บทที่ 3

วิธีการวิจัย

1. การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศระยะยาวบนพื้นที่สูง (5-10 ปีสำหรับพื้นที่สูง และ 20-60 ปีสำหรับพื้นราบ) จากทั้งข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ประกอบกับข้อมูลเชิงดัชนีในอดีต และข้อมูลจากพื้นที่ราบ โดยหลักการทางสถิติและคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินลักษณะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูง

1) รวบรวมผลจากงานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงที่มีอยู่แล้วจากหน่วยงานต่างๆ และจากผลการตีพิมพ์ เพื่อให้ได้คลังข้อมูลปัจจุบันมากที่สุดสำหรับการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย

2) รวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจากดัชนีบ่งชี้สภาพอากาศอื่นๆ เช่น วงปีของต้นไม้และหินงอกหินย้อย ที่สามารถบ่งชี้ถึงปริมาณน้ำและอุณหภูมิรายปีย้อนหลังนับเป็นร้อยปีจากนักวิจัยที่เคยศึกษาข้อมูลเหล่านี้ไว้แล้ว (Buckley *et al*., 2007; Cai *et al*., 2010, Cook *et al*., 2010, Pumijumnong and Eckstein, 2011; Muangsong *et al*., 2013; Muangsong *et al*., 2014) จะมีการเก็บข้อมูลวงปีเพิ่มเติมบางจุดบนพื้นที่สูงที่ไม่มีข้อมูลจากอดีตหรือจากการตรวจวัดเพียงพอและใช้การวัดทางกายภาพและการตรวจทางเคมีด้วยไอโซโทปเพื่อเป็นตัวบ่งชี้สภาพอากาศ

3) รวบรวมข้อมูลตรวจวัดตรงและดัชนีสภาพอากาศจากศูนย์ตรวจวัดมากกว่า 200 จุดในภาคเหนือ ทั้งนี้จะมีการรวบรวมข้อมูลจาก

- กรมอุตุนิยมวิทยา
- กรมชลประทาน
- กรมป่าไม้
- ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจาก GISTDA
- ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากศูนย์จัดการความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START RC)
- ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศสากล เช่น จาก CLIMWAT, International Research Institute for Climate and Societyและ National Ocean and Atmospheric Administration เพื่อตรวจสอบสถานภาพของ ENSO, PDO และ IOP

ตัวแปรทางสภาพภูมิอากาศที่สำคัญต่อการใช้ในเชิงการเกษตรที่ต้องรวบรวม ได้แก่

- ความสูงจากระดับน้ำทะเล และความเค็ม

- อุณหภูมิรายวัน เฉลี่ย สูงสุด ต่ำสุด
- ปริมาณน้ำฝนรายวันเฉลี่ย สูงสุด ต่ำสุด ปริมาณน้ำในแต่ละฤดู
- ปริมาณน้ำท่าหรือความสูงระดับน้ำของแหล่งน้ำ
- ปริมาณการคายระเหย
- ความชื้นสัมพัทธ์
- ปริมาณเมฆ
- ความเร็วลม
- ปริมาณน้ำในดิน
- ปริมาณแสง

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อหาลักษณะความเปลี่ยนแปลง ความเสี่ยง และพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางสถิติและคณิตศาสตร์โดยจะใช้ข้อมูลจากพื้นที่ที่มีข้อมูลยาวกว่า 10-20 ปี เพื่อบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ โดยจะมีการคำนวณข้อมูลเชิงสถิติ เช่น การคำนวณปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด เฉลี่ย ความเสี่ยงของการเกิดสภาพอากาศรุนแรง (เช่น น้ำท่วม ความแห้งแล้ง จำนวนวันที่ฝนไม่ตก หรืออุณหภูมิสูง/ต่ำเกินกว่ากำหนด) การเปลี่ยนแปลงจำนวนวันที่เหมาะสมต่อการเกษตรประเภทต่างๆ เวลาเริ่มฤดูกาล และอื่นๆ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.1 ทั้งนี้ จะมีการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศในระบบใหญ่ เช่น ENSO PDO และ IOP ด้วย เนื่องจากเหตุการณ์เหล่านี้จะทำให้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีความรุนแรงมากขึ้น ทั้งนี้จะมีการใช้โปรแกรมทางสถิติและโปรแกรมวิเคราะห์ทางสภาพภูมิอากาศที่มีอยู่แล้วเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ เช่น โปรแกรม MATLAB และ Climate Data Analysis Tools (CDAT) แยกตามแต่ละลุ่มน้ำไปตามโซนนิ่งการเกษตรและจะมีการใช้คำนวณความสัมพันธ์ (correlation coefficient cross-correlation coefficient และ ANOVA) การวิเคราะห์หลายตัวแปรด้วย Principle Component Analysis เพื่อหาปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและผลกระทบจาก ocean-atmosphere climate coupling

