุโลก	634991.7505935067	1856017.4575651058	72	240	0.50°
ตาก	491846.549995382	1852087.6464162448	943	240	0.50°
ขอนแก่น	904356.6422707129	1823854.6102783415	217	240	0.50°
ชัยนาท	627986.0760210691	1676124.9798300113	40	240	0.51°

2) ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM)

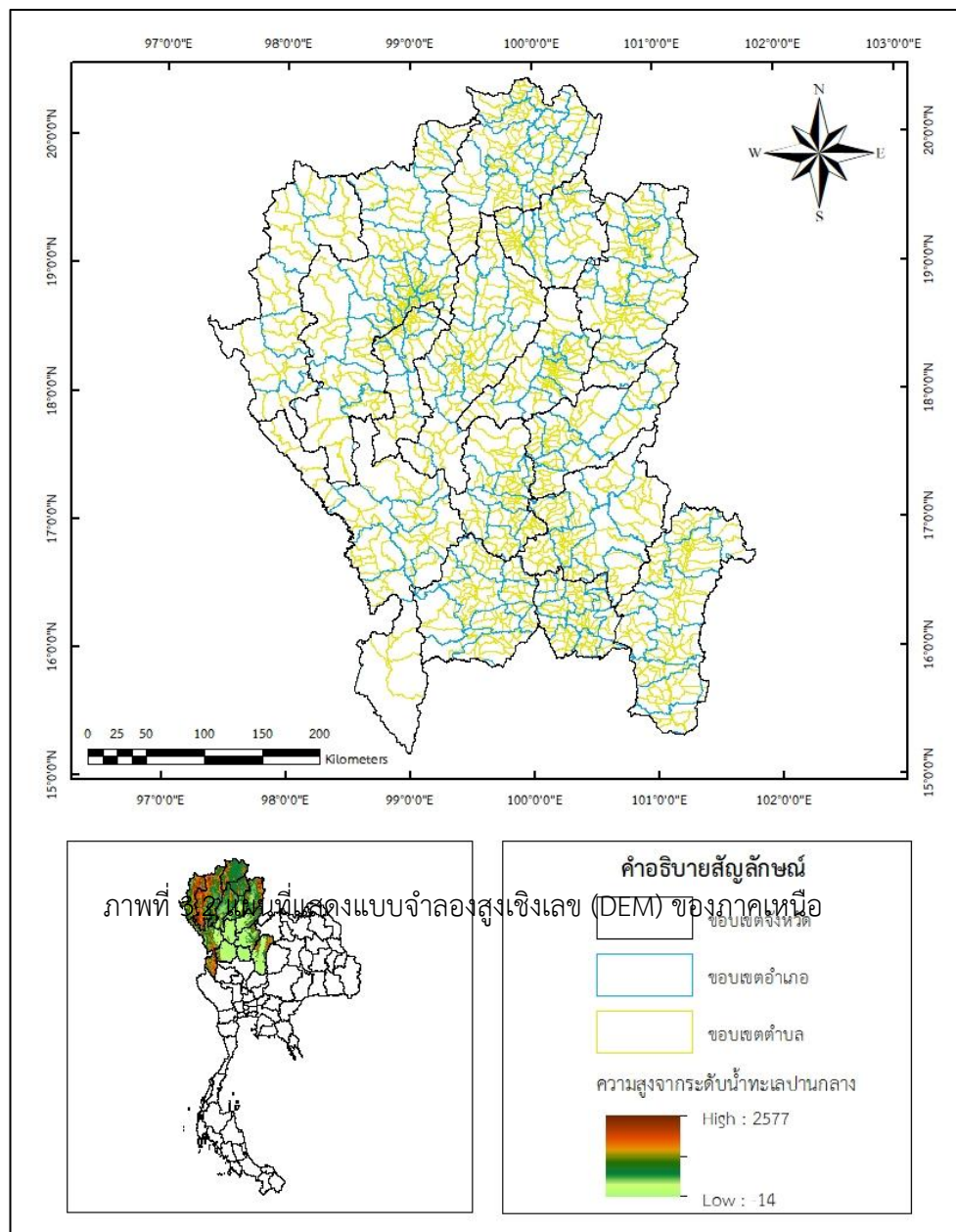
ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข เป็นข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ โดยไฟล์ข้อมูล DEM ผู้วิจัยใช้รูปแบบ GeoTIFF (.tif) ซึ่งนำไปวิเคราะห์ใน ArcGIS ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์สำหรับ



วิเคราะห์ DEM และสร้างแผนที่

3) ข้อมูลขอบเขตตำบล ขอบเขตอำเภอ และขอบเขตจังหวัด

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาพื้นที่ในระดับตำบลของภาคเหนือ โดยมีเป้าหมายในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ของแต่ละตำบล ผ่านการแสดงผลแผนที่เพื่อให้เห็นขอบเขตและลักษณะเฉพาะของพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์นี้ช่วยระบุว่าตำบลใดได้รับผลกระทบจากลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็น



ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์เรดาร์ตรวจอากาศ ข้อมูลขอบเขตตำบล อำเภอ และจังหวัด เป็นรูปแบบ Shapefile (.shp)

3.2 เครื่องมือที่ใช้

3.2.1 โปรแกรมวิเคราะห์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือและโปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์หาผล การศึกษาตามวัตถุประสงค์ 2 ข้อ โดยการประยุกต์ใช้เครื่องมือต่างๆ ในโปรแกรมด้านระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งใช้เครื่องมือ Visibility Analysis ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เป็นตัวบ่ง สัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ และการใช้เครื่องมือ Field Calculator ในการช่วยวิเคราะห์ร้อยละ ของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล เพื่อช่วยในการประเมินการใช้เรดาร์ตรวจอากาศให้เหมาะสมกับ พื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

3.2.2 Google Earth Engine

Google Earth Engine (GEE) เป็นแพลตฟอร์มคลาวด์ที่ใช้ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล เชิงพื้นที่ในระดับโลก มีคลังข้อมูลดาวเทียมขนาดใหญ่ และสามารถเข้าถึงฟรีได้หลากหลาย ดาวเทียม และสามารถนำข้อมูลไปใช้ในซอฟต์แวร์ GIS ได้ ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการดาวนโหลด DEM จาก Google Earth Engine ที่เป็นข้อมูลจาก SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM ของ NASA เปิดให้บริการฟรีตั้งแต่ปี 2003 ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 80% ของพื้นที่โลก ขนาด 1 pixel เท่ากับ 30 ตารางเมตร กำหนดโค้ด JavaScript เพื่อให้ได้ข้อมูล DEM จาก SRTM และสามารถกำหนดขนาดและพื้นที่ที่ต้องการได้ โดยผู้วิจัยได้เลือกดาวนโหลดพื้นที่ที่ครอบคลุมขอบเขต พื้นที่ศึกษา และไฟล์ข้อมูล DEM เป็นรูปแบบ GeoTIFF

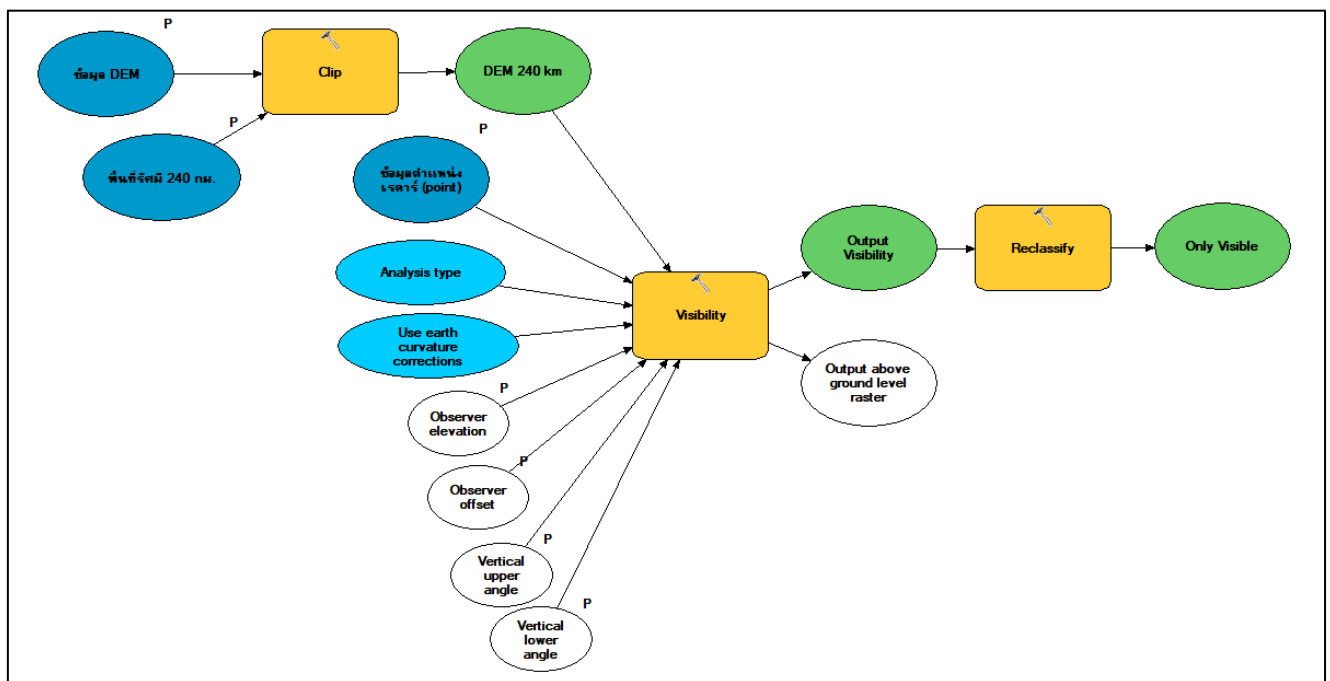
ภาพที่ 3.3 แผนที่แสดงขอบเขตตำบล อำเภอ จังหวัด ในภาคเหนือ

3.3 วิธีการวิเคราะห์

การศึกษานี้ได้แบ่งวิธีการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ และการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบลเพื่อนำไปใช้ในการประเมินเรดาร์ที่เหมาะสมต่อพื้นที่ในระดับตำบลของภาคเหนือ

3.3.1 การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบพื้นที่ที่ถูกบดบัง

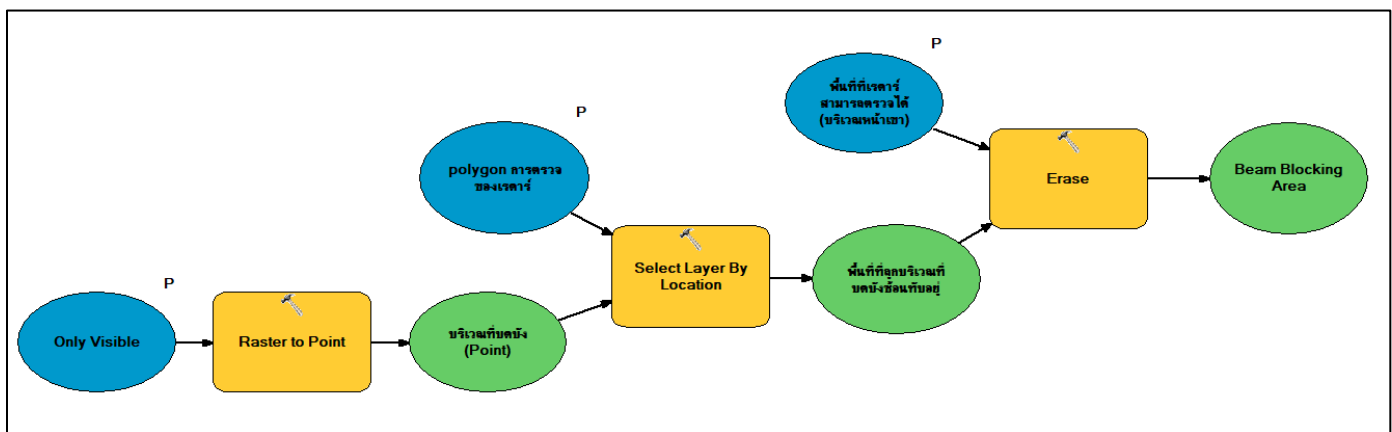
การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบพื้นที่ที่ถูกบดบัง เริ่มจากการทราบว่าพื้นที่บริเวณไหนที่เป็นพื้นที่ที่เป็นตัวบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ เช่น บริเวณพื้นที่สูง หรือภูเขา โดยเครื่องมือ Visibility Analysis ในโปรแกรม ArcGIS สามารถทำให้ทราบพื้นที่บริเวณที่เป็นตัวบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศได้ โดยเป็นเครื่องมือที่วิเคราะห์การมองเห็น จากการกำหนดข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของตำแหน่งจุดสังเกตการณ์, ข้อมูลความสูงหอคอยสังเกตการณ์, ข้อมูลรัศมี, ข้อมูลมุมทิศ และข้อมูลมุมในแนวตั้งหรือมุมเงยของจุดสังเกตการณ์ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีพื้นที่การศึกษาขนาดใหญ่ จึงทำให้มีความคลาดเคลื่อนจากความโค้งของโลก และเครื่องมือ Visibility Analysis สามารถนำความโค้งของโลกเข้ามาคำนึงด้วย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและ



แม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยจึงนำเครื่องมือดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ เพื่อจำลองการมองเห็นของเรดาร์ตรวจอากาศสถานีต่างๆ

จากภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่บดบัง ผู้วิจัยได้เริ่มจากการตัดข้อมูล DEM ให้อยู่ในรัศมี 240 กิโลเมตร ตามรัศมีเรดาร์ตรวจอากาศ หลังจากนั้นใช้เครื่องมือ Visibility Analysis โดยนำข้อมูล DEM รัศมี 240 กิโลเมตรไปวิเคราะห์ในส่วนของความสูงของลักษณะภูมิประเทศ และได้กำหนดข้อมูลเรดาร์เพื่อให้เครื่องมือ Visibility Analysis ได้วิเคราะห์ผลลัพธ์ออกมา ตามเงื่อนไขการตรวจของเรดาร์ตรวจอากาศที่กำหนด ซึ่งผลลัพธ์จะได้เป็น “0” หมายถึงจากการวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือ Visibility Analysis พบว่าไม่สามารถมองเห็นตามเงื่อนไขที่กำหนด และ “1” หมายถึง จากการวิเคราะห์ผ่านเครื่องมือ Visibility Analysis พบว่าสามารถมองเห็นตามเงื่อนไขที่กำหนด เนื่องจากสิ่งที่สนใจสนใจแค่ผลลัพธ์ “1” นั้นหมายความว่า เป็นบริเวณพื้นที่ที่เป็นตัวบดบังสัญญาณ จึงใช้เครื่องมือ Reclassify เพื่อกำหนดให้ค่า “0” มีค่าเท่ากับ “NoData” จึงจะได้แค่บริเวณพื้นที่ที่เป็นตัวบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศพื้นที่บดบัง

