บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาของโครงการประกอบด้วยพื้นที่ เกาะพะงัน อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

(1) สถานีวิจัยเกาะพะงันมีพื้นที่ทั้งหมด 84 km^2 ตั้งอยู่บนภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงโดยเฉพาะทางทิศตะวันออกของเกาะ มีที่ราบประมาณร้อยละ 25 และมีองค์การบริหารส่วนตำบล 2 แห่งคือ องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะพะงัน และองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านใต้

(2) สถานีวิจัยพลังงานลม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช หรือมีชื่อเรียกว่าสถานีวัดลมบ้านท่าพญา โดยตั้งอยู่ในพื้นที่ของฝายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 6 (บ้านท่าพญา) โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาปากพนัง สำนักงานชลประทานที่ 13

(3) ในการวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ของสถานีวิจัยพลังงานลมทั้ง 2 สถานี อาศัยอุปกรณ์ตรวจวัดพิกัด GPS GarmineTrex รุ่น Legend ซึ่งมีความแยกชัด (Resolution) 15 m โดยพิกัดในระบบ Lat/Long แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พิกัดของสถานีวัดลมเกาะพะงัน อ.เกาะพะงัน และ บ้านท่าพญา อ.ปากพนัง

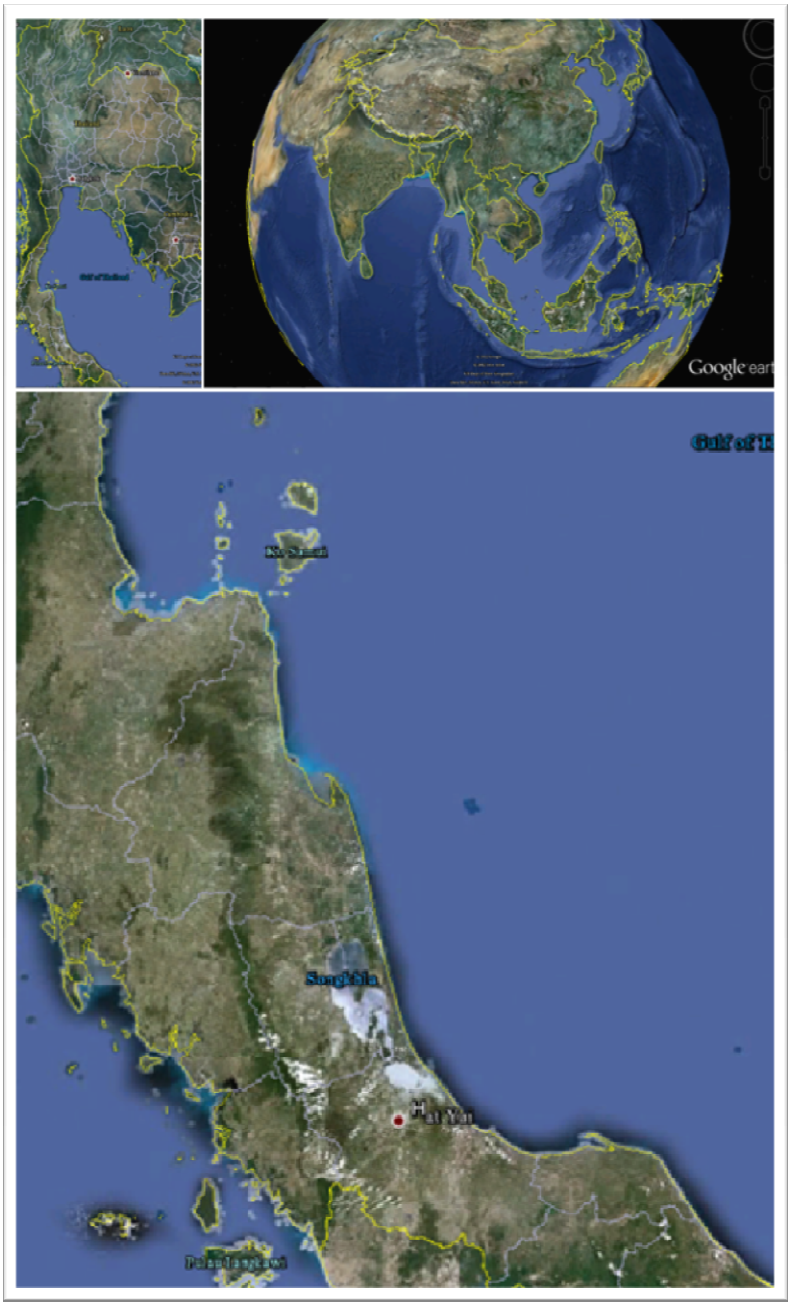
Site Name	Latitude	Longitude
Koh Phangan	$09^0$44.729''	$99^0$59.684''
Pak Phanang	08^o16'34.2"	100^o16'08.6"