ตาราง 3.1 ขอบเขตการดำเนินการจัดทำข้อมูลภูมิอากาศในอดีต ปัจจุบัน และภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะสั้นและระยะยาว

ห้วงเวลา	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล
อดีตถึงปัจจุบัน	- อุณหภูมิ - ปริมาณน้ำฝน - ตัวแปรอื่นๆ ที่สำคัญต่อการเกษตรตามที่กล่าวในหัวข้อ 8.1.3	- ข้อมูลกาลอากาศเชิงอดีตทางเคมี - ทบทวนวรรณกรรม - ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจอากาศ

ตาราง 3.1 ขอบเขตการดำเนินการจัดทำข้อมูลภูมิอากาศในอดีต ปัจจุบัน และภาพฉายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะสั้นและระยะยาว (ต่อ)

ห้วงเวลา	ตัวแปร	แหล่งข้อมูล
ภาพฉายในอนาคต ระยะสั้น(เดือน ถึง ปี) ระยะยาว(หลายสิบปี)	- อุณหภูมิ - ปริมาณน้ำฝน	- ข้อมูลภาพฉายจากแบบจำลองภูมิอากาศต่างๆ และการทวนสอบ (Validation) ให้มีความสอดคล้องและใช้งานได้บนพื้นที่สูง - จากแบบจำลอง Neuron Networks ใหม่

ตาราง 3.2 ตัวอย่างปัจจัยและตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศที่ต้องวิเคราะห์

ปัจจัยเชิง	ตัวอย่างตัวแปรต้นหรือความเสี่ยงที่จะต้องนำไปเปรียบเทียบ
ปริมาณน้ำในฤดูเพาะปลูก	สถาติน้ำฝนและน้ำท่า โดยรวย เฉลี่ย สูงสุด ต่ำสุดในแต่ละฤดูเพาะปลูก
ความเสี่ยงต่อน้ำท่วม	จำนวนวันที่เกิดน้ำท่วม สถิตินำ้ท่วมหรือพายุที่มีความรุนแรงต่างๆ กัน จำนวนวันที่ฝนตกเกินกว่า x มม. ปริมาณน้ำท่าและความถี่ของปริมาณน้ำท่าที่สูงๆ Hydrographs
ความแห้งแล้ง	จำนวนวันที่ฝนตกไม่ติดต่อกันเกินx วัน สถิติปริมาณน้ำฝนรวม และการกระจายตัวของฝน
อุณหภูมิเสี่ยง	สถิติอุณหภูมิ เฉลี่ย สูงสุด ต่ำสุดในแต่ละฤดูเพาะปลูก ปริมาณวันที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินกว่ากำหนด
ฤดูกาลทำการเกษตร	เวลาเริ่มฤดูฝนที่ฝนตกติดต่อกันเกินกว่า x วัน เวลาที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมต่อพืช
ความเสี่ยงจากการทวีความรุนแรงของสภาพอากาศเนื่องจาก Ocean-Atmospheric coup;ing	ดัชนี ENSO, PDO, IOP เช่น Nino3.4SST
ความเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ในระยะยาว	การดูการเปลี่ยนแปลงของสถิติเหล่านี้ในระยะยาว หาอัตราการเปลี่ยนแปลง

2. การสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์ลักษณะสภาพภูมิอากาศในอนาคตในระยะสั้น (เดือน ถึง ปี)