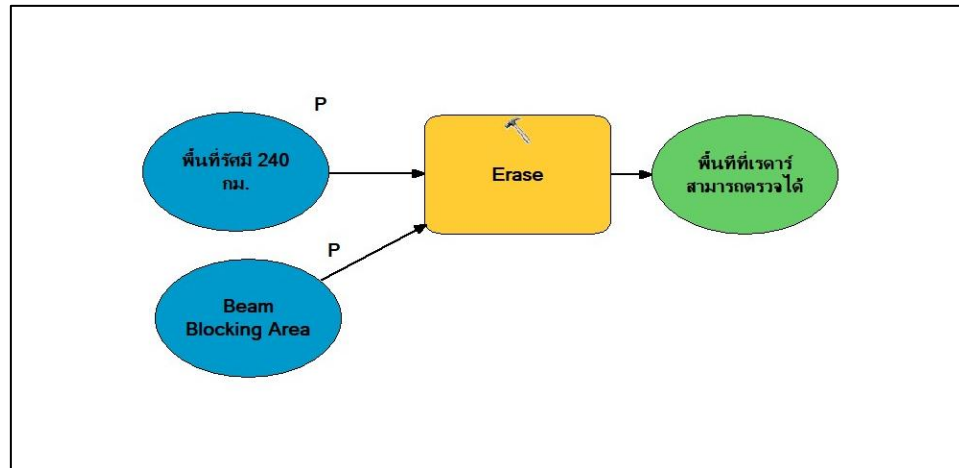
เมื่อทราบบริเวณพื้นที่ที่เป็นตัวบดบังแล้ว จึงนำไปทำการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ถูกบดบังหรือพื้นที่ที่เรดาร์ไม่สามารถตรวจวัดฝนได้ ดังนี้



ภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ถูกบดบัง

จากภาพที่ 3.5 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ถูกบดบัง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลพื้นที่บริเวณที่เป็นตัวบดบัง ใช้เครื่องมือ Raster to Point เพื่อแปลงข้อมูลจาก Raster เป็น Vector

หลังจากนั้น ให้เครื่องมือ Select Layer By Location เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ถูกบริเวณที่เป็นตัวบดบังซ้อนทับอยู่ หลังจากนั้น นำข้อมูลพื้นที่ที่ถูกบริเวณที่เป็นตัวบดบังซ้อนทับอยู่ ทำการลบพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ (บริเวณหน้าเขา) โดยใช้เครื่องมือ Erase เพื่อให้ได้พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศโดยลักษณะภูมิประเทศ



ภาพที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้

เพื่อให้ได้พื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ จากภาพที่ 3.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อให้ได้พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ จึงนำข้อมูลพื้นที่รัศมีเรดาร์ตรวจอากาศ 240 กิโลเมตร (พื้นที่วงกลมเต็มวง) ใช้เครื่องมือ Erase เพื่อลบพื้นที่ที่ถูกบดบังออก ซึ่งจะได้เฉพาะแค่พื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ของเรดาร์ตรวจอากาศนั้น แล้วสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ต่อในวัตถุประสงค์ที่ 2

3.3.2 การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล

ประกอบด้วย ร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล พื้นที่ที่ตำบล ร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบล และวิธีการประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

3.3.2.1 การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล

สูตรการวิเคราะห์หาร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล คือ

$$\text{ร้อยละของพื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์} = \frac{\text{ขนาดของพื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์}}{\text{ขนาดของพื้นที่ตำบล}} \times 100$$

- พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศของตำบลนั้น สามารถหาได้จาก การใช้เครื่องมือ Clip โดยกำหนดให้ Input Features เป็นข้อมูลตำบลที่อยู่ในรัศมีเรดาร์ตรวจอากาศนั้น และ Clip Features เป็นข้อมูลพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ ซึ่งผลลัพธ์จะได้ ข้อมูลพื้นที่ที่ถูกบดบังในพื้นที่ตำบล หลังจากนั้นทำการคำนวณพื้นที่โดยใช้ Calculate Geometry โดยกำหนดให้คำนวณพื้นที่ และเลือกหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร
- พื้นที่ตำบลสามารถคำนวณโดยใช้ Calculate Geometry โดยกำหนดให้คำนวณพื้นที่ และเลือกหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ทำการ Join ตารางของข้อมูลพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศกับข้อมูลตำบล ซึ่งข้อมูล ตำบลเดียวกันจะถูก Join เข้ากับตำบลเดียวกัน แต่หากตำบลนั้นไม่มีพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณ เรดาร์ซ้อนทับอยู่ ค่าในตารางจะปรากฏ “null” หรือไม่มีค่า และเพื่อให้ได้ร้อยละของพื้นที่จึงใช้ เครื่องมือ Field Calculator โดยกำหนดการคำนวณให้ตามสูตรข้างต้น แล้วจึงจะได้ผลลัพธ์ร้อยละ ของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล

3.3.2.2 การวิเคราะห์เพื่อให้ทราบร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อ พื้นที่ตำบล

สูตรการวิเคราะห์หาร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบล คือ

$$\text{ร้อยละของพื้นที่ตำบลที่เรดาร์สามารถตรวจได้} = \frac{\text{ขนาดของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจสามารถตรวจได้}}{\text{ขนาดของพื้นที่ตำบล}} \times 100$$

- พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ของตำบลนั้น สามารถหาได้จาก การใช้เครื่องมือ Clip โดยกำหนดให้ Input Features เป็นข้อมูลตำบลที่อยู่ในรัศมีเรดาร์ตรวจอากาศนั้น และ Clip Features เป็นข้อมูลพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ ซึ่งผลลัพธ์จะได้ ข้อมูลพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ในพื้นที่ตำบล หลังจากนั้นทำการคำนวณพื้นที่โดยใช้ Calculate Geometry โดยกำหนดให้คำนวณพื้นที่ และเลือกหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร
- พื้นที่ตำบลสามารถคำนวณโดยใช้ Calculate Geometry โดยกำหนดให้คำนวณพื้นที่ และเลือกหน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

ทำการ Join ตารางของข้อมูลพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้กับข้อมูลตำบล ซึ่งข้อมูลตำบลเดียวกันจะถูก Join เข้ากับตำบลเดียวกัน แต่หากตำบลนั้นไม่มีพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ซ้อนทับอยู่ ค่าในตารางจะปรากฏ “null” หรือไม่มีค่า เพื่อให้ได้ร้อยละของพื้นที่จึงใช้เครื่องมือ Field Calculator โดยกำหนดการคำนวณให้ตามสูตรข้างต้น แล้วจึงจะได้ผลลัพธ์ร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบล และใช้เครื่องมือ Reclassify เพื่อกำหนดช่วงและสีของข้อมูลตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ เพื่อใช้พิจารณาในการประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

3.3.2.3 วิธีการประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

วิธีการประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ นอกจากจะใช้ร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบล และร้อยละของพื้นที่ที่ถูกบังคับสัญญาณเรดาร์ต่อพื้นที่ตำบลแล้ว ยังต้องสร้างเงื่อนไขในการเลือกเรดาร์ตรวจอากาศที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการประเมินเรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ ประกอบไปด้วย 4 ข้อ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่

ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่	คำอธิบาย
ดีมาก	พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ตั้งแต่ 90.01 % ขึ้นไป ของพื้นที่ตำบล
ดี	พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ 70.01 - 90.00 % ของพื้นที่ตำบล
ปานกลาง	เรดาร์ตรวจอากาศที่สามารถตรวจได้ 50.01 - 70.00 % ของพื้นที่
น้อย	เรดาร์ตรวจอากาศที่สามารถตรวจได้ 0.00 - 50.00 % ของพื้นที่

จากเกณฑ์ของระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ เป็นการคำนึงถึงร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้เป็นหลัก หากตำบลนั้นมีเรดาร์ตรวจอากาศที่สามารถตรวจได้ในประสิทธิภาพระดับดีมาก มากกว่า 1 แห่ง จะใช้เกณฑ์การอยู่ใกล้สถานีตรวจ เข้ามาคำนึงร่วมด้วย

หากใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ระดับดีมากแล้ว ยังคงเหลือพื้นที่ตำบลที่ยังไม่ได้เลือกเรดาร์ที่เหมาะสมต่อพื้นที่ตำบลนั้น จะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ระดับดี มาคำนึงเป็นอันดับที่สอง และหากยังคงเหลือพื้นที่ตำบลที่ยังไม่ได้เลือกเรดาร์ที่เหมาะสมต่อพื้นที่ตำบลนั้น จะใช้เกณฑ์ในระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ต่ำกว่าลงมา

3.4 สรุป

วิธีการดำเนินการวิจัยของงานวิจัยนี้ มีการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ข้อมูลเรดาร์ตรวจอากาศ, ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) และข้อมูลขอบเขตพื้นที่ในระดับตำบล อำเภอจังหวัดในภาคเหนือ วิเคราะห์ผ่านโปรแกรม ArcGIS โดยใช้เครื่องมือ Visibility Analysis เพื่อให้ได้ บริเวณพื้นที่ที่เป็นตัวบ่งชี้สัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ หลังจากนั้นวิเคราะห์พื้นที่ที่ถูกบดบัง และพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ของเรดาร์แต่ละสถานี มีการใช้เครื่องมือ Field Calculator เพื่อวิเคราะห์ร้อยละ ของพื้นที่ที่ถูกบดบังต่อพื้นที่ตำบล และร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบล และมีการใช้ เครื่องมือ Reclassify ในการกำหนดช่วงและสีของข้อมูลตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ เพื่อใช้ พิจารณาในการประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ ซึ่งเมื่อดำเนินการ วิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลการศึกษาแล้ว จะนำไปสู่บทต่อไป ในการอธิบายถึงผลการศึกษาของงานวิจัย

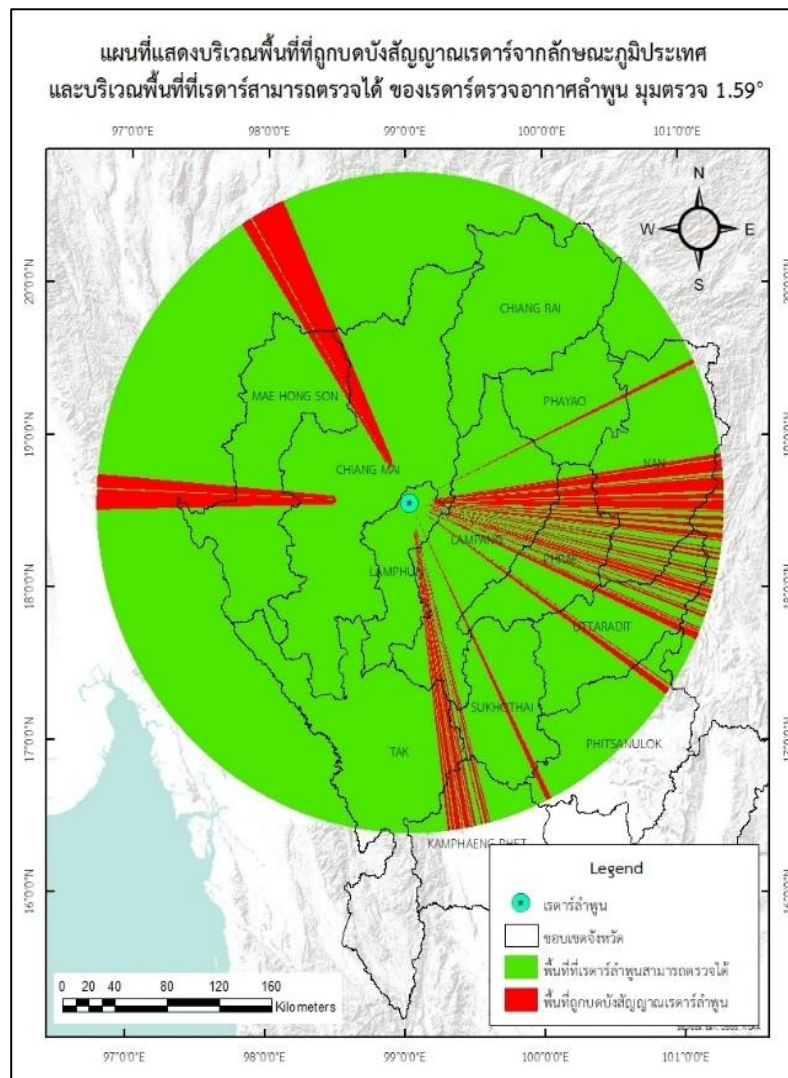
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 วิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศ

การศึกษานี้วิเคราะห์การบดบังสัญญาณของเรดาร์แต่ละสถานี จากนั้นนำข้อมูลจากแต่ละสถานี มาซ้อนทับกัน เพื่อระบุพื้นที่ที่ถูกบดบัง ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีเรดาร์ตัวใดสามารถตรวจได้ รวมถึงพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศยังสามารถตรวจได้

4.1.1 พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณจากการตรวจอากาศเรดาร์ลำพูน