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

(1) สำรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2) เตรียมแบบจำลอง Prognostic และแบบจำลอง Diagnostic

(3) การกำหนดโดเมนของพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 170,522 km^2



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาของโครงการวิจัย

(4) การเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง Prognostic และแบบจำลอง Diagnostic

(5) รันแบบจำลอง Prognostic

(6) การจัดทำแผนที่เวกเตอร์จะใช้สำหรับเป็นข้อมูลดิจิตอลป้อนให้กับโปรแกรม WAsP 9.0 ซึ่งจะเตรียมจากแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Mapping) และแผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Mapping) โดยห่างจากสถานีโดยรอบ 15 km

(7) รันแบบจำลอง Diagnostic

(8) เปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแบบจำลอง Prognostic และแบบจำลอง Diagnostic

(9) ตรวจสอบความถูกต้องของผลการรันแบบจำลอง Prognostic และแบบจำลอง Diagnostic

(10) จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

(11) การเผยแพร่ผลงานวิจัย

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์วัดต่างๆ

(1) เซนเซอร์วัดอัตราเร็วลม เป็นชนิดสามลูกถ้วยรุ่น NRG #40C Anemometer แสดงดังรูปที่ 3.2 (A) เป็นหัววัดที่นำมาใช้วัดอัตราความเร็วลม สร้างขึ้นจากวัสดุชนิด Thermoplastic แบบ Black Acrylonitrile-Butadiene-Styrene เพื่อความคงทนต่อการใช้งานในสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถวัดความเร็วลมได้ในช่วง 1-96 m/s
- ค่าความละเอียดในการวัดความเร็วลมคือ 0.1 m/s ในช่วงความเร็วลม 5–25 m/s
- แสดงผลสัญญาณในรูปคลื่น Sine
- ช่วงความถี่ของคลื่นอยู่ในช่วง 0-25 Hz
- ฟังก์ชันที่ใช้ในการแปลงสัญญาณคือ m/s = (Hz x 0.765) + 0.35 และ miles per hour = (Hz x 1.711) + 0.78
- Starting Threshold 0.5 m/s
- ช่วงอุณหภูมิใช้งาน -55 °C ถึง 60 °C
- มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 2–6 ปี

(2) เซนเซอร์วัดทิศทางลม ใช้รุ่น SP200 เป็นหัววัดที่นำมาใช้วัดทิศทางลม แสดงดังรูปที่ 3.2 (B) สร้างขึ้นจากวัสดุชนิด Black UV Stabilized Static-Dissipating Plastic เพื่อความคงทนต่อการใช้งานในสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีรายละเอียดล่างนี้

- สามารถวัดทิศทางลมได้ 360 องศา
- แสดงผลสัญญาณแบบสัญญาณ Analog
- การแปลงสัญญาณแสดงผลเป็นแบบ Radiometric Voltage
- ค่าความแม่นยำในการวัดทิศทางลมมีความผิดพลาดมากที่สุดร้อยละ 1
- ใช้ Supply Voltage ขนาด 1-15 V
- Starting Threshold ขนาด 1 m/s
- ช่วงอุณหภูมิใช้งาน -55 °C ถึง 60 °C
- มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง 2-6 ปี