เพิ่มข้อมูลและปรับใช้การพัฒนาแบบจำลอง Global Climate Models(GCMs) เช่น ECHAM4 หรือ ECHAM5 (Roeckner *et al*., 2006)ร่วมกับแบบจำลองในระดับภูมิภาค PRECIS ซึ่งมีการพัฒนาแล้วในไทย (Chinvanno *et al*.,2009) ทั้งนี้จะมีการปรับปรุงและเพิ่มข้อมูลเพื่อพยากรณ์สภาพภูมิอากาศในพื้นที่สูงทางภาคเหนือให้ครอบคลุมพื้นที่โครงการหลวง 38 แห่ง และโครงการขยายผลโครงการหลวง 29 แห่ง ใช้ในการประเมินความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศต่อปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยบ่งชี้ทิศทางสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ชัดเจนขึ้นทั้งนี้จะเน้นการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อสภาพอากาศรุนแรงและผลหนุนจาก ocean-atmosphere coupling(ENSO PDO และ IOP)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ก) โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Back propagation artificial neural network)

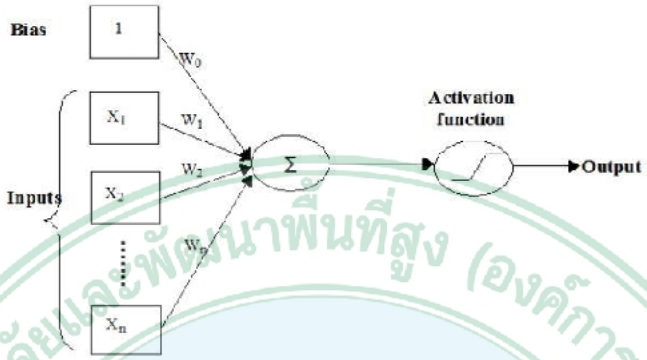
โครงข่ายประสาทเทียมคือ โมเดลทางคณิตศาสตร์แบบไม่เชิงเส้นสำหรับการคำนวณเพื่ออธิบายกระบวนการแบบไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อน โดยเทคนิควิธีการนี้ได้มาจากการเลียนแบบโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (bioelectric network) ในสมองของคนเรา ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) และจุดประสานประสาท (synapses) ดังนั้น โครงข่ายประสาทเทียมจึงมีการทำงานโดยเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทจนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซตของบัพ (node) ซึ่งอาจจะถูกกำหนดให้เป็นบัพอินพุต (input nodes) บัพเอาต์พุต (output nodes) หรือบัพอยู่ระหว่างกลางซึ่งเรียกว่า บัพซ่อนตัว (hidden nodes) และมีการเชื่อมต่อระหว่างบัพ (หรือนิวรอน) โดยกำหนดค่าน้ำหนัก (weight) กำกับอยู่ที่เส้นเชื่อมทุกเส้นที่ต่อระหว่างบัพ เมื่อข่ายงานเริ่มทำงานจะมีการกำหนดค่าให้แก่บัพอินพุต จากนั้นบัพอินพุตจะส่งค่าที่ได้รับไปตามเส้นเชื่อมขาออก โดยค่าที่ส่งออกไปจะถูกคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมเพื่อเป็นค่าที่รับเข้ามาสำหรับบัพในชั้นถัดไปซึ่งเป็นผลรวมจากบัพต่างๆแล้วจึงคำนวณผลออกมาเป็นเอาท์พุต

โดยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Backpropagation) เป็นการฝึกฝนกระบวนการส่งค่าย้อนกลับ โดยข้อมูลจะผ่านเข้าโครงข่ายประสาทเทียมที่ชั้นข้อมูลเข้าและจะส่งผ่านจากอีกชั้นหนึ่งไปสู่อีกชั้นหนึ่งจนกระทั่งถึงชั้นข้อมูลออก แต่หากเกิดผลต่างของผลตอบที่แท้จริง (Actual Response) กับผลตอบเป้าหมาย (Target Response) โครงข่ายประสาทเทียมก็จะส่งสัญญาณผิดพลาด (Error Signal) ย้อนกลับเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมในทิศทางตรงกันข้ามกับการเชื่อมต่อ และค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อจะถูกปรับจนกระทั่งผลตอบที่แท้จริงเข้าใกล้ผลตอบเป้าหมาย