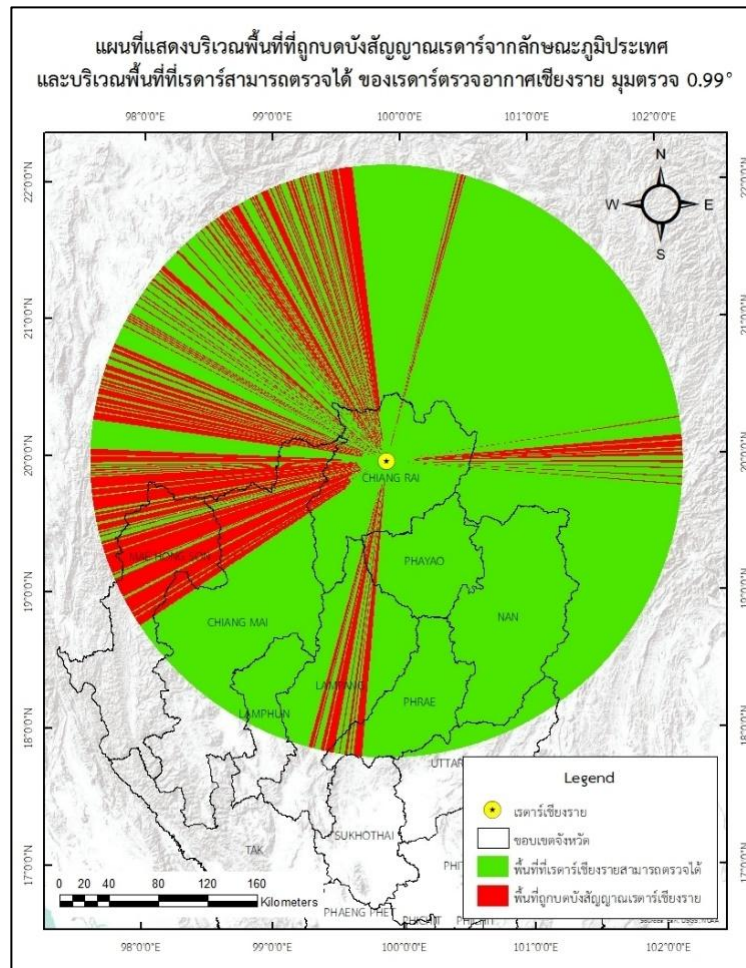


ภาพที่ 4.1 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ลำพูน

เมื่อพิจารณาหมวกของเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน ที่มุม 1.59 องศา (ภาพที่ 4.1) พบว่ามีหลายพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบดบังของภูเขา โดยเฉพาะบริเวณที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง เริ่มจากทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเรดาร์ลำพูน พื้นที่บริเวณนี้ถูกบดบังบางส่วนอยู่ในบริเวณอำเภอแม่ริม อำเภอแม่แตง อำเภอเวียงแหง เนื่องจากแนวเทือกเขาตอยสุเทพ-ปุย ซึ่งเป็นแนวเขาสูง มีจุดสูงสุดอยู่ที่ 1,676 เมตรจากระดับน้ำทะเล ทำให้พื้นที่ด้านหลังของแนวเขาถูกบดบัง ส่วนทางด้านทิศตะวันตกของเรดาร์ลำพูนพบว่าพื้นที่ในอำเภอจอมทองและอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ถูกบดบังบางส่วนโดยดอยอินทนนท์ ซึ่งเป็นภูเขาที่สูงที่สุดในประเทศไทย ทำให้สัญญาณเรดาร์ไม่สามารถทะลุผ่านไปยังพื้นที่ด้านหลังได้นอกจากนี้ ในเขตจังหวัดแม่ฮ่องสอน เช่น อำเภอขุนยวม และอำเภอแม่ลาน้อย พื้นที่เหล่านี้ตั้งอยู่ในแนวเทือกเขาถนนธงชัย ซึ่งพาดยาวจากเหนือไปใต้ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่งผลให้การตรวจจับสภาพอากาศในพื้นที่เหล่านี้ถูกจำกัด

นอกจากนี้พื้นที่ทางทิศตะวันออกของเรดาร์ลำพูน การบดบังบางส่วนของสัญญาณเรดาร์เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อจังหวัดลำปาง โดยเฉพาะในอำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน รวมถึงทางตอนเหนือของอำเภอเมืองลำปาง อำเภอแม่เมาะ อำเภอเมืองปาน อำเภอแจ้ห่ม และอำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ได้รับผลกระทบจากแนวเขาขุนตาลที่ขวางกั้น ทำให้เรดาร์ไม่สามารถตรวจจับกลุ่มฝนที่อยู่ด้านหลังภูเขาได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ ผลกระทบจากแนวเขาขุนตาลยังขยายไปยังพื้นที่บางส่วนของจังหวัดแพร่ทางตอนเหนือและจังหวัดน่านทางตอนใต้ ทำให้ข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ดังกล่าวอาจมีข้อจำกัดในการตรวจวัด

4.1.2 พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณจากการตรวจอากาศเรดาร์เชียงใหม่



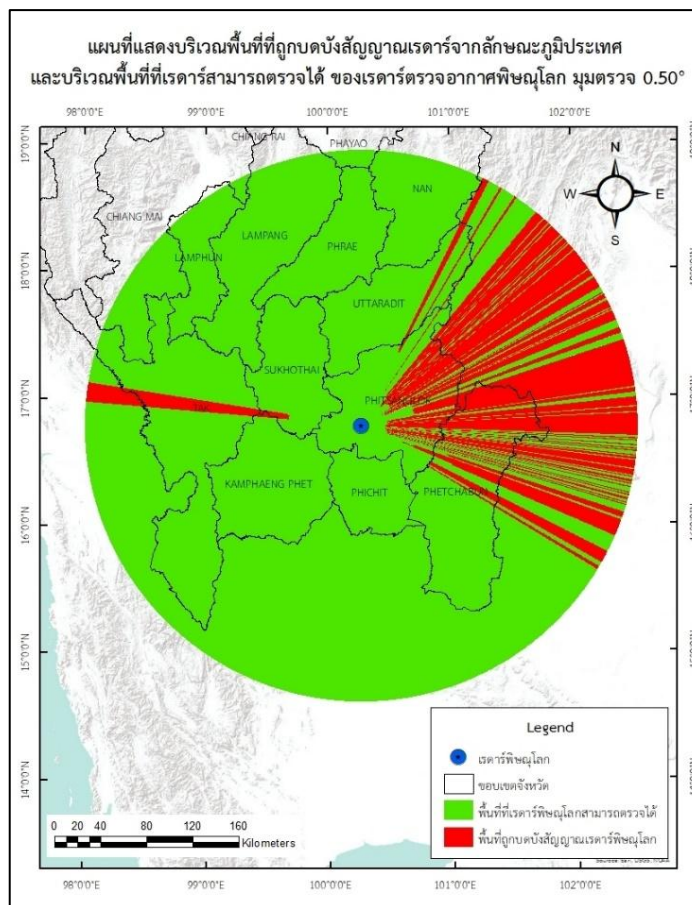
ภาพที่ 4.2 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์เชียงใหม่

เมื่อพิจารณาหมวกของเรดาร์ตรวจอากาศเชียงใหม่ ที่มุม 0.99 องศา (ภาพที่ 4.2) พบว่ามีหลายพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการบดบังของภูเขา ทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือ แนวเทือกเขานนทขัย และดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงถึง 2,275 เมตรจากระดับน้ำทะเล เป็นอุปสรรคสำคัญที่บดบังสัญญาณเรดาร์พื้นที่ในอำเภอฝาง เชียงดาว และแม่แตง และจังหวัดแม่ฮ่องสอน ในพื้นที่อำเภอปาย อำเภอปางมะผ้า และอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน

ส่วนทางทิศเหนือ อำเภอแม่สาย อำเภอแม่ฟ้าหลวง และอำเภอแม่จัน ในจังหวัดเชียงรายบางส่วน รวมถึงพื้นที่บางส่วนของประเทศเมียนมา ก็ได้รับผลกระทบจากแนวเขาสูงฝิปันน้ำ และแนวเขาดอยนางนอนที่ทอดตัวยาวในอำเภอแม่สาย ภูเขาภูนี้มี้ระดับความสูงประมาณ 1,500 เมตร ส่งผลให้เรดาร์ตรวจอากาศเชียงใหม่ไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ด้านหลังแนวเขาได้เต็มที่

สำหรับพื้นที่ทางทิศใต้ เขตรอยต่อระหว่างเชียงราย-ลำปาง-พะเยา ถูกบดบังจากแนวเทือกเขาผีปันน้ำ ซึ่งเป็นแนวภูเขาที่แบ่งเขตระหว่างจังหวัดลำปาง เชียงราย และ พะเยา ความสูงของภูเขาทำให้เรดาร์ไม่สามารถตรวจจับสภาพอากาศในพื้นที่ด้านหลังได้

4.1.3 พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณจากการตรวจอากาศเรดาร์พิษณุโลก

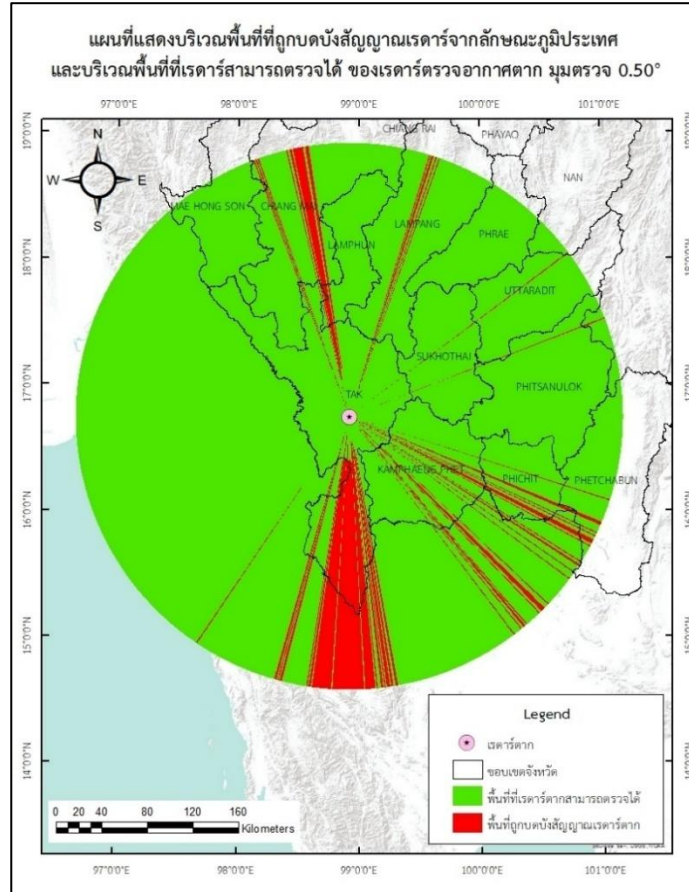


ภาพที่ 4.3 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์พิษณุโลก

เมื่อพิจารณามุมยกของเรดาร์ตรวจอากาศพิษณุโลก ที่มุม 0.50 องศา พบว่าทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกของเรดาร์ ได้แก่ อำเภอนครไทย อำเภอวังทอง และอำเภอนนทบุรี ส่วนทางทิศตะวันตกของเรดาร์ พบว่าพื้นที่บางส่วนของอำเภอบ้านด่านลานหอย ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดสุโขทัย

พื้นที่ดังกล่าวถูกบดบังโดยเทือกเขาหลวงพระบางและเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นแนวเขาสูงทอดตัวยาว ส่งผลให้บางอำเภอ ไม่สามารถรับสัญญาณเรดาร์ได้อย่างเต็มที่ ข้อมูลที่ได้จากเรดาร์ในพื้นที่เหล่านี้จึงอาจมีความคลาดเคลื่อน หรือไม่สามารรถตรวจจับปริมาณฝนได้เลยในบางกรณี

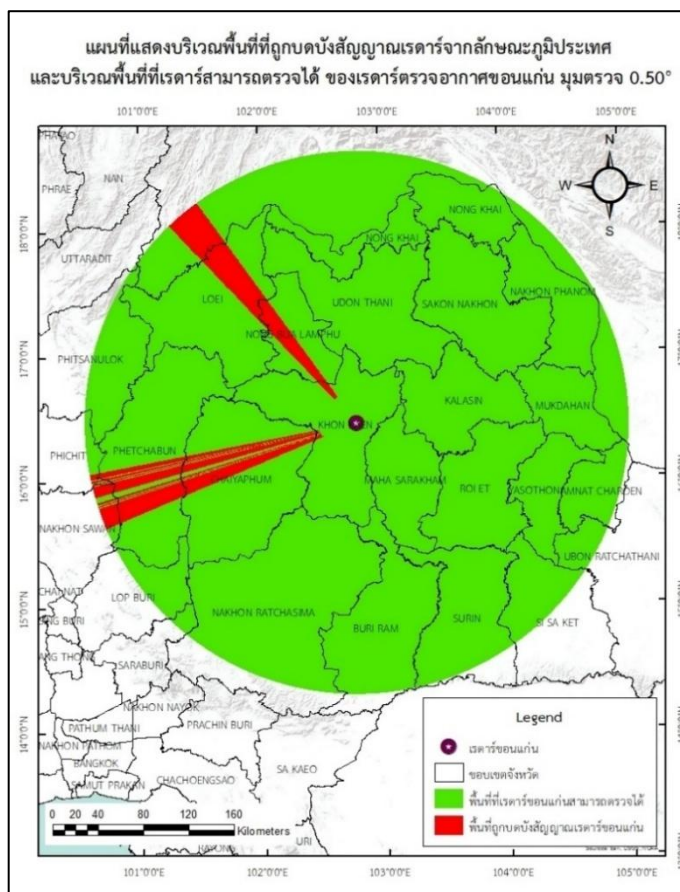
4.1.4 พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณจากการตรวจอากาศเรดาร์ตาก



ภาพที่ 4.4 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตาก

เมื่อพิจารณามุมยกของเรดาร์ตรวจอากาศตาก ที่มุม 0.50 องศา พบว่าในทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้พื้นที่ในอำเภอสามเงา จังหวัดตาก, อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง และบางพื้นที่ของจังหวัดกำแพงเพชรได้รับผลกระทบจากการบดบังของเทือกเขาถนนธงชัยตอนล่าง ซึ่งทอดยาวผ่านหลายจังหวัดในภาคเหนือและภาคกลาง ส่วนทิศใต้ของเรดาร์ตาก พื้นที่ในอำเภอแม่สอด อำเภอพบพระ และอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก ได้รับผลกระทบจากการบดบังของเทือกเขาถนนธงชัยและเทือกเขาตะนาวศรี ซึ่งทอดตัวยาวตามแนวชายแดนไทย-เมียนมา ทำให้เรดาร์ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณฝนในพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การพยากรณ์ฝนในพื้นที่เหล่านี้อาจมีข้อคลาดเคลื่อนหรือขาดข้อมูลสำคัญ