(A) เซนเซอร์วัดอัตราเร็ว (B) เซนเซอร์วัดทิศทางลม

รูปที่ 3.2 เซนเซอร์วัดอัตราเร็ว (ซ้าย) และทิศทางลม (ขวา)

(3) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในโครงการนี้เป็นรุ่น NRG #110S Temperature Sensor แสดงดังรูปที่ 3.3 เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นได้ในชุดเดียวกัน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40°C ถึง 52.5°C และสามารถวัดความชื้นได้ในช่วง 0-100% RH
- ค่าความแม่นยำในการวัดอุณหภูมิ
- Offset is +/- 0.8°C (1.4°F) Maximum
- Nonlinearity is +/- 0.33°C (+/- 0.6°F) Maximum
- Total Error +/- 1.1°C (2°F) Maximum
- ฟังก์ชันที่ใช้ในการแปลงสัญญาณคือ Temp = (Voltage x 55.55) - 86.38°C
- หัววัดประกอบอยู่ใน UV-Stabilized Thermoplastic พร้อม Solar Radiation Shield
- มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสามารถใช้งานได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 10 ปี

(4) เซนเซอร์วัดความดันบรรยากาศ เซนเซอร์วัดความดันบรรยากาศรุ่น BP20 Barometric Pressure Sensor แสดงดังรูปที่ 3.4 เป็นอุปกรณ์วัดความดันบรรยากาศ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สามารถวัดความดันบรรยากาศในช่วง 15-115 kPa
- แสดงผลสัญญาณแบบ Linear Analog Voltage
- ฟังก์ชันใช้ในการแปลงสัญญาณคือ Absolute Pressure in kPa = (Voltage x 21.79) + 10.55
- ค่าความผิดพลาดสูงสุดในการวัดความดันบรรยากาศคือ ± 1.5 kPa
- แสดงผลสัญญาณทุกๆ 15 ms
- ใช้ Supply Voltage ขนาด 7 V ถึง 35 V

- ช่วงอุณหภูมิใช้งาน 10-50 °C
- มีความทนทานต่อสภาวะอากาศสามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง 2–6 ปี

รูปที่ 3.3 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รุ่น NRG #110S Temperature Sensor

รูปที่ 3.4 เซนเซอร์วัดความดันบรรยากาศรุ่น BP20 Barometric Pressure Sensor

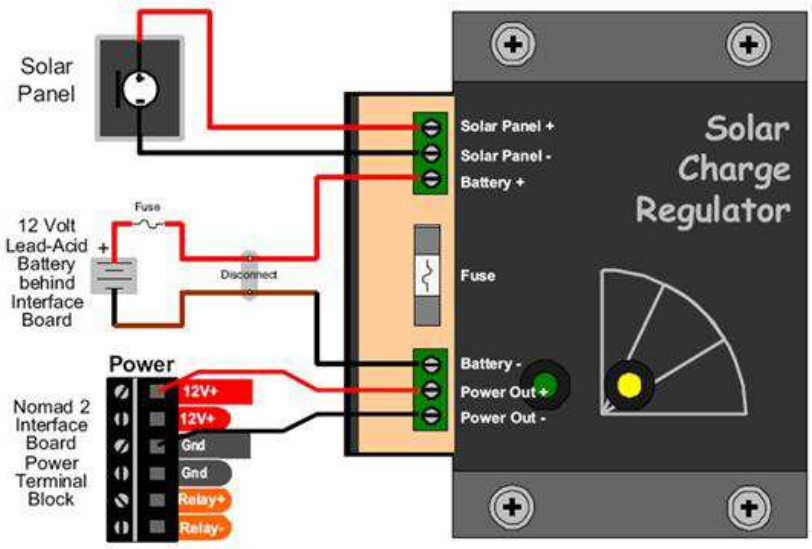
(5) อุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติ อุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 3.5 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของความเร็วลม ทิศทางลม ความดันบรรยากาศตลอดจนอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลรุ่น NOMAD™ II Wind Data Logger ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- มีจำนวนช่องสัญญาณขาเข้า แบบ Counter จำนวน 12 ช่อง
- มีจำนวนช่องสัญญาณขาเข้า แบบอนาล็อก จำนวน 8 ช่อง
- ใช้ Supply Voltage ขนาด 9-12 V