โดยทั่วไปโครงข่ายประสาทเทียมประกอบไปด้วยสามส่วนหลักใหญ่ๆ ดังนี้

1. Input layer
2. Hidden layer
3. Output layer



ภาพ 3.1 ตัวอย่างโครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นซ่อนตัวเดียว

ในแต่ละเลเยอร์จะประกอบไปด้วยบัพซึ่งมีจำนวนที่ต่างไปขึ้นอยู่กับลักษณะงานดังแสดงในภาพ 3.1 และโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งๆอาจประกอบไปด้วยชั้นซ่อนตัวมากกว่า 1 ชั้นได้และในแต่ละชั้นของชั้นซ่อนตัว (Hidden Layer) จะมีฟังก์ชันสำหรับคำนวณเมื่อได้รับสัญญาณจากโหนดในชั้นก่อนหน้านี้ ฟังก์ชันที่ใช้ในการรวมค่านี้เรียกว่า Activation Function โดยในแต่ละชั้นไม่จำเป็นต้องเป็นฟังก์ชันเดียวกันก็ได้ ชั้นซ่อนตัวนั้นมีหน้าที่สำคัญคือจะต้องพยายามแปลงข้อมูลที่เข้ามาในชั้น (Layer) นั้นๆ ให้สามารถแยกแยะความแตกต่างโดยใช้เส้นตรงเส้นเดียว (Linearly Separable) และก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งไปถึงชั้นข้อมูลออก (Output Layer) ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้ชั้นซ่อนตัวมากกว่า 1 ชั้นในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป Linearly Separable

ข) Wavelet decomposition

การแปลงแบบ Wavelet เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการอธิบายโครงสร้างของระบบสัญญาณที่ประกอบด้วยสัญญาณเฉพาะหลายๆสัญญาณมารวมกัน โดยมีหลักการคือแปลงสัญญาณจาก Time Domain ไปเป็น Frequency Domain การแปลง wavelet แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย หรือ DWT (Discrete wavelet transform)
2. การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง หรือ CWT (Continuous wavelet transform)

ในการวิจัยครั้งนี้เราจะใช้การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยในการพิจารณาร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณน้ำฝน

การแปลง wavelet ของสัญญาณจะแสดงในรูปของผลรวมสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) และองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) ในระดับต่างๆ โดยจะมี

ค่าสัมประสิทธิ์ wavelet ทำหน้าที่เป็นค่าน้ำหนักขององค์ประกอบความถี่แต่ละระดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบความถี่ต่ำและความถี่สูงสามารถหาได้จากการใช้ตัวกรองประเภท low-pass และ high-pass ตามลำดับ

ด้วยการแปลง wavelet แบบ A` trous (A` trous wavelet transformation) ที่มีคุณสมบัติที่ให้ค่าสัญญาณที่มีความยาวเท่าเดิมซึ่งต่างจากการแปลง wavelet ในแบบอื่นๆที่มักจะตัดความยาวเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของสัญญาณเดิม เราจะได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบความถี่ต่ำและความถี่สูงสามารถหาได้ดังนี้

ถ้าเรามีสัญญาณที่ขึ้นกับเวลา x(t) สัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) ที่ค่า resolution ระดับ j ณ ตำแหน่ง k (นั่นคือ $C_j(k)$)สามารถคำนวณได้โดยสมการข้างล่าง

$$C_j(k) = \sum_{l=0}^{N} h(l) C_{j-1}\left(k + 2^j l\right) \quad (1)$$

โดย *h(l)* คือ low-pass filter

ส่วนสัญญาณองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) ที่ค่า resolution ระดับ j ณ ตำแหน่ง k (นั่นคือ $w_j(k)$) สามารถคำนวณได้จากผลต่างระหว่างสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) สองระดับที่อยู่ติดกันดังสมการข้างล่าง

$$W_j(k) = C_{j-1}(k) - C_j(k) \quad (2)$$

ดังนั้นเราจะได้ว่าสัญญาณ x(k) ที่ต้องการสามารถสร้างได้จากสัญญาณองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) และสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) โดย

$$x(k) = C_N(k) + \sum_{j=1}^{N} W_j(k) \quad (3)$$

โดย N คือค่าระดับ resolution.

3. การจัดทำฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงเบื้องต้นที่สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาบนพื้นที่สูง

ใช้ข้อมูลจากผลการศึกษาข้อ 1 และ 2 เป็นข้อมูลเพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลและสารสนเทศภูมิอากาศ ประกอบด้วยกระบวนการ

1) การออกแบบและวิเคราะห์ระบบ (System analysis)

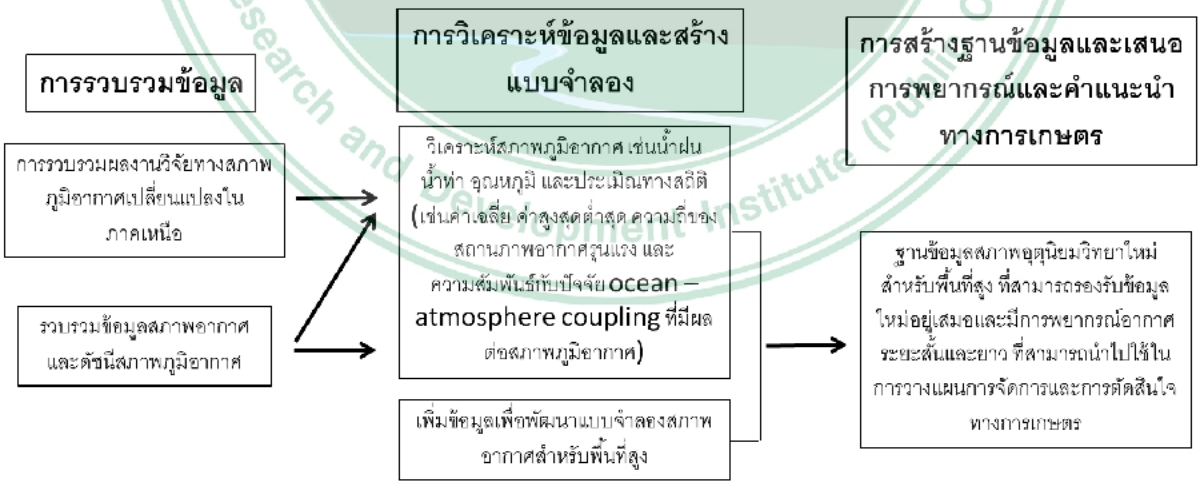
2) การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ระบบฐานข้อมูล (User requirement)

3) การออกแบบฐานข้อมูลกาลอากาศและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Spatial and Database design)

4) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Software design and development) ประกอบด้วย ระบบนำเข้าข้อมูล (Data input system) การจัดทำระบบสืบคืนข้อมูล แสดงผล และรายงานผลข้อมูลและสารสนเทศ (System for query display and reporting data and information system from database) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการจัดการเกษตรที่สูง (Decision support system) โดยการพัฒนาระบบสารสนเทศใช้แนวคิด Web Base Application ที่สามารถดูแลจัดการ แก้ไข ปรับปรุงระบบ และการใช้งานที่ต้องสามารถดำเนินการผ่านทางโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ ทั้งนี้ระบบการจัดการฐานข้อมูลและโปรแกรมประยุกต์ติดตั้งและทำงานบนโปรแกรมฐานข้อมูล Microsoft SQL Server 2012ใน Web Server และเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) กรณีที่มีการแสดงผลข้อมูลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะแสดงผลโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายจากดาวเทียม ใน www.maps.google.co.th

5) การทดสอบระบบและฝึกอบรมผู้ใช้ โดยมีเอกสารประกอบการออกแบบระบบและออกแบบฐานข้อมูล รวมทั้งคู่มือประกอบการใช้งานอย่างละเอียดเมื่อการพัฒนาระบบฯ เสร็จสิ้น โครงการวิจัยจะส่งมอบ Source code ที่สามารถทำการแก้ไขได้ ให้แก่สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ทั้งนี้จะมีการสร้างฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศเบื้องต้นในปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 และจะมีการพัฒนาเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย



สถานที่ดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง 38 แห่ง
2. พื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวง 29 แห่ง