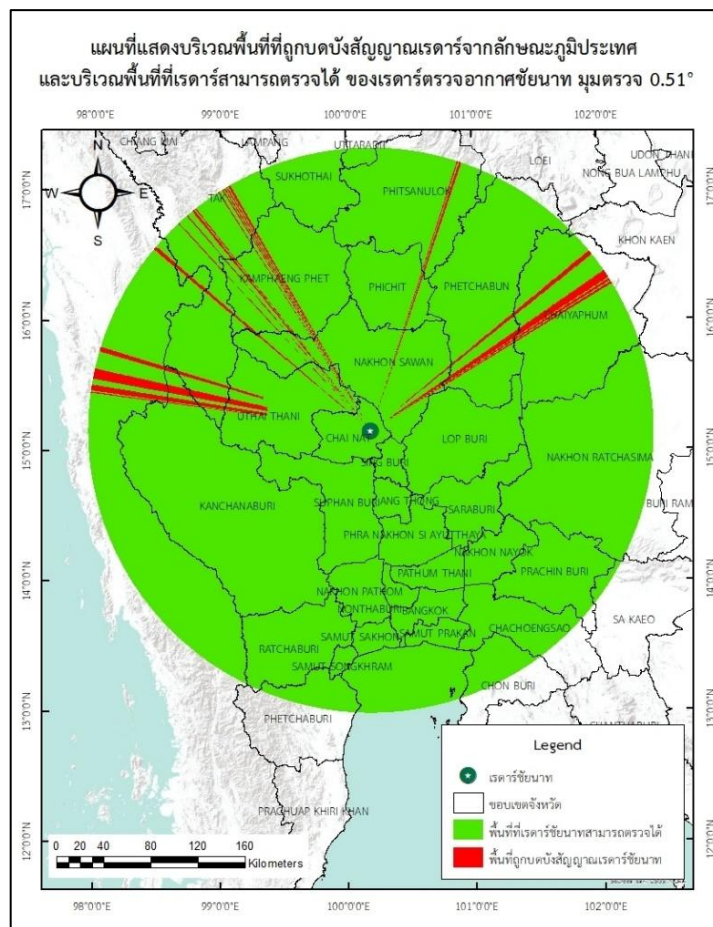
4.1.5 พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณจากการตรวจอากาศเรดาร์ขอนแก่น



ภาพที่ 4.5 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ขอนแก่น

เมื่อพิจารณามุมยกเรดาร์ตรวจอากาศขอนแก่น ที่มุม 0.5 องศา (ภาพที่ 4.5) พบว่าทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเรดาร์พบการบดบังสัญญาณบางส่วน ส่งผลให้บางพื้นที่ของจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ อำเภอชนแดน และอำเภอหนองไผ่ อาจได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีภูมิประเทศแนวเทือกเขาภูพานและเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการส่งและรับคลื่นเรดาร์

4.1.6 พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณจากการตรวจอากาศเรดาร์ชัยนาท



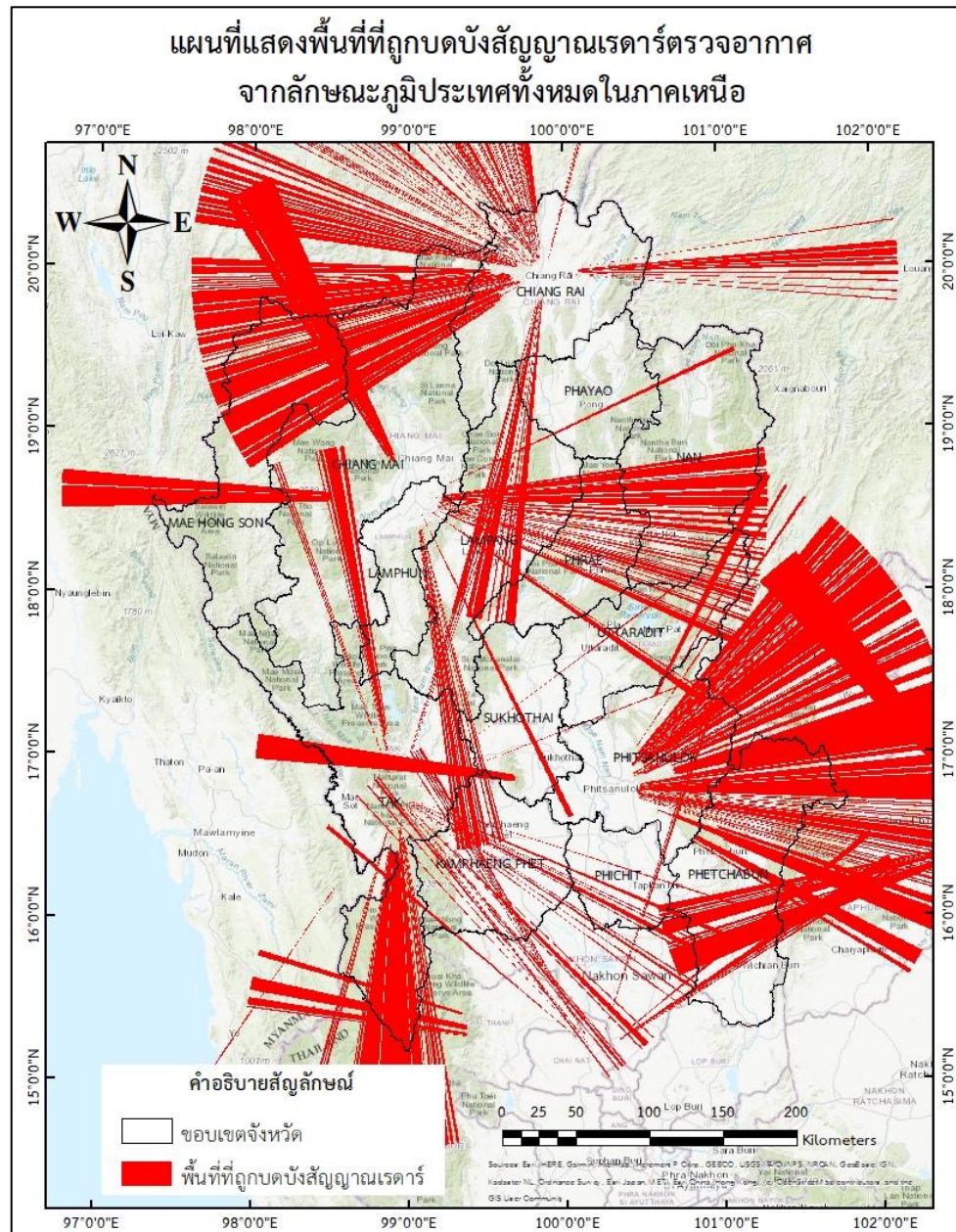
ภาพที่ 4.6 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ชัยนาท

ในขณะที่เรดาร์ตรวจอากาศชัยนาท ซึ่งมีมุมตรวจจับที่ 0.51 องศา (ภาพที่ 4.6) พบว่าจังหวัด พิจิตร โดยเฉพาะอำเภอวังทรายพูนและอำเภอทับคล้อ และจังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอชนแดนและอำเภอ วิเชียรบุรียังได้รับผลกระทบจากเทือกเขาเพชรบูรณ์ที่ทอดตัวยาวเป็นแนวเหนือ-ใต้ นอกจากนี้การบดบัง สัญญาณยังพบพื้นที่บางส่วนของจังหวัดตากทางทิศตะวันตก และบางพื้นที่ทางตอนเหนือของจังหวัด กำแพงเพชรซึ่งได้รับผลกระทบจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาและที่ราบสูง ส่งผลให้สัญญาณเรดาร์ไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างเต็มที่

ทั้งนี้คลื่นเรดาร์แต่ละสถานีนั้นบางพื้นที่สามารถลอดผ่านช่องว่างระหว่างแนวเขาได้ ซึ่งเป็นผลมาจากความโค้งของโลกและลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้บางพื้นที่ที่อยู่ด้านหลังภูเขา

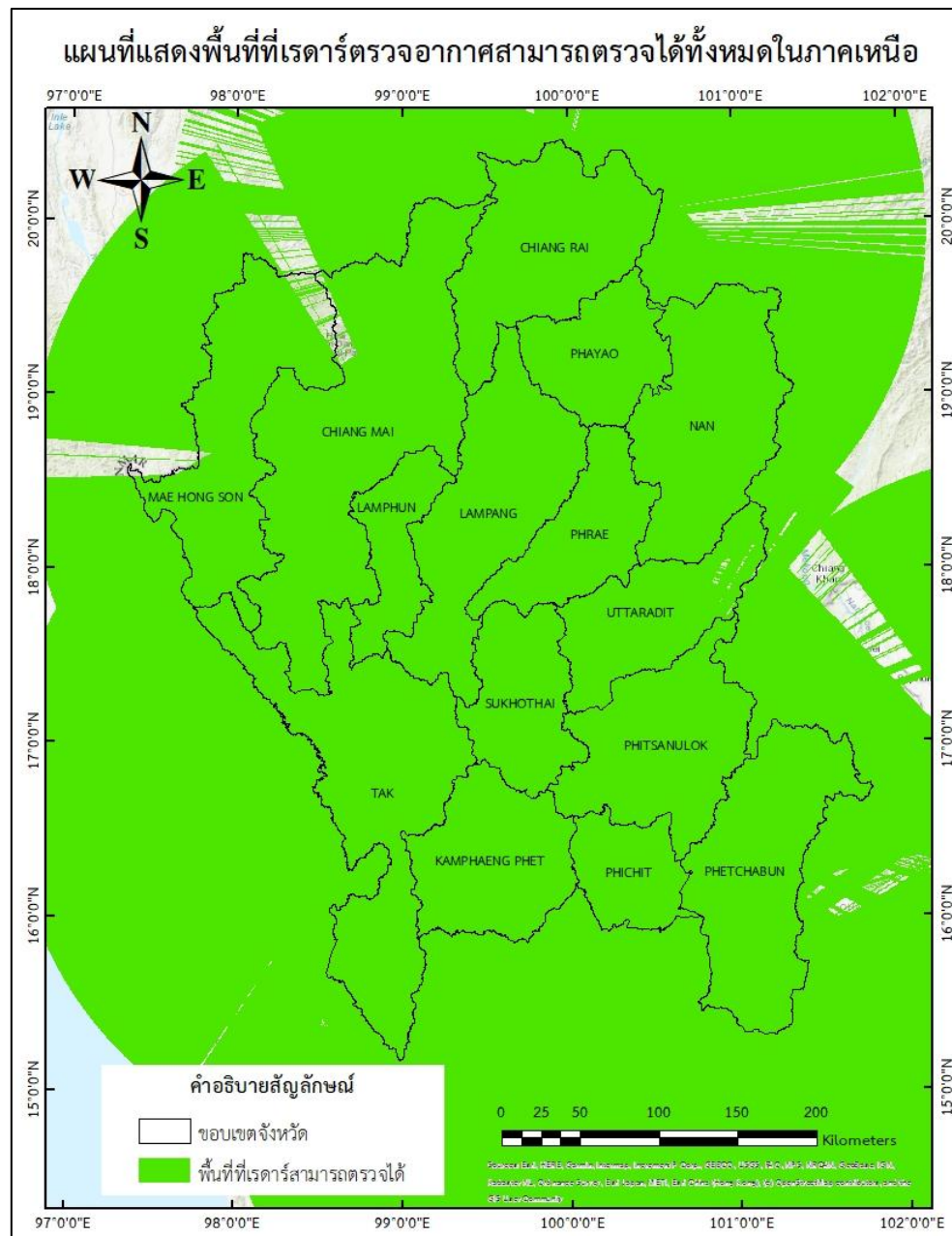
ยังสามารถรับสัญญาณเรดาร์ได้บางส่วน แม้ว่าภูมิประเทศจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการตรวจจับสภาพอากาศของเรดาร์ตรวจอากาศ แต่ก็ยังมีบางพื้นที่ที่สามารถรับสัญญาณได้ขึ้นอยู่กับลักษณะของภูเขา ความสูงของสถานที่ และคุณสมบัติของคลื่นเรดาร์เอง

4.1.7 ผลวิเคราะห์การบดบังจากเครื่องมือ Visibility Analysis ของเรดาร์ทั้งหมด



ภาพที่ 4.7 แผนที่แสดงพื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากลักษณะภูมิประเทศทั้งหมดในภาคเหนือ

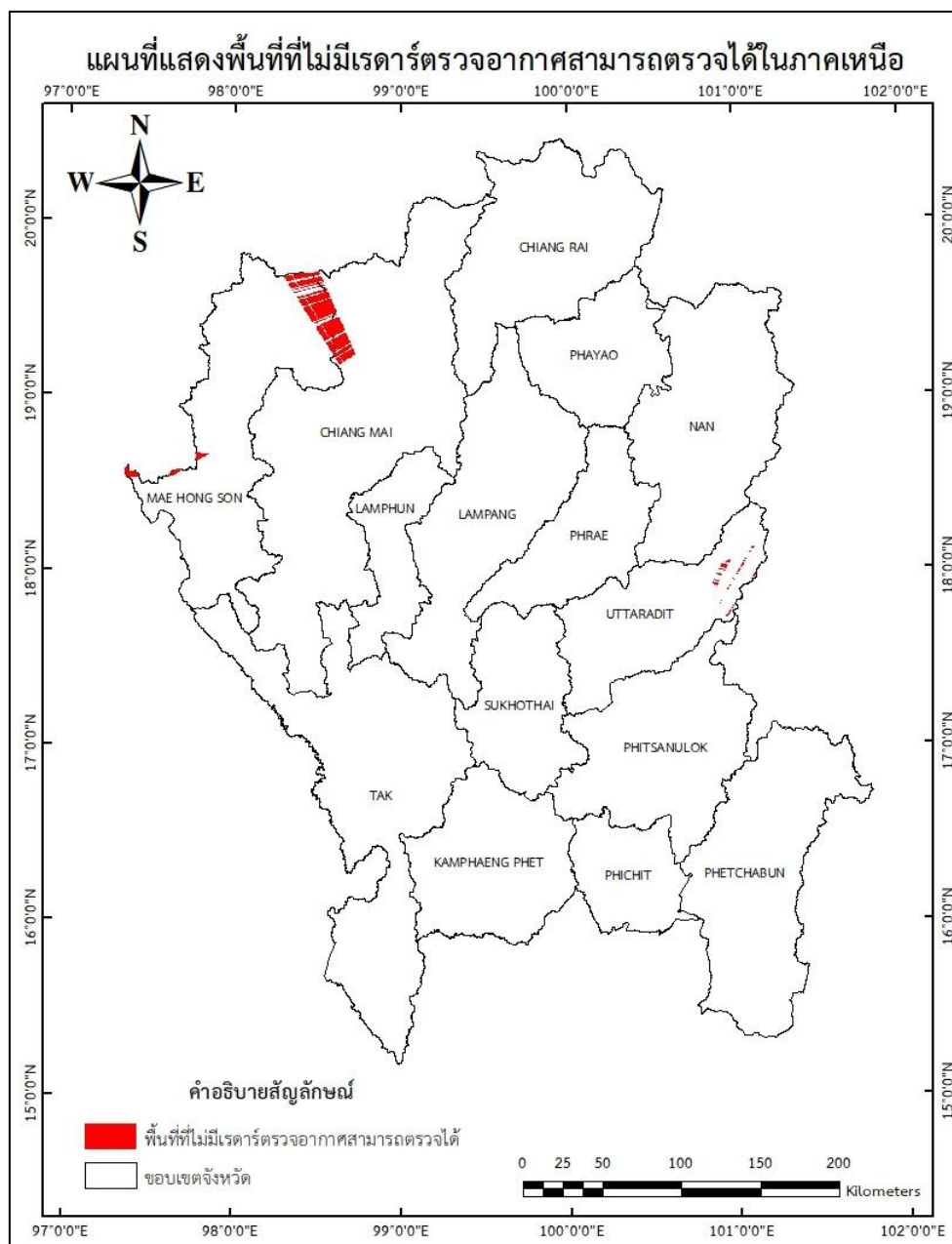
จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศของแต่ละเรดาร์ โดยใช้กระบวนการซ้อนทับ (Overlay) ดังที่แสดงในภาพที่ 4.7 สามารถสังเกตได้ว่ามีบางพื้นที่ที่เรดาร์มากกว่าหนึ่งตัวไม่สามารถตรวจสอบสภาพอากาศได้