- มีช่องสำหรับต่อชุด Sensor แบบ RS232C 3 ประเภทคือ Local Port, Remote Port และ Device Port
- แสดงผลสัญญาณแบบ Linear Analog Voltage
- บันทึกข้อมูลความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิสภาพแวดล้อม ความดันบรรยากาศ
- สามารถตั้งค่าช่วงเก็บข้อมูลได้ในช่วงตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 18 ชั่วโมง
- สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิไม่น้อยกว่า -40 °C ถึง 85°C
- ติดตั้งอยู่ภายในตู้ที่ป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศ (Weather Proof) พร้อมฝาสำหรับเปิด-ปิด และชุดจับยึดสำหรับติดตั้งกับเสา
- การเชื่อมต่อสัญญาณสามารถใช้ระบบ GSM/GPRS, CDMA, AMPS, POT, Cellular Modems หรือใช้ระบบดาวเทียม Satellite Modem เพื่อดึงข้อมูลต่างๆ ที่ Sensor วัดได้
- แบตเตอรี่เป็นประเภท Solar Cell สามารถเก็บประจุเองได้

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์บันทึกข้อมูลรุ่น NOMAD™ II Wind Data Logger

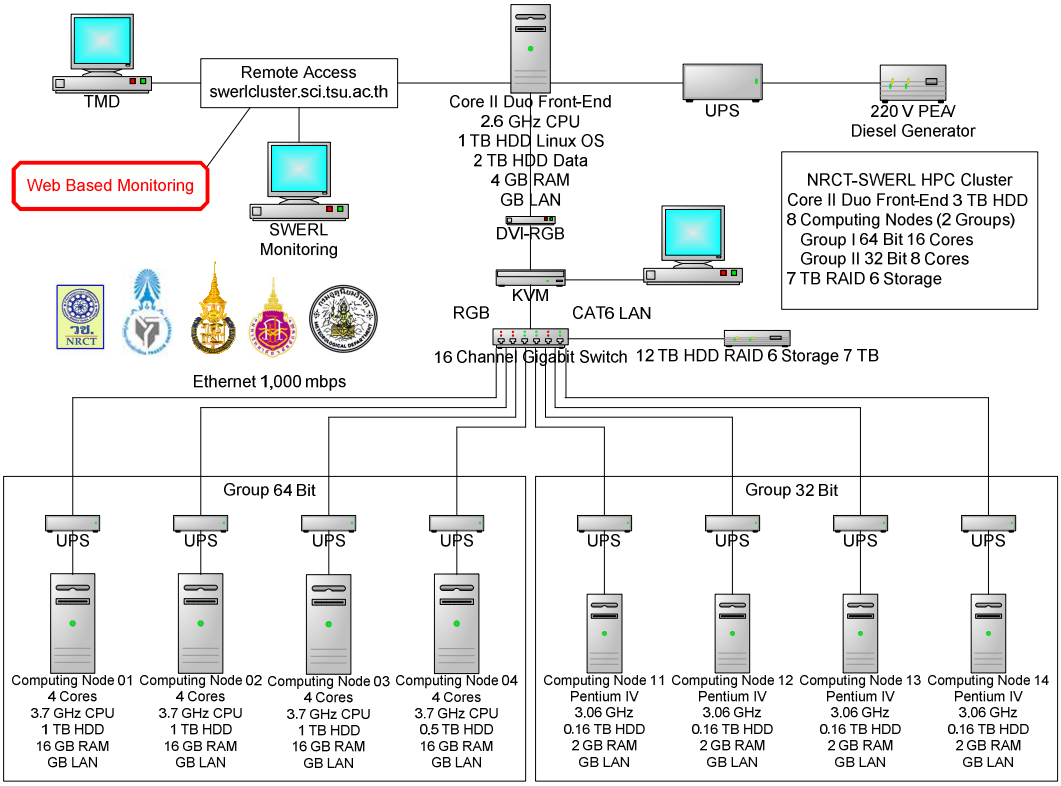
(6) ระบบไฟฟ้าสำรอง ระบบไฟฟ้าสำรองเป็นระบบไฟฟ้าที่ใช้สำหรับในกรณีที่แบตเตอรี่ในอุปกรณ์บันทึกข้อมูลระบบอัตโนมัติหมด แสดงดังรูปที่ 3.6 ประกอบไปด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 9 W และอุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่และแบตเตอรี่ขนาด 6 V



รูปที่ 3.6 Solar Charge Regulator

(7) ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ CPU Quad Core 64 Bit จำนวน 4 เครื่อง รวมหน่วยประมวลผลกลาง 16 Cores ทำหน้าที่เป็น Compute Node จำนวน 4 Node และคอมพิวเตอร์ CPU Core II จำนวน 1 เครื่อง สำหรับทำหน้าที่เป็นเครื่อง Front-End โดยมีระบบเก็บข้อมูล Storage RAID 6 ขนาดความจุ 7 TB เชื่อมต่อกันด้วยระบบสื่อสารขนาดความเร็วระดับ GB โดยมีสถาปัตยกรรมของระบบคลัสเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.7 และรูปจริงของระบบคลัสเตอร์ดังกล่าวดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 สถาปัตยกรรมของคลัสเตอร์

รูปที่ 3.8 เครื่องคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง

3.4 การประเมินศักยภาพของพลังงานลมนอกชายฝั่ง

(1) การจัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง

โครงการวิจัยนี้ได้จัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าให้กับโปรแกรม WAsP 11.0 โดยได้ดำเนินการจัดทำแผนที่เส้นชั้นความสูง เส้นชั้นละ 30 m โดยอาศัยแผนที่เชิงเลข มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ซึ่งเป็นแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข และใช้โปรแกรม ARC GIS 9.0 สำหรับการสร้างบัฟเฟอร์ของพื้นที่โดยรอบระยะห่าง 15 km จากสถานีวิจัย

(2) การจัดทำแผนที่ขรุขระ

โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการจัดทำแผนที่ดัชนีความขรุขระของพื้นที่รอบๆ สถานีวิจัยพลังงานลมทั้งขนาด 15 km โดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งแปลผลมาจากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT5 ขนาดความแยกชัด 10 m โดยใช้โปรแกรม Erdas Imagine 8.7