ภาพที่ 4.8 แผนที่แสดงพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ทั้งหมดในภาคเหนือ

เมื่อทำการลบข้อมูลของพื้นที่ที่ถูกบดบังออกด้วยเครื่องมือ Erase เพื่อให้เห็นขอบเขตของพื้นที่ที่สามารถตรวจจับสภาพอากาศได้อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงผลในภาพที่ 4.8 โดยใช้ข้อมูลรัศมี 240 กิโลเมตร จากผลการวิเคราะห์ พบว่ายังคงมีบางพื้นที่ที่เป็นช่องว่างจากการตรวจจับของเรดาร์ ซึ่งได้แก่บริเวณรอยต่อทางทิศเหนือระหว่างจังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงราย พื้นที่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดแม่ฮ่องสอนบางส่วน

และพื้นที่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดอุดรดิตถ์ พื้นที่เหล่านี้เป็นบริเวณที่อยู่ห่างไกลจากสถานีเรดาร์ตรวจอากาศหรืออาจมีภูมิประเทศที่เป็นอุปสรรคต่อการตรวจจับสัญญาณ



ภาพที่ 4.9 แผนที่แสดงพื้นที่ที่ไม่มีเรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ในภาคเหนือ

เมื่อใช้เครื่องมือErase ตัดขอบเขตของภาคเหนือออกจากภาพการตรวจจับ ทำให้สามารถระบุได้ว่าพื้นที่ที่ไม่มีเรดาร์ที่ศึกษาสามารถตรวจจับสัญญาณได้ ได้แก่ พื้นที่ที่ถูกบดบังมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่

ตำบล พบว่าพื้นที่ที่ถูกบดบังที่ไม่มีเรดาร์ตรวจอากาศตรวจได้ มี 9 ตำบล เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ได้แก่

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังมากกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ตำบล เรียงจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ร้อยละ
1	เวียงเหนือ	ปาย	แม่ฮ่องสอน	69.45
2	แม่นาเติง	ปาย	แม่ฮ่องสอน	30.54
3	ป่าแป๋	แม่แตง	เชียงใหม่	29.90
4	แม่ฮี้	ปาย	แม่ฮ่องสอน	29.65
5	กีดช้าง	แม่แตง	เชียงใหม่	22.28
6	ถ้ำลอด	ปางมะผ้า	แม่ฮ่องสอน	19.90
7	เมืองคอง	เชียงดาว	เชียงใหม่	16.02
8	เปียงหลวง	เวียงแหง	เชียงใหม่	15.58
9	แม่กื	ขุนยวม	แม่ฮ่องสอน	13.62

พื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังน้อยกว่าร้อยละ 10 เรียงจากจากมากไปน้อยที่สุด ได้แก่

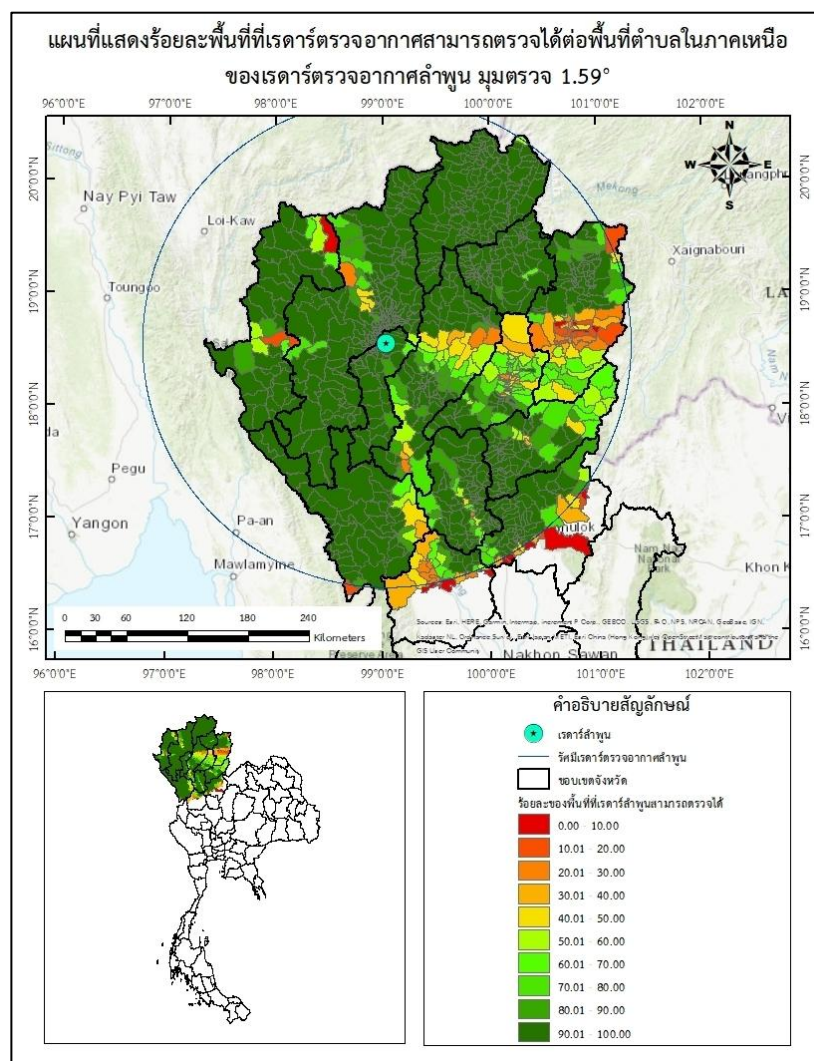
ตารางที่ 4.2 พื้นที่ตำบลที่ถูกบดบังน้อยกว่าร้อยละ 10 เรียงจากมากไปน้อยที่สุด

ลำดับ	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ร้อยละ
1	เมืองแหง	เวียงแหง	เชียงใหม่	9.39
2	นาชุม	บ้านโคก	อุดรดิตถ์	6.33
3	บ้านเสี้ยว	ฟากท่า	อุดรดิตถ์	6.02
4	บ้านโคก	บ้านโคก	อุดรดิตถ์	5.84
5	ฟากท่า	ฟากท่า	อุดรดิตถ์	5.02
6	สองคอน	ฟากท่า	อุดรดิตถ์	4.1

7	ห้วยมุ่น	น้ำปาด	อุตรดิตถ์	3.72
8	แม่คง	แม่สะเรียง	แม่ฮ่องสอน	3.54
9	ม่วงเจ็ดต้น	บ้านโคก	อุตรดิตถ์	2.54
10	ทุ่งผึ้ง	แจ้ห่ม	ลำปาง	0.22
11	ปงเตา	งาว	ลำปาง	0.01

4.2 การประเมินการใช้เรดาร์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

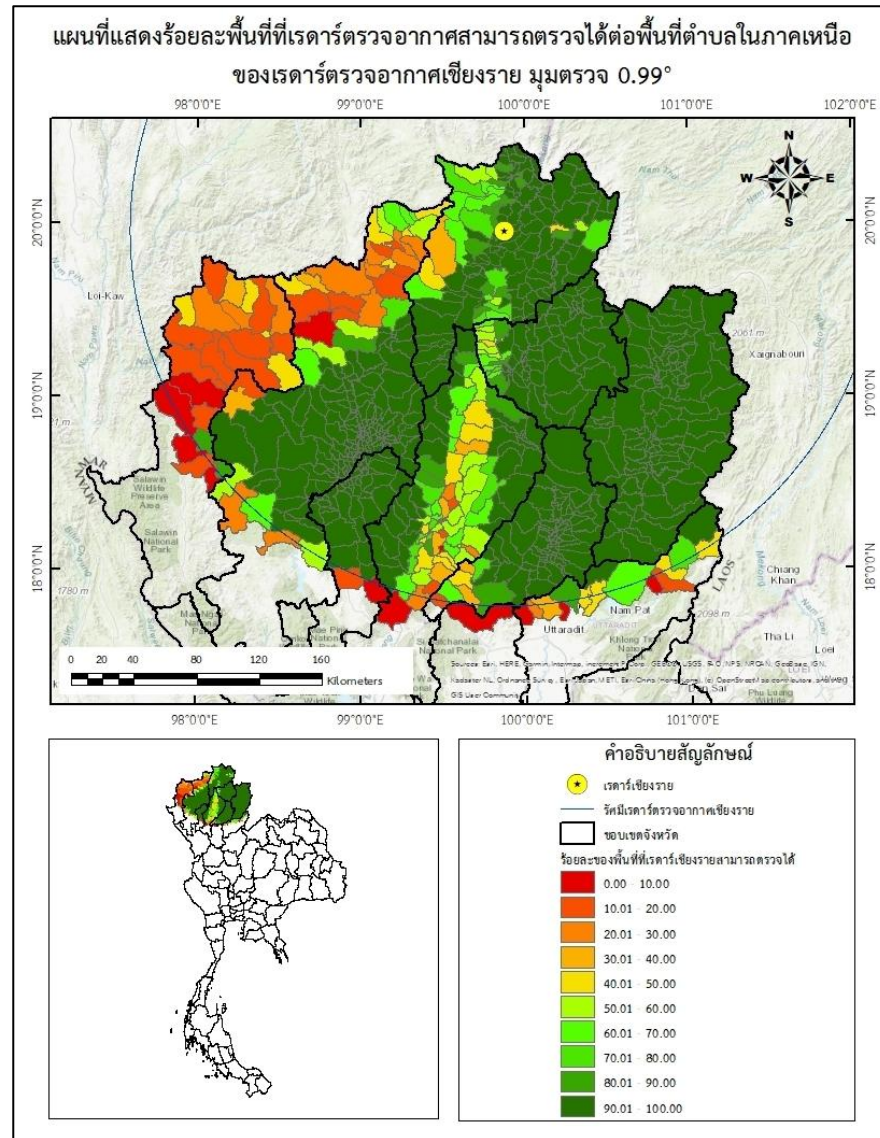
4.2.1 ผลการวิเคราะห์ร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลของเรดาร์ลำพูน



ภาพที่ 4.10 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของเรดาร์ลำพูน

จากแผนที่พบว่าพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศลำพูนสามารถตรวจจับได้ดีที่สุดอยู่บริเวณตอนบนของภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดลำพูน เชียงใหม่ พะเยา และบางส่วนของลำปาง แพร่ น่าน โดยพื้นที่เหล่านี้ถูกระบายด้วยสีเขียวเข้ม อยู่ในระดับร้อยละ 80-100 แสดงให้เห็นว่าเรดาร์สามารถตรวจจับข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก เนื่องจากเป็นพื้นที่ราบและไม่มีสิ่งกีดขวางทางภูมิประเทศ เมื่อออกห่างจากศูนย์กลางไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก ประสิทธิภาพของเรดาร์เริ่มลดลง โดยพื้นที่ที่มีการตรวจจับในระดับร้อยละ 10-70 เช่น บริเวณทิศตะวันออกของจังหวัดลำปาง ทิศเหนือของจังหวัดแพร่ ทิศใต้ของจังหวัดน่าน ปรากฏเป็นสีเหลืองและสีส้ม อยู่ในระดับร้อยละ 10-40 สาเหตุหลักมาจากการมีเนินเขาและป่าทึบ ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการส่งสัญญาณเรดาร์ ขณะที่พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจจับได้ต่ำสุดหรือแทบตรวจจับไม่ได้เลย อยู่ในบริเวณที่มีภูเขาสูง เช่น ทิศตะวันออกเฉียงเหนือจังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งปรากฏเป็นสีแดง ระดับร้อยละ 0-10 แสดงให้เห็นว่าภูมิประเทศเป็นอุปสรรคสำคัญ ทำให้เกิดจุดบดบังที่เรดาร์ไม่สามารถตรวจจับข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลของเรดาร์เชียงราย

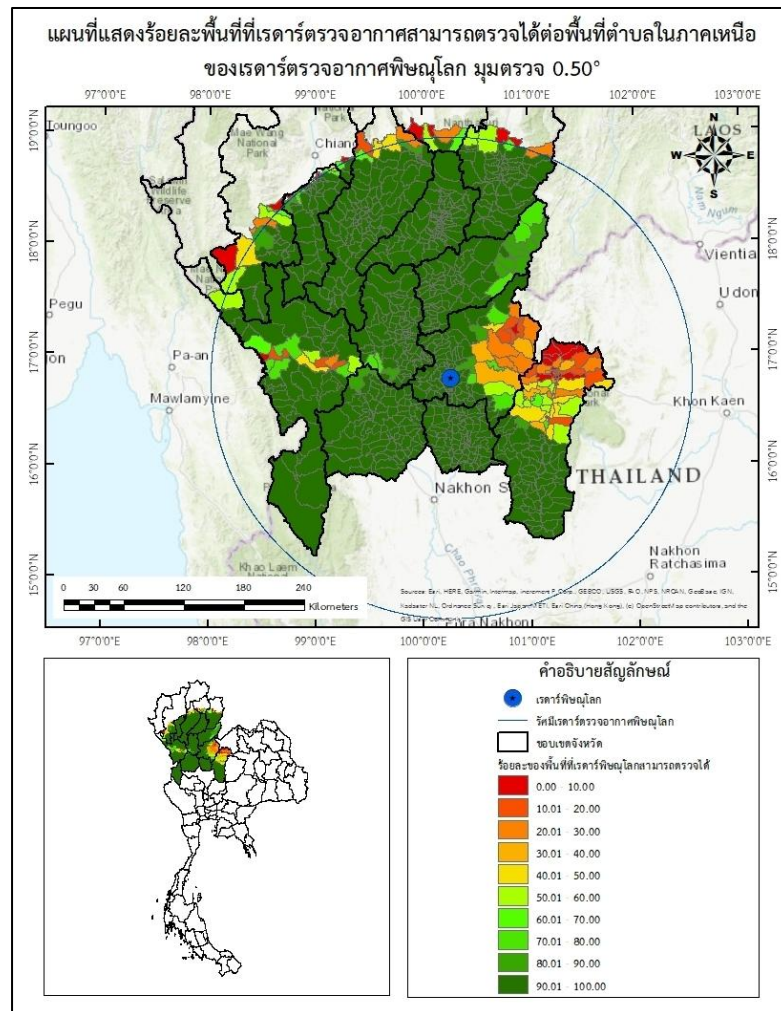


ภาพที่ 4.11 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของเรดาร์เชียงราย

เรดาร์ตรวจอากาศเชียงใหม่ครอบคลุมบริเวณภาคเหนือตอนบน ได้แก่จังหวัดเชียงใหม่ พะเยา แพร่ น่าน รวมถึงบางส่วนของจังหวัดลำพูน เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน จากผลการวิเคราะห์พบว่าบริเวณทางทิศตะวันตกสามารถตรวจจับสภาพอากาศได้ในระดับปานกลางถึงน้อย เนื่องจากภูมิประเทศบริเวณนี้มีแนวเทือกเขาสูงทอดตัวขวางกัน โดยเฉพาะแนวเทือกเขาถนนธงชัย เป็นแนวเขาที่ทอดยาวจากภาคเหนือไปยังภาคตะวันตกของประเทศ และเป็นที่ตั้งของดอยอินทนนท์ ยอดเขาที่สูงที่สุดของประเทศไทย รวมถึงดอยผ้าห่มปก ที่มีระดับความสูงรองลงมา ความสูงของแนวเขาเหล่านี้ทำให้บางพื้นที่ด้านหลังเขาได้รับผลกระทบจากการบดบังสัญญาณเรดาร์ ทำให้ตรวจจับสภาพอากาศได้ยากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีเทือกเขาผีปันน้ำทอดตัวยาวผ่านพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และขยายไปยังจังหวัดเชียงรายและพะเยา เป็นอีกหนึ่งแนวเขาที่ส่งผลต่อการทำงานของเรดาร์ เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่บริเวณตอนกลางของจังหวัดลำปาง พบว่าประสิทธิภาพของเรดาร์อยู่ในระดับร้อยละ 10-90 และดอยขุนน้ำนางนอน ซึ่งตั้งอยู่ในอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย เป็นแนวภูเขาที่มีลักษณะโค้งและเป็นที่ตั้งของถ้ำหลวง-ขุนน้ำนางนอน พื้นที่นี้มีภูมิประเทศที่ซับซ้อนและมีความสูง ทำให้พื้นที่ทางทิศตะวันตกของเรดาร์มีข้อจำกัดในการตรวจจับข้อมูลสภาพอากาศในพื้นที่ใกล้เคียง

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลของเรดาร์พิษณุโลก

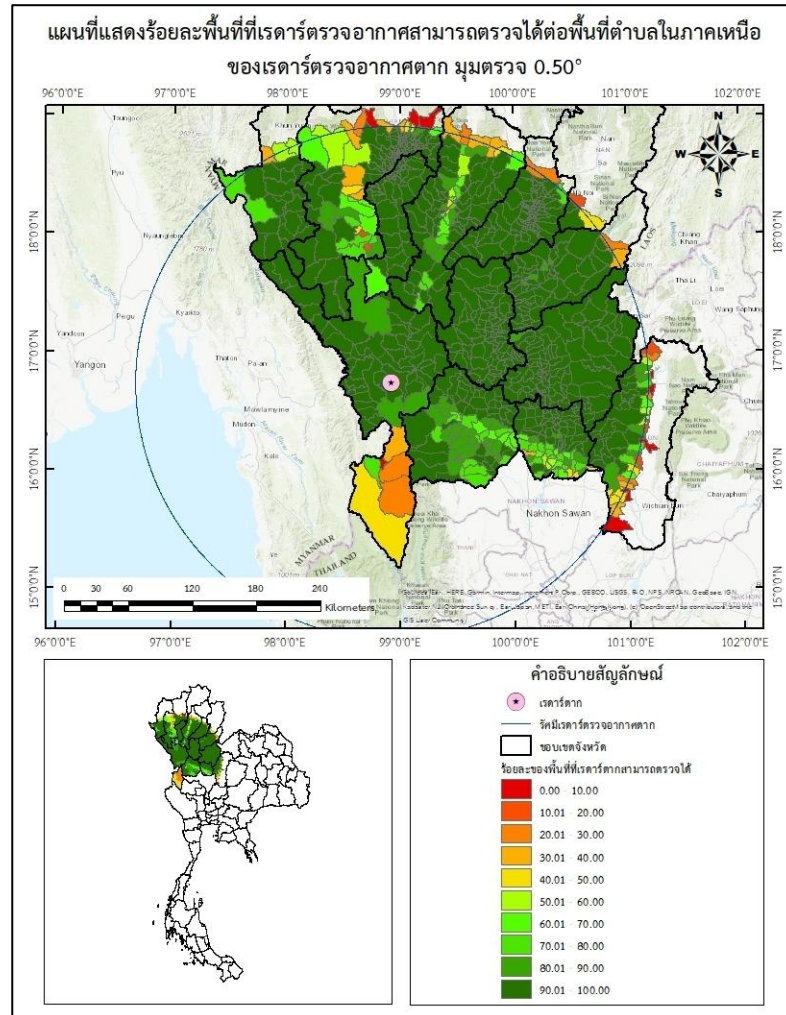


ภาพที่ 4.12 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของเรดาร์พิษณุโลก

เมื่อพิจารณาเรดาร์ตรวจอากาศพิษณุโลกพบว่ามีประสิทธิภาพสูงในการตรวจจับสภาพอากาศได้ดีบริเวณตอนล่างของภาค โดยเฉพาะในพื้นที่ราบตอนกลางของภาค ซึ่งครอบคลุมจังหวัดพิษณุโลก พิจิตร อุตรดิตถ์ สุโขทัย กำแพงเพชร สามารถติดตามสภาพอากาศอยู่ในระดับที่มีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ระดับร้อยละ 80-100 พื้นที่เหล่านี้มีลักษณะภูมิประเทศที่ค่อนข้างเปิดโล่ง เอื้ออำนวยต่อการส่งผ่านและสะท้อนกลับของคลื่นเรดาร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังมางพื้นที่ที่เป็นภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูง ได้แก่ บางส่วนจังหวัดตาก พิษณุโลก และเพชรบูรณ์ ซึ่งตั้งอยู่ตามแนวเทือกเขาทางตะวันตกและตะวันออก พื้นที่ดังกล่าวเกิดจุดอับเรดาร์มีความสามารถในการตรวจจับสภาพอากาศระดับร้อยละ 0 - 60 เนื่องจากสัญญาณถูกบดบังจากภูเขาสูง

4.2.4 ผลการวิเคราะห์ร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลของเรดาร์ตาก



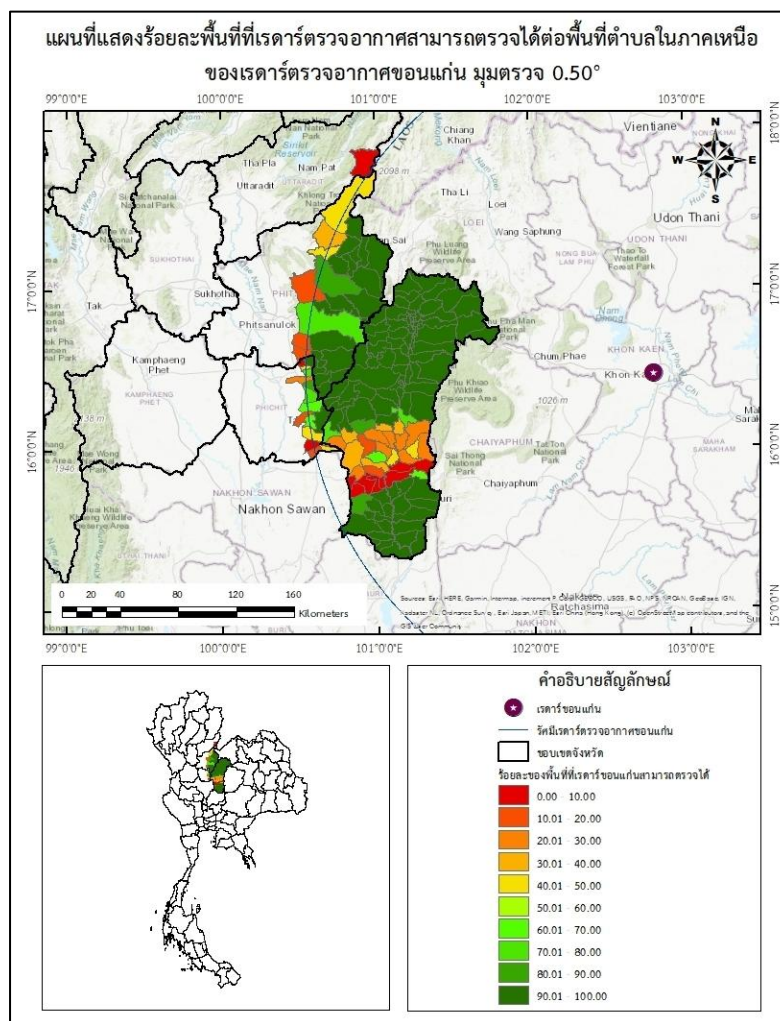
ภาพที่ 4.13 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของเรดาร์ตาก

จากแผนที่แสดงพื้นที่ครอบคลุมของเรดาร์ตรวจอากาศตาก สามารถตรวจจับสภาพอากาศได้ระดับร้อยละ 80-100 บริเวณจังหวัดตาก และพื้นที่ใกล้เคียง ได้แก่ พิจิตร สุโขทัย พิษณุโลก อุตรดิตถ์ เพชรบูรณ์ กำแพงเพชร และตอนล่างของจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่

อย่างไรก็ตามบริเวณที่แสดงเป็นสีเหลือง ส้ม และแดง บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ลดลง ซึ่งมักเกิดจากแนวภูเขาสูงที่บดบังสัญญาณเรดาร์ โดยบริเวณทางทิศใต้ของจังหวัดตาก พบว่าอยู่ในระดับร้อยละ 20-50 มีเทือกเขาถนนธงชัยตอนล่าง และเทือกเขาพญาบันน้ำ ซึ่งทอดตัวในพื้นที่ของจังหวัดตากทางตอนใต้ แนวเขาเหล่านี้ทำให้เรดาร์มีข้อจำกัดในการตรวจจับสภาพอากาศ นอกจากนี้พื้นที่ทางตอนเหนือของจังหวัด

ตากที่ติดกับจังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้บางส่วนของอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ บริเวณพื้นที่ดอยม่อนจองเป็นแนวภูเขาสูง ส่งผลให้สัญญาณเรดาร์มีข้อจำกัดในบางพื้นที่เช่นกัน

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลของเรดาร์ขอนแก่น

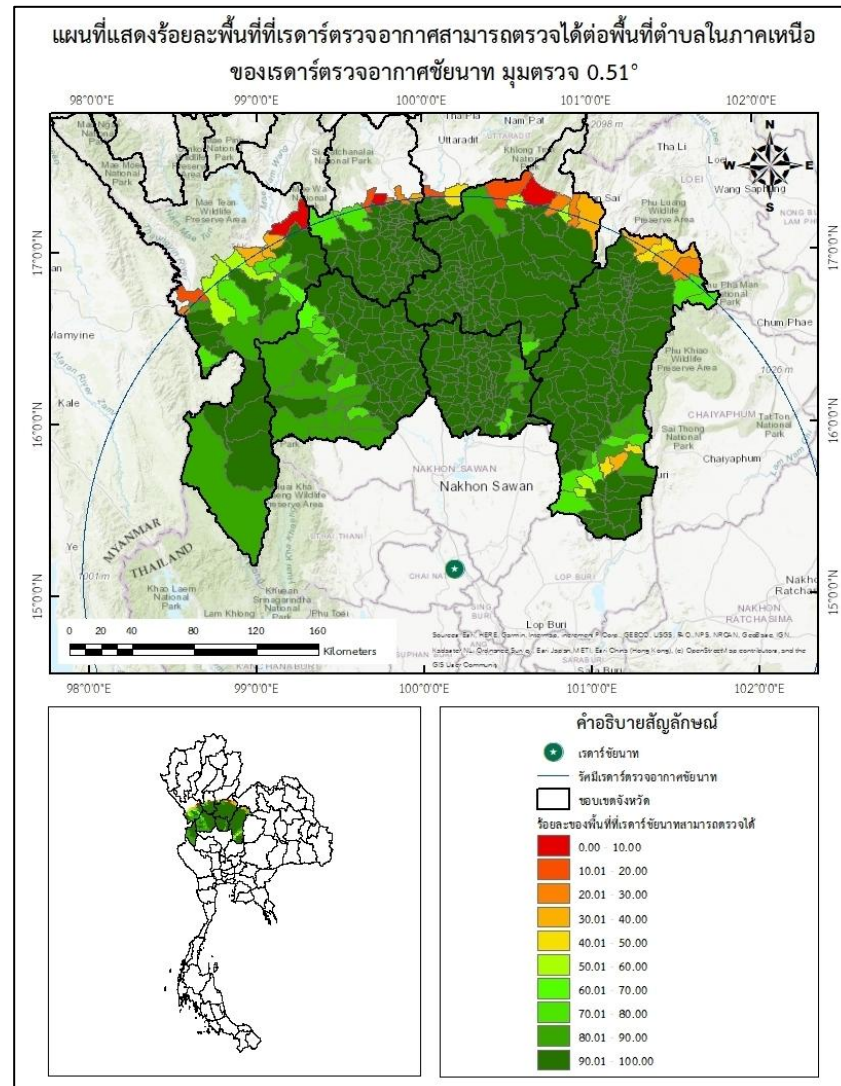


ภาพที่ 4.14 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของเรดาร์ขอนแก่น

จากแผนที่แสดงขอบเขตการตรวจจับของเรดาร์ตรวจอากาศขอนแก่น พบว่า ทางทิศตะวันตกของเรดาร์ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์และบางส่วนของจังหวัดพิษณุโลก และพิจิตร ซึ่งอยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเหล่านี้สามารถตรวจจับได้ในระดับร้อยละ 80-100 (สีเขียวอ่อนถึงเขียวเข้ม) บางพื้นที่ทางตอนใต้ของจังหวัดเพชรบูรณ์ที่การตรวจจับอยู่ในระดับร้อยละ 10-50 (สีเหลือง-ส้ม) เนื่องจากมีแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์เป็นอุปสรรค เป็นแนวภูเขาสูงที่ทอดตัวในทิศเหนือ-ใต้ กั้นระหว่างพื้นที่

กลุ่มภาคกลางกับที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เรดาร์ขอนแก่นตรวจจับสัญญาณได้ไม่เต็มประสิทธิภาพในบางพื้นที่ของจังหวัดเพชรบูรณ์ตอนใต้

4.2.6 ผลวิเคราะห์ร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์สามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลของเรดาร์ชัยนาท

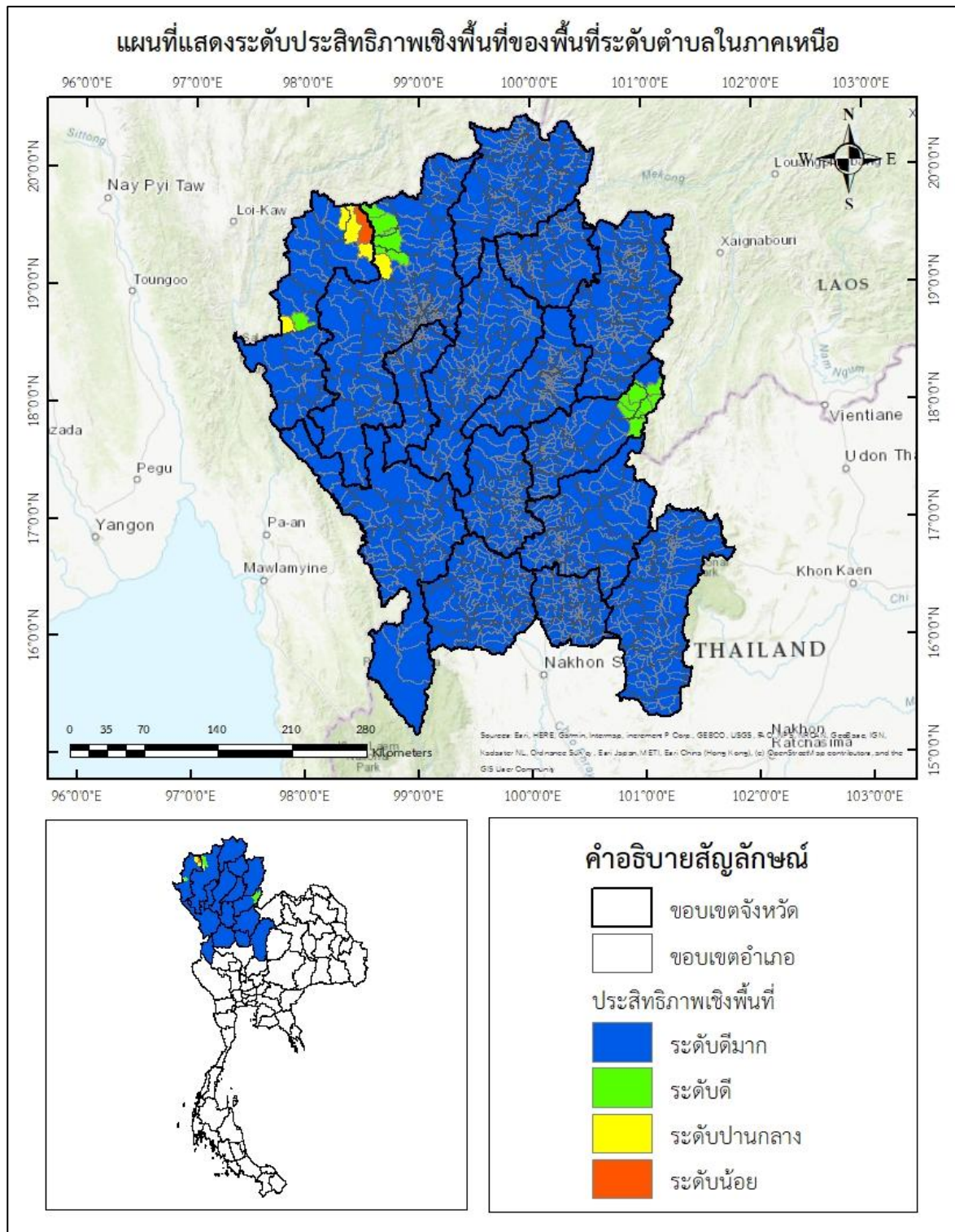


ภาพที่ 4.15 แผนที่แสดงร้อยละพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ต่อพื้นที่ตำบลในภาคเหนือของเรดาร์ชัยนาท

จากแผนที่แสดงขอบเขตเรดาร์ตรวจอากาศชัยนาท พบว่าพื้นที่ที่สามารถตรวจจับได้ดีถึงดีมาก (ร้อยละ 70-100) ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร และบางส่วนของจังหวัดสุโขทัย ตาก พิจิตร และเพชรบูรณ์ ซึ่งมีบางพื้นที่ที่การตรวจจับอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 10-40) โดยเฉพาะบริเวณแนวชายแดน

ทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ที่เรดาร์ครอบคลุม สาเหตุหลักมาจากแนว เทือกเขากอนน
ธงชัย และ เทือกเขาตะนาวศรี และเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นอุปสรรคในการตรวจจับสัญญาณของเรดาร์

4.2.7 ผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ของพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ



ภาพที่ 4.16 แผนที่แสดงระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ของพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ

การกำหนดเกณฑ์จากร้อยละของพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ กำหนดเกณฑ์ไว้ ดังนี้

ตารางที่ 4.3 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่

ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่	คำอธิบาย
ดีมาก	พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ตั้งแต่ 90.01 % ขึ้นไป ของพื้นที่ตำบล
ดี	พื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ 70.01-90.00 % ของพื้นที่ตำบล
ปานกลาง	เรดาร์ตรวจอากาศที่สามารถตรวจได้ 50.01-70.00 % ของพื้นที่
น้อย	เรดาร์ตรวจอากาศที่สามารถตรวจได้ 0.00-50.00 % ของพื้นที่

จากการพิจารณาประสิทธิภาพของเรดาร์ตรวจอากาศจังหวัดเชียงราย พบว่าพื้นที่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดเชียงราย ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่อยู่ในระดับน้อย เช่นเดียวกับพื้นที่ตอนบนของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ และพื้นที่ทางตอนใต้ของเรดาร์ตรวจอากาศเชียงราย ทั้งนี้ สาเหตุหนึ่งซึ่งส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพเชิงพื้นที่คือ ตำบลบางแห่งทางทิศใต้ของพื้นที่ตรวจวัดไม่ได้อยู่ในขอบเขตของรัศมีของเรดาร์เชียงราย ซึ่งมีระยะ 240 กิโลเมตร ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตรวจจับสภาพอากาศในพื้นที่ดังกล่าว

ผลการศึกษาการวิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์จากลักษณะภูมิประเทศของเรดาร์ตรวจอากาศทั้ง 6 แห่ง ได้แก่ เรดาร์ตรวจอากาศลำพูน, เชียงราย, พิชญ์โลก, ตาก , ขอนแก่น และชัยนาท เมื่อนำทุกเรดาร์ทำการซ้อนทับกันพบว่าพื้นที่ภาคเหนือส่วนใหญ่เรดาร์สามารถตรวจจับสภาพอากาศได้อยู่ในระดับดีมาก (ร้อยละ 90.01-100) แสดงสัญลักษณ์สีน้ำเงิน อย่างไรก็ตามมีบางพื้นที่ที่ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณได้อย่างสมบูรณ์ (สีเขียว สีเหลือง และสีส้ม) ซึ่งพบว่าพื้นที่ที่เรดาร์ตรวจอากาศสามารถตรวจได้ในระดับดี (สัญลักษณ์สีเขียว) ดังภาพที่ 4.16 ทั้งหมด 12 ตำบล ได้แก่ ตำบลเมืองปอน อำเภอนายูง จังหวัดแม่ฮ่องสอน, ตำบลเมืองแหง อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ , ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลกุดช้าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลเปียงหลวง อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลนาชุม อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุดรธานี, ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี, ตำบลบ้านโคก อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุดรธานี, ตำบลปากท่า อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี, ตำบลสองคอน อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรธานี, ตำบลห้วยมุ่น อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรธานี, ตำบลม่วงเจ็ดต้น อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุดรธานี

จากภาพที่ 4.17 แสดงถึงการใช้เรดาร์ตรวจอากาศที่เหมาะสมกับพื้นที่ระดับต่ำบในภาคเหนือ โดยแสดงขอบเขตการครอบคลุมของเรดาร์แต่ละสถานีที่ใช้สำหรับการตรวจสอบสภาพอากาศ จากแผนที่ พบว่าพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ซึ่งประกอบด้วยจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และบางส่วนของลำปาง เชียงราย พะเยา และแพร่ ถูกครอบคลุมโดยเรดาร์ลำพูน ส่วนทางทิศตะวันออกของภาคเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่ได้รับการครอบคลุมจากเรดาร์เชียงราย รวมถึงบางส่วนของจังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน และบางพื้นที่ของ เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง และอุตรดิตถ์

ภาคเหนือตอนกลาง ถูกครอบคลุมโดยเรดาร์พิฆณุโลกและเรดาร์ตาก ครอบคลุมบางส่วนของ ลำปาง แพร่ ตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิจิตร กำแพงเพชร และเพชรบูรณ์ โดยเฉพาะเรดาร์ตากสามารถ ตรวจจับสภาพอากาศในบางส่วนของจังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเรดาร์พิฆณุโลกอาจไม่สามารถครอบคลุมได้อย่าง มีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม บางพื้นที่ไม่มีเรดาร์ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบโดยตรง ทำให้ต้องอาศัยข้อมูล จาก เรดาร์ขอนแก่นและเรดาร์ชัยนาท โดยเฉพาะจังหวัดเพชรบูรณ์ทางตอนเหนือ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลเรดาร์ จากขอนแก่นและชัยนาทเพื่อช่วยในการตรวจจับสภาพอากาศและกลุ่มฝนในพื้นที่

แผนที่นี้สะท้อนให้เห็นถึงการกระจายตัวของเรดาร์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการพยากรณ์อากาศ การเตือนภัยธรรมชาติ และการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในภาคเหนือ ซึ่งช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถคาดการณ์ฝนตกหนัก พายุ และภัยธรรมชาติอื่น ๆ ได้แม่นยำยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสนับสนุนด้านการบิน และการคมนาคมเพื่อความปลอดภัยในการเดินทางและขนส่งในภูมิภาคนี้

4.3 สรุป

การศึกษาวิเคราะห์การบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากลักษณะภูมิประเทศ 6 แห่ง พบว่าพื้นที่ภาคเหนือส่วนใหญ่สามารถตรวจจับสภาพอากาศได้ดีมาก อย่างไรก็ตามมีบางพื้นที่ที่สัญญาณถูก บดบังบางส่วน พื้นที่ที่ถูกบดบังในระดับดี ตรวจจับสัญญาณได้แต่มีข้อจำกัดมีทั้งหมด 12 ตำบล ส่วนใหญ่ อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และอุตรดิตถ์ ขณะที่พื้นที่ที่ถูกบดบังในระดับปานกลาง มี 5 ตำบล ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่ และผลกระทบจากการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศ ระดับน้อยที่สุด ได้แก่ ตำบลเวียงเหนือ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็น ภูเขาสูงสลับซับซ้อน ทำให้การตรวจจับสภาพอากาศจากหลักการวิเคราะห์ของงานวิจัยมีข้อจำกัด นอกจากนี้พบว่าการใช้เรดาร์ในภาคเหนือตอนบนครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง ส่วนใหญ่ ถูกครอบคลุมโดยเรดาร์ลำพูน ส่วนทางตะวันออกของภาคเหนือได้รับการครอบคลุมจากเรดาร์เชียงราย ครอบคลุมบางส่วนของจังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน และอุตรดิตถ์ ส่วนภาคเหนือตอนกลางถูกครอบคลุม ด้วยเรดาร์พิฆณุโลกและตาก อย่างไรก็ตาม พื้นที่บางส่วน เช่น จังหวัดอุตรดิตถ์ อาจต้องพึ่งพาข้อมูลจาก เรดาร์ตาก และบางพื้นที่ไม่มีเรดาร์ที่เหมาะสม ต้องอาศัยข้อมูลจากเรดาร์ขอนแก่นและชัยนาทโดยเฉพาะ จังหวัดเพชรบูรณ์ตอนเหนือ

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

เนื้อหาในบทนี้เป็นการสรุปและอภิปรายผลการศึกษาการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากภูมิประเทศในพื้นที่ภาคเหนือ โดยการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศศาสตร์ ประกอบไปด้วย สรุปและอภิปรายผลการศึกษา ข้อจำกัดในการศึกษา และข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 สรุปผลและอภิปรายการศึกษา

จากผลการศึกษาการบดบังสัญญาณเรดาร์ตรวจอากาศจากลักษณะภูมิประเทศในพื้นที่ภาคเหนือ พบว่าพื้นที่บางตำบลในภาคเหนือถูกบดบังบางส่วนจนถึงบดบังทั้งหมดของพื้นที่ตำบล ในกรณีที่เรดาร์ตรวจอากาศสถานีนั้นไม่สามารถตรวจได้ในพื้นที่ตำบล และเรดาร์ตรวจอากาศสถานีนี้อื่นสามารถตรวจได้ ผู้วิจัยจึงมีการจัดทำแผนที่แสดงการใช้เรดาร์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือ โดยการกำหนดเกณฑ์จากระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ของเรดาร์ตรวจอากาศสถานีต่างๆ เพื่อให้เป็นประโยชน์กับผู้ใช้งานจริงหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

เมื่อนำผลการศึกษาพื้นที่ที่ถูกบดบังของทุกสถานีเรดาร์ตรวจอากาศมาซ้อนทับกัน พบว่าบางพื้นที่ระดับตำบลในภาคเหนือยังถูกบดบังบางส่วนโดยที่ไม่มีเรดาร์ตรวจอากาศของสถานีไหนสามารถตรวจได้ ผลการวิเคราะห์เมื่อเลือกพื้นที่ที่ถูกบดบังมาร้อยละ 10 ของพื้นที่ตำบล พบว่าพื้นที่ที่ถูกบดบังที่ไม่มีเรดาร์ตรวจอากาศตรวจได้ มี 9 ตำบล เรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ได้แก่ ตำบลเวียงเหนือ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ถูกบดบังร้อยละ 69.45 ของพื้นที่, ตำบลแม่ณาต อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ถูกบดบังร้อยละ 30.54 ของพื้นที่, ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ถูกบดบังร้อยละ 29.90 ของพื้นที่, ตำบลแม่ฮี้ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ถูกบดบังร้อยละ 29.65 ของพื้นที่, ตำบลก๊อดช้าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ถูกบดบังร้อยละ 22.28 ของพื้นที่, ตำบลถ้ำลอด อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ถูกบดบังร้อยละ 19.90 ของพื้นที่, ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ ถูกบดบัง 16.02 ของพื้นที่, ตำบลเปียงหลวง อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่ถูกบดบังร้อยละ 15.58 ของพื้นที่ และตำบลแม่อ้อ อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ถูกบดบังร้อยละ 13.62 ของพื้นที่

เมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ในระดับตำบลภาคเหนือ พบว่ามีพื้นที่ที่สามารถตรวจได้ในระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ดี (ร้อยละ 70.01-90.00) มีทั้งหมด 12 ตำบล ส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และอุดรดิตถ์ ได้แก่ ตำบลเมืองปอน อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน, ตำบลเมืองแหง อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลเมืองคอง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลกีดช้าง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลเปียงหลวง อำเภอเวียงแหง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลนาชุม อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุดรดิตถ์, ตำบลบ้านเสี้ยว อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรดิตถ์, ตำบลบ้านโคก อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุดรดิตถ์, ตำบลปากท่า อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรดิตถ์, ตำบลสองคอน อำเภอปากท่า จังหวัดอุดรดิตถ์, ตำบลห้วยมุ่น อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรดิตถ์ และตำบลม่วงเจ็ดต้น อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุดรดิตถ์

ขณะที่พื้นที่ที่สามารถตรวจได้ในระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ปานกลาง (ร้อยละ 50.01-70.00) มี 5 ตำบล ส่วนใหญ่อยู่ใน แม่ฮ่องสอนและเชียงใหม่ ได้แก่ ตำบลแม่ฮี้ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน, ตำบลแม่กิ อำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน, ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่, ตำบลแม่นาเติง อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และตำบลถ้ำลอด อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่วนพื้นที่ที่สามารถตรวจได้ในเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่น้อยที่สุด (ร้อยละ 0.00-50.00) ได้แก่ ตำบลเวียงเหนือ อำเภอปาย จังหวัดแม่ฮ่องสอน เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน

จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่าพื้นที่ที่มีการบังคับบัญชาดูแลและมียกระดับประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ต่ำ ส่วนใหญ่อยู่บริเวณทางตอนเหนือของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ทางทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ และทางทิศตะวันออกของจังหวัดอุดรดิตถ์ ทั้งนี้ เนื่องจากบริเวณรอยต่อระหว่างจังหวัดเชียงใหม่ทางทิศตะวันตกและจังหวัดแม่ฮ่องสอนมีแนวเทือกเขาถนนธงชัย ซึ่งประกอบด้วยยอดดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และดอยหลวงเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ โดยแนวเทือกเขาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเรดาร์ตรวจอากาศลำพูนและเชียงราย ส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่ในระดับต่ำ นอกจากนี้ การบังคับบัญชาของเรดาร์ตรวจอากาศเชียงรายยังสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์การบังคับลำปีมเรดาร์ตรวจอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงราย ตามการศึกษาของนัฐพล มหาวิก (2567) ซึ่งได้ศึกษาวิธีการตรวจวัดพายุลูกเห็บโดยใช้ข้อมูลเรดาร์อุตุนิยมวิทยา ร่วมกับภูมิสารสนเทศรหัสเปิด ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย

ส่วนด้านตะวันออกอุดรดิตถ์ เกิดจากแนวเทือกเขาหลวงพระบาง เป็นแนวเทือกเขาที่ทอดตัวตามแนวพรมแดนระหว่างประเทศไทยและลาว โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัด อุดรดิตถ์ น่าน และเลย ของไทย ทำให้เป็นอุปสรรคของเรดาร์พิชฌุโลกต่อความสามารถที่ตรวจสอบสภาพอากาศจังหวัดอุดรดิตถ์ทางตะวันออก ประสิทธิภาพน้อยลง นอกจากนี้ทางตอนบนยังมีเทือกเขาฝิปันน้ำ เป็นแนวเทือกเขาที่กั้นระหว่างภาคเหนือและภาคกลางของไทย ทำให้เรดาร์เชียงรายมีอุปสรรคต่อการตรวจสอบสภาพอากาศมายังจังหวัดอุดรดิตถ์

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้เรดาร์ในระดับตำบลของพื้นที่ภาคเหนือ พบว่า การใช้เรดาร์ในพื้นที่ตอนบนของภาคเหนือ ซึ่งครอบคลุมจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และลำปาง ส่วนใหญ่ได้รับการครอบคลุมโดยเรดาร์ตรวจอากาศลำพูน ขณะที่พื้นที่ทางทิศตะวันออกของภาคเหนืออยู่ภายใต้การครอบคลุมของเรดาร์ตรวจอากาศเชียงราย ซึ่งสามารถตรวจจับสภาพอากาศในบางส่วนของจังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน และอุตรดิตถ์ สำหรับพื้นที่ภาคเหนือตอนกลาง เรดาร์ตรวจอากาศพิษณุโลกและตากเป็นเรดาร์หลักที่ให้การครอบคลุม อย่างไรก็ตาม บางพื้นที่ เช่น จังหวัดอุตรดิตถ์ อาจต้องพึ่งพาข้อมูลจากเรดาร์ตรวจอากาศตาก นอกจากนี้ พื้นที่บางแห่งที่ไม่มีเรดาร์ที่เหมาะสมจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากเรดาร์ตรวจอากาศขอนแก่นและชัยนาท โดยเฉพาะในเขตตอนเหนือของจังหวัดเพชรบูรณ์

ทั้งนี้ เรดาร์ตรวจอากาศพิษณุโลกมีข้อจำกัดด้านการบดบังทางทิศตะวันออก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ นัฐพล มหาวิค (2565) ที่พบว่าผลการคำนวณสัดส่วนลำปี่มของเรดาร์พิษณุโลกซึ่งถูกบดบังจากภูมิประเทศ ณ มุมยกแรกของสถานีเรดาร์ตรวจอากาศจังหวัดพิษณุโลก แสดงให้เห็นว่าการบดบังของลำปี่มกระจายไปยังพื้นที่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดพิษณุโลก

จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่า พื้นที่ที่มีแนวภูเขาสูง เช่น เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาผีปันน้ำ เทือกเขาเพชรบูรณ์ และเทือกเขาอินทนนท์ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการทำงานของเรดาร์ตรวจอากาศ โดยลดทอนประสิทธิภาพในการตรวจจับสภาพอากาศในพื้นที่เหล่านี้เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ราบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ H. Andrieu et al. (1997) ที่ระบุว่า ผลกระทบจากภูมิประเทศอาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในการประเมินปริมาณฝนจากค่าการสะท้อน (Z-R relationship) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณฝนจากข้อมูลเรดาร์ ส่งผลต่อความแม่นยำของการวัดปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ภูเขาและบริเวณที่มีฝนตกหนักอย่างยิ่ง เนื่องจากการกระจายตัวของขนาดฝนและการเคลื่อนที่ของมวลอากาศทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ส่งผลต่อความเข้มข้นของปริมาณฝนที่ตรวจวัดได้

5.2 ข้อจำกัดในการศึกษา

5.2.1 ในการศึกษาไม่ได้นำเรดาร์ตรวจอากาศสถานีแม่ฮ่องสอน กับสถานีนา น มาวิเคราะห์ เนื่องจากวิธีการตรวจทั้งสองสถานี เป็นแบบ CMax ซึ่งเป็นการตรวจอากาศที่เลือกค่าที่สูงที่สุดจากหลาย ๆ มุมยก ณ เวลาตรวจนั้น ทำให้ไม่สามารถกำหนดมุมตรวจได้

5.2.2 การเลือกสถานีเรดาร์ใกล้เคียงพื้นที่นั้น ๆ อาจทำให้ได้ข้อมูลฝน (ทางอุตุนิยมวิทยา) ที่คลาดเคลื่อนบางพื้นที่ เนื่องจากความโค้งของโลกและมุมยกของเรดาร์ตรวจอากาศ ส่งผลให้คลื่นสัญญาณตรวจวัดถึงบนยอดเมฆ

5.2.3 การศึกษาไม่ได้นำความถี่ของภาพเรดาร์จากการเกิดฝนตกจริงมาคำนึงร่วมด้วย เป็นเพียงแค่การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ระหว่างลักษณะภูมิประเทศกับข้อมูลการตรวจอากาศด้วยเรดาร์

5.2.4 งานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาปริมาณความรุนแรงของฝน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกการตั้งสถานีแห่งอื่น หรือเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หรือปรับเปลี่ยนมุมยกเป็นมุมยกอื่น เพื่อเลี่ยงการเกิดพื้นที่ที่ถูกบดบังให้มากที่สุด

5.3.2 การนำผลการวิเคราะห์ของเรดาร์ตรวจอากาศของสถานีแม่ฮ่องสอน และนา น มาวิเคราะห์ร่วมด้วย จะทำให้ผลการศึกษา มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม

- นัฐพล มหาวิค. (2565). เรดาร์ตรวจอากาศทางอุตุนิยมวิทยา (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นัฐพล มหาวิค. (2567). โครงการการวิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจวัดพายุลูกเห็บด้วยข้อมูลเรดาร์อุตุนิยมวิทยาบนพื้นฐานระบบภูมิสารสนเทศรหัสเปิดในช่วงฤดูร้อนพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย. รายงานวิจัย.
- ปัญญา คนชายขอบเมือง. (11 มิถุนายน 2560). *Weather Radar*. เข้าถึงได้จาก <https://convectiveclouds.blogspot.com/2017/06/>
- รัชเวช หาญชูวงศ์, วลัยรัตน์ บุญไทย และศิริลักษณ์ ชุ่มชื่น. (4 สิงหาคม 2563). การประยุกต์ทฤษฎีทิสเซนในการหาวิธีปรับแก้ตามพื้นที่และเวลาเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประเมินฝนเรดาร์พินาย. *ENGINEERING TRANSACTIONS*, 23(2), หน้า 138.
- รัชเวช หาญวงศ์. (2565). การวิเคราะห์หาสมการ Z-R เพื่อใช้ในการประเมินฝนของเรดาร์ตาคลี. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*, 172-177.
- วิรงรอง สุขา, สุดสายสิน แก้วเรือง, รติยา ฐวพาณิขยานันท์ และรักศักดิ์ เสริมศักดิ์. (5 กันยายน 2562). การประเมินปริมาณน้ำฝนจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนกลับกับความเข้มฝนสำหรับเรดาร์ตรวจอากาศพิษณุโลก. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ปีที่ 9*.
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จังหวัดอุบลราชธานี. (ม.ป.ป.). *องค์ความรู้เรื่องเรดาร์ตรวจอากาศเพื่อประชาชน*. ส่วนติดตามสภาพอากาศ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง.
- ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ. (ม.ป.ป.). *การตรวจอากาศด้วยเรดาร์*. เข้าถึงได้จาก <https://cmmet.tmd.go.th/information/cop/generalmet/cop%202.htm>

- Biao Genf, M. K. (2016, March). Beam Blockage Identification for Weather Radars on board the R/V Mirai Using Archived Data. *JAMSTEC Report of Research and Development*(22), pp. 1-11.
- Bozdağ, A. (n.d.). *Visibility analysis of campus determined from the specific points*. Retrieved from ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/visibility-analysis-of-campus-determined-from-the-specific-points_fig4_347987042
- Chen-Wei Liang, C.-C. C.-Y.-J. (2023, August). *Prediction and analysis of atmospheric visibility in five terrain types with artificial intelligence*. Retrieved from ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19281>
- D. Brent McRoberts, J. W.-G. (2017). *Detecting Beam Blockage in Radar-Based Precipitation Estimates*. Retrieved from Journal of Atmospheric and Oceanic Technology: <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-16-0174.1>
- Esri. (n.d.). *Visibility analysis*. Retrieved from ArcGIS CityEngine: https://doc.arcgis.com/en/cityengine/latest/help/help-visibility-analysis-overview.htm?fbclid=IwY2xjawliYOTleHRuA2FlbQlXMAABHR6VLcSTUgE8pOVEh7-DbWaqn1cXCgwwwr_nP8_JcNkLrEwwVe_yzkEFUA_aem_dSRHa6RQRFec6wd20bfAiw
- Grzegorz J. Ciach, W. F. (1999, February 24). *On the estimation of radar rainfall error variance*. Retrieved from Advances in Water Resources: [https://doi.org/10.1016/S0309-1708\(98\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1708(98)00043-8)
- Pakdee Chantraket, S. K. (2022, February 02). Radar-Based Rainfall Estimation of Landfalling Tropical Storm “PABUK” 2019 over Southern Thailand. *Mathematical Problems in Engineering*(1).

PennState College of Earth and Mineral Sciences. (n.d.). *Doppler and Dual Polarization Radar*. Retrieved from Introductory Meteorology: https://www.e-education.psu.edu/l5_p9.html

Stepanian, P. M. (2016, November). *Dual-polarization radar products for biological applications*. Retrieved from ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/308337398_Dual-polarization_Radar_Products_for_Biological_Applications

Sukrit Kirtsaeng, P. C. (2016). Investigation of Z-R Relationships for Monsoon Seasons over Southern Thailand. *Applied Mechanics and Materials*.

Witold F. Krajewski, A. A. (2006, April 6). *A GIS-based methodology for the assessment of weather radar beam blockage in mountainous regions: two examples from the US NEXRAD network*. Retrieved from Computers & Geosciences: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.06.024>