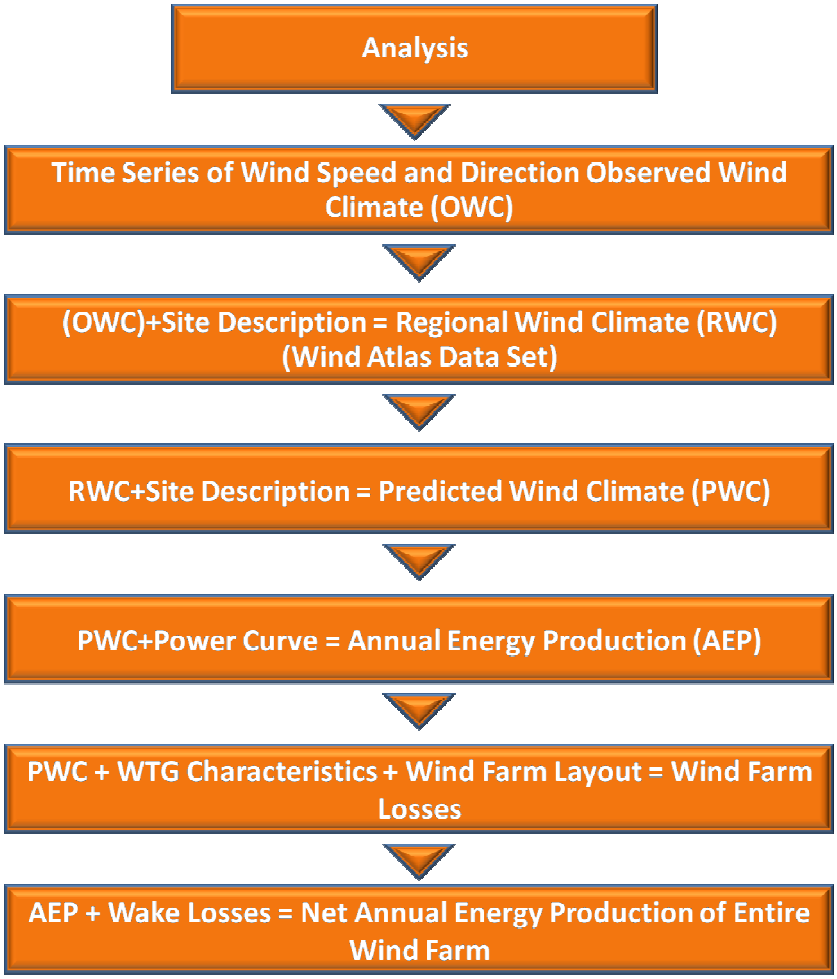
(3) พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (Annual Energy Production)

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตรายปีได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WAsP 11.0 ซึ่งต้องอาศัยค่ากำลังการผลิตเต็มพิกัด (Rated Capacity) ของกังหันลม โดยในโครงการวิจัยนี้ได้อาศัยกังหันลมผลิตไฟฟ้าของ G114-2.5 และ UP103-2000 ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี

ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป WAsP 11.0 จำเป็นต้องพัฒนาพื้นที่ทำงาน (Workspace) ในโปรแกรมซึ่งมีแนวคิดของการทำงานเป็นแบบลำดับขั้น (Hierarchy Process) โดยในการวิเคราะห์นั้นต้องใช้ข้อมูลนำเข้าของอัตราเร็วและทิศทางของลมระยะยาว (OWC) เพื่อสร้างแผนที่ลม (Wind Atlas) โดยนำเข้าข้อมูลแผนที่เวกเตอร์ (Vector Map) ซึ่งเป็นผลการรวมแผนที่เส้นชั้นความสูง (Contour Map) เข้ากับแผนที่ดัชนีความขรุขระ (Roughness Index Map) โดยใช้โปรแกรม WAsP Utility 3.0 หลังจากนั้นจึงทำการนำเข้าพิกัดสถานีตรวจวัดลมเพื่อแสดงตำแหน่งสถานีวิจัยพลังงานลม (Met Station) ต่อจากนั้นเป็นการอินพุทพิกัดของสถานที่ติดตั้งกังหันลมสำหรับการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกกังหันลมผลิตไฟฟ้าและทำการสร้างกริด (Resource Grid) เพื่อการคำนวณ ขั้นตอนการจัดทำแผนที่ลมแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.9

(4) การประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

ในการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้อาศัยการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลม ได้ทำการวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมแบบ VSPP ซึ่งมีกำลังการผลิตติดตั้งไม่เกิน 10 MW โดยคัดเลือกกังหันลมผลิตไฟฟ้า 2 รุ่น ได้แก่ UP103-2000 ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2 MW และ G114-2.5 ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 2.5 MW ทั้งในพื้นที่ อ.เกาะพะงัน จ.สุราษฎร์ธานี และพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช โดยอาศัยแบบจำลองการไหลของลมแบบอากาศพลศาสตร์ (CFD, WindSim 6.2) และแบบจำลองเชิงเส้น (Linearized Model, WAsP 11)



รูปที่ 3.9 ระเบียบวิธีในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม