

การเฝ้าระวังภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าว  
จากข้อมูล NOAA-AVHRR ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

นายอนุชิต พย์กมฺิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2553

**AGRICULTURAL DROUGHT MONITORING AND RICE  
YIELD ESTIMATION FROM NOAA-AVHRR DATA IN  
NORTHEAST THAILAND**

**Anuchit Phayakkin**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Science in Geoinformatics  
Suranaree University of Technology  
Academic Year 2010**

การเฝ้าระวังภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าว  
จากข้อมูล NOAA-AVHRR ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์)  
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง)  
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์)  
กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิ้มปิ๋จันจค์)  
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ แม่นยำ)  
คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์

อนุชิต พัยคณิน : การเฝ้าระวังภัยแล้งทางการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าว  
จากข้อมูล NOAA-AVHRR ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย  
(AGRICULTURAL DROUGHT MONITORING AND RICE YIELD ESTIMATION  
FROM NOAA-AVHRR DATA IN NORTHEAST THAILAND). อาจารย์ที่ปรึกษา :  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง, 128 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการศึกษาประกอบด้วย (1) เพื่อสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR สำหรับใช้ในการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งทางการเกษตร (2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี และ (3) เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี

ในการศึกษาครั้งนี้ นำข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2540 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 มาสร้างเป็นชุดข้อมูลภาพสมดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) และอุณหภูมิความสว่าง (BT) ในคาบ 10 วัน เพื่อนำไปสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมประกอบด้วย ดัชนีสถานะพืชพรรณ (VCI) ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (TCI) และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI) จากนั้น นำดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิไปใช้ในการค้นหา ติดตาม และจัดทำแผนที่ภัยแล้งทางการเกษตร และสถานะความเค็มของพืชพรรณ และนำไปใช้อธิบายความสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและผลผลิตข้าวนาปี รวมทั้ง นำไปใช้ในการจัดสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีรายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยอาศัยสมการถดถอยแบบพหุนาม

ผลการศึกษา พบว่า ดัชนีสถานะพืชพรรณสามารถค้นหาปีที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้งได้ ซึ่งบ่งชี้ข้อมูลทางกายภาพของภัยแล้ง ประกอบด้วย ขอบเขตและระยะเวลาของภัยแล้ง ความสัมพันธ์ระหว่างภัยแล้งกับพฤติกรรมการเพาะปลูกทางการเกษตร พลวัตของการขยายขอบเขตและความรุนแรงของภัยแล้ง ในขณะเดียวกัน ดัชนีสถานะอุณหภูมิ เป็นข้อมูลสนับสนุนในการบ่งชี้พืชพรรณที่เกิดความเค็ม อันเนื่องมาจากความแห้งแล้งและความชื้นที่มีมากเกินไป นอกจากนี้ ค่าดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและผลผลิตข้าวนาปีอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่า ดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิกับปริมาณน้ำฝน (SPI-3 SPI-6 และ SPI-12) จะสัมพันธ์กันแบบทิศทางเดียวกันหรือตรงกันข้ามกัน ในขณะเดียวกัน พบว่า ดัชนีสถานะพืชพรรณในคาบเวลาจำเพาะจะสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวนาปีแบบเชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกัน ในขณะเดียวกัน ค่าดัชนีสถานะอุณหภูมิในหลายคาบเวลาจำเพาะจะสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว

นาปีแบบเชิงเส้นตรงในหลายทิศทาง สำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี อาศัยการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบพหุนามของความสัมพันธ์ 2 รูปแบบ คือ (1) ผลผลิตข้าวนาปีกับดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งแต่ปี 2550 และ (2) ผลผลิตข้าวนาปีกับดัชนีสภาวะพืชพรรณ และนำผลที่ได้รับจากการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMS error) มาใช้ตัดสินแบบจำลองที่เหมาะสม โดยพบว่า แบบจำลองระหว่างผลผลิตข้าวนาปีกับดัชนีสภาวะพืชพรรณ ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 6.204 มีค่าน้อยกว่าแบบจำลองระหว่างผลผลิตข้าวนาปีกับดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งแต่ปี 2550 ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 7.326 ดังนั้น จึงเลือกใช้แบบจำลองระหว่างผลผลิตข้าวนาปีกับดัชนีสภาวะพืชพรรณ เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี

จากผลการศึกษารูปได้ว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งแต่ปี 2550 สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ดีในการค้นหา ติดตาม และจัดทำแผนที่ภัยแล้งทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอบเขตของภัยแล้ง ระยะเวลาการเกิดภัยแล้ง และความสัมพันธ์ระหว่างภัยแล้งกับปฏิทินการเพาะปลูกทางการเกษตร และบ่งชี้สภาวะความเค็มของพืชพรรณเนื่องจากความผันแปรของสภาพอากาศ

ANUCHIT PHAYAKKIN : AGRICULTURAL DROUGHT MONITORING  
AND RICE YIELD ESTIMATION FROM NOAA-AVHRR DATA IN  
NORTHEAST THAILAND. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUWIT  
ONGSOMWANG, Dr. rer. Nat. 128 PP.

AGRICULTURAL DROUGHT MONITORING/RICE YIELD ESTIMATION  
MODELING/NOAA-AVHRR INDICES

The main objectives of the study include: (1) to create environmental indices from NOAA-AVHRR for agricultural drought detecting, monitoring and mapping, (2) to study the relationship between environmental indices with rainfall and rice yield and (3) to create a model for estimating rice yield.

In this study, NOAA-AVHRR datasets from 1 January 1997 to 31 December 2000 and 1 January 2005 to 31 December 2009 were firstly compiled and generated 10 days NDVI and BT composite dataset for creating the environmental indices including Vegetation Condition Index (VCI), Temperature Condition Index (TCI) and Vegetation Health Index (VHI). VCI and TCI were then used to detect and monitor crops drought and vegetation stresses and to describe their relationships with rainfall data and rice yield. Also, VCI and TCI were used for creation rice yield estimation model in each province of northeast Thailand using multiple linear regression.

The main results found that VCI can be used to detect drought and non-drought year. This can indicate about physical data of drought including drought boundary and period, relationships between drought and crop calendar and dynamic extension and severity of drought. At the same time, TCI can be used as supporting data for

indicating vegetation stresses due to drought and excessive wetness. In addition, VCI and TCI had strong relationship with rainfall and rice yield. It was found that VCI and TVI and rainfall data (SPI-3 SPI-6 and SPI-12) had associated with each other at the same or the opposite direction. In the meantime, VCI at specific periods had strong positive relationships with rice yield but TCI at variety periods had both positive and negative relationship with rice yield. For rice yield estimation, two models including (1) rice yield with VCI and TCI and (2) rice yield with VCI were firstly analyzed using multiple linear regression and average RMS error values were then used to identify an optimum model. It was found that rice yield with VCI model with RMSE of 6.204 provided less average provincial RMSE than rice yield with VCI and TCI model with RMSE of 7.326 and it was selected as an optimum model for rice yield estimation.

In conclusion, it appears that VCI and TCI can be used as a good tool for detecting, monitoring and mapping crop drought, especially drought boundary and period and relationship between drought and crop calendar and for indicating vegetation stresses due to variation of weather.

School of Remote Sensing

Academic Year 2010

Student's Signature \_\_\_\_\_

Advisor's Signature \_\_\_\_\_

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุวิทย์ อ่องสมหวัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการศึกษา และแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการเป็นแบบอย่างในการดำเนินชีวิต ทั้งด้านการทำงานและครอบครัวที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์ อาจารย์ ดร.คุณฤๅ ชาญลิขิต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและปรับแก้ ตั้งแต่โครงร่างวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงเป็นวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณติณณ์ ธิรกุลโตมร และคุณวินัย เขาวเรศ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้ด้านการใช้ซอฟต์แวร์ และอำนวยความสะดวกการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการการรับรู้จากระยะไกล

ขอขอบคุณ คุณรัชนิกร นัตระอุทัย เลขานุการสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล ที่ช่วยเหลือและให้ความรู้งานด้านเอกสาร และการแจ้งข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชา

ขอขอบคุณ นักศึกษาสาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล ที่ให้คำแนะนำการทำวิทยานิพนธ์และเป็นเพื่อนนักศึกษาที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณพนมพร บุญแต่ง ที่คอยเป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างกันเสมอ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นางสมหมาย พัยภิน ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริม และสนับสนุนการศึกษามาเป็นอย่างดีโดยตลอด จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

อนุชิต พัยภิน



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.5 พื้นที่ศึกษา.....	5
1.5.1 ที่ตั้งและการแบ่งเขตการปกครอง.....	5
1.5.2 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิสังคม.....	5
1.5.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา.....	6
1.5.4 สภาพภูมิอากาศ.....	10
1.5.5 สภาพเศรษฐกิจและสังคม.....	10
1.5.5.1 จำนวนประชากรและครัวเรือน.....	10
1.5.5.2 อาชีพ.....	12
1.5.5.3 รายได้.....	14
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	14
<b>2 ปรัชญาวัฒนธรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>15</b>
2.1 คำจำกัดความเกี่ยวกับภัยแล้ง.....	15
2.2 ชนิดของภัยแล้ง.....	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.1	ภัยแล้งเชิงอนุภูมิภาค..... 16
2.2.2	ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา ..... 16
2.2.3	ภัยแล้งเชิงเกษตร ..... 17
2.2.4	ภัยแล้งเชิงเศรษฐกิจ..... 17
2.3	ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ..... 19
2.4	ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมจากข้อมูล NOAA-AVHRR..... 21
2.4.1	ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ..... 21
2.4.2	ดัชนีสถานะพืชพรรณ ..... 23
2.4.3	ดัชนีสถานะอุณหภูมิ..... 25
2.4.4	ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ..... 26
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามภัยแล้งจากข้อมูล NOAA-AVHRR..... 27
<b>3</b>	<b>ข้อมูลและอุปกรณ์และวิธีการศึกษา..... 33</b>
3.1	ข้อมูลและอุปกรณ์..... 33
3.2	วิธีการศึกษา..... 33
3.2.1	การรวบรวมและจัดการข้อมูล NOAA-AVHRR ..... 35
3.2.1.1	การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี..... 35
3.2.1.2	การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR จากดาวเทียม NOAA ..... 35
3.2.1.3	การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต ..... 38
3.2.1.4	การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และค่าอุณหภูมิความสว่าง ..... 39
3.2.1.5	การผสมค่าความสว่างสูงสุด ..... 40
3.2.1.6	การเน้นภาพเชิงพื้นที่ ..... 40
3.2.1.7	การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ ..... 40
3.2.1.8	การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก ..... 41
3.2.1.9	การสร้างข้อมูลใหม่ ..... 42
3.2.1.10	การตัดภาพ ..... 43

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 การสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการติดตามภัยแล้ง	
ทางด้านการเกษตร .....	43
3.2.2.1 การคำนวณดัชนีทางสิ่งแวดล้อม.....	43
3.2.2.2 การจัดทำแผนที่ภัยแล้ง .....	44
3.2.3 การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อม	
กับปริมาณน้ำฝน .....	45
3.2.4 การประเมินผลผลิตข้าวจากข้อมูล NOAA-AVHRR .....	45
3.2.4.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม	
กับผลผลิตข้าว.....	45
3.2.4.2 การสร้างแบบจำลองการประเมินผลผลิตข้าว .....	46
<b>4 ผลการศึกษา .....</b>	<b>47</b>
4.1 การรวบรวมและจัดการข้อมูล .....	47
4.1.1 การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม .....	47
4.1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี .....	49
4.1.3 การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR จากดาวเทียม NOAA .....	50
4.1.3.1 การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูลช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด .....	50
4.1.3.2 การปรับเทียบมาตรฐานของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน.....	51
4.1.4 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต .....	52
4.1.5 การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ .....	55
4.1.6 การคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่าง.....	57
4.1.7 การผสมค่าความสว่างสูงสุด .....	57
4.1.8 การเน้นภาพเชิงพื้นที่.....	60
4.1.9 การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่.....	60
4.1.10 การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก.....	62
4.1.11 การสร้างข้อมูลใหม่.....	63
4.2 การสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร .....	67
4.2.1 ดัชนีสถานะพืชพรรณ .....	67

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2	ดัชนีสถานะอุณหภูมิ..... 67
4.2.3	ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ..... 67
4.3	การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน..... 70
4.3.1	การประเมินสถานะภัยแล้งจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน ..... 70
4.3.2	การประเมินสถานะภัยแล้งจากค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ..... 73
4.4	การประเมินผลผลิตข้าวจากข้อมูล NOAA-AVHRR..... 82
4.4.1	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับผลผลิตข้าว..... 82
4.4.2	การสร้างแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าว ..... 92
4.4.2.1	การประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณ และดัชนีสถานะอุณหภูมิ..... 92
4.4.2.2	การประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณ ..... 97
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ..... 101
5.1	บทสรุป ..... 101
5.1.1	ผลการสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการติดตาม ภัยแล้งทางด้านการเกษตร ..... 101
5.1.2	ผลการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อม กับปริมาณน้ำฝน ..... 102
5.1.3	ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม กับผลผลิตข้าวในปี..... 101
5.1.4	ผลการสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี ..... 103
5.2	ข้อเสนอแนะ..... 103
	รายการอ้างอิง ..... 105
	ภาคผนวก ..... 110
	ภาคผนวก ก การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ..... 112
	ประวัติผู้เขียน ..... 128

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	การแบ่งเขตการปกครองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย..... 7
1.2	จำนวนประชากรและความหนาแน่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย จำแนกรายจังหวัด..... 11
1.3	เนื้อที่ถือครองทางการเกษตรของประเทศไทย..... 12
2.1	วิวัฒนาการของดาวเทียม NOAA..... 20
2.2	ลักษณะเฉพาะของความละเอียดเชิงคลื่นของอุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR..... 21
3.1	ภาพพารามิเตอร์โดยการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก..... 42
4.1	แสดงรายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา..... 48
4.2	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวในปี ..... 83
4.3	แบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะ อุณหภูมิ..... 94
4.4	ผลการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี ในปี พ.ศ. 2552 จากแบบจำลองการประมาณค่า ผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ ..... 95
4.5	ผลการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนี สถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ ..... 96
4.6	แบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณ ..... 98
4.7	ผลการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี ในปี พ.ศ. 2552 จากแบบจำลองการประมาณค่า ผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณ ..... 99
4.8	ผลการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนี สถานะพืชพรรณ ..... 100

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	ที่ตั้งและเขตการปกครองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย..... 8
1.2	ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย..... 9
1.3	การใช้ประโยชน์ที่ดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย..... 13
2.1	ลำดับของผลกระทบที่เกิดจากภัยแล้ง..... 18
3.1	ขั้นตอนหลักของวิธีการศึกษา..... 34
3.2	การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่..... 41
4.1	ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 แสดงภาพแบบสีผสมเท็จ 1 2 4..... 48
4.2	หัวไฟล์ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR..... 49
4.3	ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีของข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR ก่อนการปรับแก้ ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี แสดงค่าความสว่างในแถวหนึ่ง ของแนวกวาดภาพเกิดความเสียหาย..... 49
4.4	ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี แสดงค่าความสว่างในแถวหนึ่งของแนวกวาดภาพที่เสียหายได้รับการปรับแก้..... 50
4.5	รูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ตามเวลา ได้จากการปรับเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17..... 51
4.6	ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการเทียบมาตรฐานของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน (แบนด์ 4) แสดงค่าความแผ่รังสีของ ฉากโลก..... 52
4.7	แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงบนพื้นโลก จากหัวไฟล์ข้อมูลภาพ AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551..... 53

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8	ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ แสดงแนวชายฝั่งจากข้อมูลภาพดาวเทียมและข้อมูลขอบเขตประเทศ จาก L7018 มาตราส่วน 1:50,000 อยู่ในบริเวณเดียวกัน ..... 54
4.9	แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงบนพื้นโลกจากภาพอ้างอิง ..... 54
4.10	ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นและจุดภาพอ้างอิง ในการปรับแก้ ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต ..... 55
4.11	ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ..... 56
4.12	ค่าฮิสโทแกรมของข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ..... 56
4.13	ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่าง ..... 57
4.14	ข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 ..... 58
4.15	ข้อมูลค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 4 ในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 ..... 58
4.16	ข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ หลังการผสมค่าความสว่าง ของจุดภาพสูงสุดในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 ..... 59
4.17	ข้อมูลค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 4 หลังการผสมค่าความสว่าง ของจุดภาพสูงสุดในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 ..... 59
4.18	การเน้นภาพเชิงพื้นที่ โดยตัวกรองเชิงพื้นที่แบบมัชฌิมา และหน้าต่างขนาด 3 × 3 ..... 60
4.19	การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ..... 61
4.20	การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ของค่าอุณหภูมิความสว่าง ..... 62

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.21 ข้อมูลภาพพารามิเตอร์ (แอดคิทิฟ แมกนิจูด และเฟส) ปี พ.ศ. 2551 หลังการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก .....	63
4.22 ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างข้อมูลใหม่ .....	64
4.23 ข้อมูลค่าอุณหภูมิความสว่าง ปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างข้อมูลใหม่ .....	65
4.24 การเปรียบเทียบดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ คาบที่ 19 ปี พ.ศ. 2551 ก่อนการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ หลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ และหลังการสร้างข้อมูลใหม่ .....	66
4.25 แผนที่แสดงสถานะพืชพรรณ ในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541 .....	68
4.26 แผนที่แสดงสถานะอุณหภูมิ ในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541 .....	69
4.27 แผนที่แสดงความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541 .....	69
4.28 กราฟ SPI-12 ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม .....	72
4.29 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวนาปี .....	74
4.30 ดัชนีสถานะพืชพรรณ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2541 .....	75
4.31 ดัชนีสถานะอุณหภูมิ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2541 .....	76
4.32 ดัชนีสถานะพืชพรรณ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2542 .....	78
4.33 ดัชนีสถานะอุณหภูมิ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2542 .....	79
4.34 ดัชนีสถานะพืชพรรณ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2543 .....	80
4.35 ดัชนีสถานะอุณหภูมิ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2543 .....	81
4.36 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะ อุณหภูมิกับผลผลิตข้าวนาปี ในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าว (คาบเวลาที่ 13-30) .....	85
4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิกับผลผลิต ข้าวนาปีในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด .....	89
4.38 ความผันแปรในแต่ละปีของดัชนีสถานะพืชพรรณและผลผลิตข้าวนาปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด .....	91



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาประเทศในระดับภูมิภาคและระดับโลก ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การเพิ่มจำนวนของประชากร การขยายตัวทางเศรษฐกิจและการพัฒนาอุตสาหกรรม ทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ชั้นโอโซนถูกทำลายเนื่องจากอุตสาหกรรมถ่านหิน และมีการตัดไม้ทำลายป่า ซึ่งส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของภูมิอากาศ เช่น ฝน อุณหภูมิ และความชื้น อันเป็นสาเหตุของการเกิดภัยแล้งที่ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ เกิดความเสียหายทางการเกษตร และความอดอยากทั่วไป ภัยแล้งถือได้ว่าเป็นภัยธรรมชาติประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปีและมีช่วงเวลาก่อเกิดที่แตกต่างกัน

ในปัจจุบัน ความถี่และความรุนแรงของภัยแล้งได้กลายมาเป็นหายนะทางสภาพอากาศที่สำคัญของประเทศไทย ความรุนแรงและการแผ่ขยายของภัยแล้ง ได้ก่อให้เกิดความเสียหาย และผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม แหล่งน้ำ ระบบนิเวศทางธรรมชาติ โรงงานอุตสาหกรรม และสิ่งแวดล้อม จากรายงานการประเมินความเสียหายที่เกิดจากภัยแล้งของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พบว่า ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยได้ประสบปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรงที่สุด โดยมีมูลค่าความเสียหายประมาณ 7,566 ล้านบาท และ ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภูมิภาคที่ประสบปัญหาภัยแล้งมากที่สุด โดยมีหมู่บ้านที่ประสบภัยทั้งหมด 11,470 หมู่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 35.21 ของหมู่บ้านทั่วประเทศ ซึ่งมีมูลค่าความเสียหายประมาณ 183.3 ล้านบาท และจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้รับผลกระทบสูงสุด คือ จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดร้อยเอ็ด และจังหวัดสกลนคร คิดเป็นพื้นที่ความเสียหายร้อยละ 52.5 ร้อยละ 46.0 และร้อยละ 45.8 ของพื้นที่จังหวัด ตามลำดับ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2550)

พัฒนาการของภัยแล้ง เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งก่อให้เกิดการสะสมความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การที่ภัยแล้งเป็นปรากฏการณ์ซึ่งเกิดขึ้นอย่างซ้ำๆ จึงเป็นเรื่องยากที่จะสร้างความเข้าใจ จึงได้มีการกำหนดประเภทของภัยแล้งที่เด่นชัดออกเป็น 4 ประเภท คือ ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา ภัยแล้งเชิงเกษตร และภัยแล้งเชิงเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ตาม

ตาม การกำหนดสภาวะภัยแล้ง โดยทั่วไปจะประเมินจากการลดลงของปริมาณน้ำฝน ซึ่งส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำในบางกิจกรรม

ข้อมูลสภาพอากาศ โดยเฉพาะข้อมูลปริมาณน้ำฝน ถือได้ว่าเป็นข้อมูลขั้นต้นที่ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการติดตามภัยแล้ง อย่างไรก็ตาม เครื่องมือของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีการเชื่อมโยงค่อนข้างน้อย ข้อมูลสภาพอากาศมีความไม่สมบูรณ์ รูปแบบการจดบันทึกข้อมูลสภาพอากาศไม่พร้อมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ทันที ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันเวลาที่ต้องการ จึงส่งผลให้การค้นหา ติดตามภัยแล้ง และประเมินอิทธิพลของสภาพอากาศบนพื้นที่ทางการเกษตรอาจเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้น ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลเสริมกับข้อมูลสภาพอากาศ เพื่อสร้างความสมบูรณ์ในการประเมินอิทธิพลของสภาพอากาศบนพื้นที่ทางการเกษตร เพื่อการติดตาม เตือนภัย และประเมินภัยแล้ง

การติดตามและเตือนภัยแล้ง ถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเตรียมแผนป้องกันและบรรเทาภัยแล้ง ในปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ จะส่งเสริมให้สามารถจัดเตรียมสารสนเทศสำหรับการติดตามและเตือนภัยแล้ง หรือสภาวะการขาดแคลนน้ำของพืชได้ โดยสามารถตรวจหาภัยแล้งได้เร็วกว่าวิธีเดิมประมาณ 4-6 สัปดาห์ และผลของการจำแนกและวิเคราะห์มีความถูกต้องสูง (Kogan, 2000)

ระบบเตือนภัยแล้งที่ได้สามารถอธิบายลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขอบเขตของภัยแล้ง ระยะเวลาการเกิดภัยแล้ง เวลาของการเกิดภัยแล้งที่สัมพันธ์กับปฏิทินเพาะปลูก และความรุนแรงของภัยแล้ง นอกจากนี้ สารสนเทศเชิงพื้นที่ที่ได้จากดาวเทียมในรูปแบบจำลองทางด้านบรรยากาศที่สัมพันธ์กับข้อมูลพื้นผิวมีบทบาทมากขึ้น โดยนำข้อมูลพื้นฐานที่ได้รับจากอุปกรณ์รับรู้จากดาวเทียมไปแปลงให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณทางชีวฟิสิกส์ (Gallo, Reed, Owen and Adegoke, 2005)

จุดมุ่งหมายที่สำคัญอย่างหนึ่งในการวิจัยทางด้านเกษตรกรรม คือ การปรับปรุงองค์ความรู้และความเข้าใจทางด้านวิทยาศาสตร์ ในเรื่องของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืชพรรณและกระบวนการเชิงกายภาพของสิ่งแวดล้อม เพื่อการเฝ้าระวังพื้นที่เกษตรกรรมที่ดีกว่า องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงกายภาพและเชิงชีวภาพ และการทำนายลักษณะเฉพาะทางสิ่งแวดล้อมไม่ใช่ต้องการเฉพาะกระบวนการสร้างความเข้าใจที่รวดเร็วโดยอาศัยแบบจำลองเพียงอย่างเดียว แต่ต้องแน่ใจว่า ข้อมูลที่ได้รับมีความน่าเชื่อถือสำหรับนำไปใช้ในการศึกษา ตรวจสอบและเฝ้าสังเกตกระบวนการทางสิ่งแวดล้อม (Hobbs, 1995)

การตรวจวัดการแผ่รังสีโดยอุปกรณ์รับรู้จากดาวเทียม Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) ของดาวเทียม NOAA ตอบสนองกับการเปลี่ยนแปลงของคลอโรฟิลล์

ปริมาณความชื้นในใบ และสภาพความร้อนได้เป็นอย่างดี ในช่วงเวลา 20 ปีที่ผ่านมา นักวิจัยได้นำข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA ไปใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงบนพื้นผิวโลกทั้งพื้นดินและพื้นน้ำในระดับภูมิภาคและระดับโลกอย่างแพร่หลาย รวมถึงการนำข้อมูล AVHRR จากดาวเทียม NOAA ไปใช้ร่วมกับดัชนีภัยแล้งประเภทต่างๆ เพื่อนำมาประเมินความอุดมสมบูรณ์และพลวัตของพืชพรรณ ในขณะเดียวกัน นักจัดการที่ดินและนักวางแผนได้นำข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA ไปใช้ในการประมาณผลผลิตขั้นต้น ประเมินสภาพพืชพรรณ และติดตามภัยแล้งในระดับภูมิภาคอย่างกว้างขวาง สำหรับการประเมินและติดตามภัยแล้งทางการเกษตรนั้น นักวิจัยจากหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา คาซัคสถาน อาร์เจนตินา อินเดีย แอฟริกาใต้ และอิรัก เป็นต้น ได้นำข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA มาสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมเพื่อประเมินและติดตามสภาพภัยแล้งทางการเกษตรของพืชทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี เป็นต้น

นอกจากนี้ คุณสมบัติเด่นของข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถบันทึกได้ทุกวัน ครอบคลุมพื้นที่กว้างขวาง และไม่มีค่าใช้จ่าย จึงเป็นแหล่งข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาคาดการณ์การตรวจวัดภาคสนามได้ ทั้งนี้ การตรวจวัดภาคสนามในระดับภูมิภาคอาจมีข้อจำกัดของพื้นที่และเวลา การนำเข้าและแปลความหมายข้อมูลภาคสนามอาจมีความคลาดเคลื่อน ต้นทุนสูง และเข้าถึงขอบเขตพื้นที่ทางสิ่งแวดล้อมได้ยาก ดังนั้น ข้อมูล AVHRR จึงเป็นข้อมูลที่ดีกว่าข้อมูลภาคสนามที่ความครอบคลุมทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา และสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงการอธิบายลักษณะพิเศษได้ดีกว่าข้อมูลจุดสำหรับการสำรวจทางด้านเกษตรกรรมและสภาพอากาศ

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ จึงมุ่งศึกษาศักยภาพของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR เพื่อประเมินพื้นที่เพาะปลูกข้าวที่ประสบภัยแล้ง โดยอาศัยเทคนิคการสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม และการหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับข้อมูลปัจจัยการผลิตและผลผลิตทางการเกษตร (เช่น ปริมาณน้ำฝน ผลผลิตทางการเกษตร) มาเป็นตัวบ่งชี้พื้นที่ประสบภัยแล้ง และสร้างเป็นแบบจำลองการทำนายผลผลิตข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เพื่อนำผลที่ได้รับจากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นๆ เพื่อทำการประเมินติดตาม และเตือนภัยพื้นที่ประสบภัยแล้งได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะประหยัดแรงงาน งบประมาณ และเวลาในการดำเนินการ รวมทั้ง นำผลการศึกษาคาดการณ์ภัยแล้งทางการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวไปใช้ในการวางแผนจัดการทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และการบรรเทาพื้นที่ที่ประสบภัยแล้ง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR สำหรับใช้ในการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งทางด้านการเกษตร
- (2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลผลผลิตข้าวในปี
- (3) เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี

## 1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

- (1) ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ประกอบด้วย ดัชนีสถานะพืชพรรณ (Vegetation Condition Index, VCI) ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (Temperature Condition Index, TCI) และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index, VHI) สามารถนำมาใช้ในการค้นหา และติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรได้
- (2) ดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิสามารถนำมาสร้างแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้

## 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จะนำข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR มาสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย ดัชนีสถานะพืชพรรณ ดัชนีสถานะอุณหภูมิ และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ในปีที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้ง สำหรับพื้นที่เพาะปลูกข้าว โดยปีที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้ง จะพิจารณาจากฐานข้อมูลย้อนหลังการเกิดภัยธรรมชาติจากหน่วยงานของรัฐ เช่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร เป็นต้น และข่าวสารทางอินเทอร์เน็ต และ Standardized Precipitation Index (SPI) ซึ่งเป็นดัชนีที่ได้จากข้อมูลปริมาณน้ำฝน ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาสถานะความแห้งแล้ง หรือความชุ่มชื้นที่ผิดปกติ ณ เวลาที่สนใจได้ รวมถึงการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสถานะพืชพรรณ และดัชนีสถานะอุณหภูมิ) กับ SPI และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสถานะพืชพรรณ และดัชนีสถานะอุณหภูมิ) กับผลผลิตข้าวในปีเฉลี่ยรายปี เพื่อสร้างแบบจำลองประมาณค่าผลผลิตข้าวปีบนพื้นฐานของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR

## 1.5 พื้นที่ศึกษา

### 1.5.1 ที่ตั้งและการแบ่งเขตการปกครอง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 100 องศา 50 ลิปดา ตะวันออก และเส้นลองจิจูดที่ 105 องศา 38 ลิปดา ตะวันออก และระหว่างเส้นละติจูดที่ 14 องศา 7 ลิปดาเหนือ และเส้นละติจูดที่ 18 องศา 27 ลิปดาเหนือ มีเนื้อที่รวมทั้งสิ้น 175,485.6 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 32.9 ของพื้นที่ประเทศไทย โดยมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ทิศใต้	ติดต่อกับประเทศกัมพูชา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับภาคกลางของประเทศไทย

ดังแสดงในภาพที่ 1.1

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 19 จังหวัด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1.1

### 1.5.2 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิสัณฐาน

พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ตั้งอยู่บนที่ราบสูงโคราช คิดเป็นสัดส่วนประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทย ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบเรียบ (ภาพที่ 1.2) มีความสูงเฉลี่ยประมาณ 130-250 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

เทือกเขาเพชรบูรณ์และดงพญาเย็นเป็นขอบที่ราบสูงโคราชทางทิศตะวันตก โดยเริ่มจากจุดเหนือสุดที่ผามอง ขาวต่อลงมาทางทิศใต้ตามแนวของภูเขาอยู่ ภูพานคำ ภูแล่นคาและภูพังเหย จนถึงเขื่อนลำตะคอง ซึ่งบริเวณนี้พื้นที่มีความลาดเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ขอบที่ราบสูงโคราชทางด้านทิศใต้ ประกอบด้วย ทิวเขาสันกำแพงและพนมดงรัก ซึ่งเป็นขอบเขาสูงชันและเอียงเทไปหาแอ่งทางทิศเหนือ ส่วนขอบแอ่งทางด้านทิศเหนือและตะวันออกเป็นแนวเทือกเขาในประเทศลาว ที่ราบสูงโคราชถูกแบ่งออกด้วยเทือกเขาภูพาน ที่เกิดจากโครงสร้างชั้นหินโค้งรูปประทุนลูกฟูก (anticlinorium) ที่มีแกนวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้ส่วนทางด้านเหนือ เกิดแอ่งย่อยอุดร-สกลนคร และทางด้านใต้ เกิดแอ่งย่อยโคราช-อุบล แอ่งทั้งสองมีพื้นที่เอียงเทไปยังทิศตะวันออกและมีพื้นที่ราบเรียบ ซึ่งประกอบด้วย ที่ราบน้ำท่วมถึง และที่ราบน้ำท่วมไม่ถึง (non-floodplain) อยู่กลางแอ่ง นอกจากนี้ ในบริเวณกลางแอ่งมีการแทรกดันของเกลือหินกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดพื้นที่ดินเค็มและน้ำเค็มในบริเวณที่ราบสูงโคราช ลักษณะภูมิประเทศและภูมิสัณฐานของแอ่งย่อยทั้งสองมีลักษณะดังนี้

(1) แอ่งอุดร-สกลนคร มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดหนองคาย อุดรธานี สกลนคร นครพนม มุกดาหาร และบางส่วนของประเทศลาว แม่น้ำในบริเวณนี้มีขนาดเล็กและสายสั้นๆ เกิดจากเทือกเขาภูพาน ได้แก่ แม่น้ำสงคราม แม่น้ำพุง ซึ่งไหลลงสู่แม่น้ำโขงทางทิศตะวันออก เป็นต้น นอกจากนี้ บริเวณที่มีการทรุดตัวของแผ่นดิน จนทำให้เกิดพื้นที่ลุ่ม มีน้ำขังตลอดปีและกลายเป็นหนองบึงกระจายอยู่ทั่วไป ที่สำคัญได้แก่ หนองหาน อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี หนองญาติ จังหวัดนครพนม และหนองหาน จังหวัดสกลนคร เป็นต้น

(2) แอ่งโคราช-อุบล ครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ ยโสธร สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี และอำนาจเจริญ แม่น้ำในบริเวณนี้ส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาที่เป็นขอบแอ่งทางทิศเหนือ และทิศตะวันตก ที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำมูล มีต้นกำเนิดจากเขาวงและเขาสมิงของเทือกเขาสันกำแพง บริเวณอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา แม่น้ำชี มีต้นกำเนิดจากสันปันน้ำของเทือกเขาเพชรบูรณ์ ในเขตจังหวัดชัยภูมิ แม่น้ำทั้งสองสายไหลผ่านที่ราบตอนกลางของแอ่งและบรรจบรวมกันเป็นแม่น้ำขนาดใหญ่ก่อนจะไหลลงสู่แม่น้ำโขงทางทิศตะวันออกบริเวณอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี เป็นต้น (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

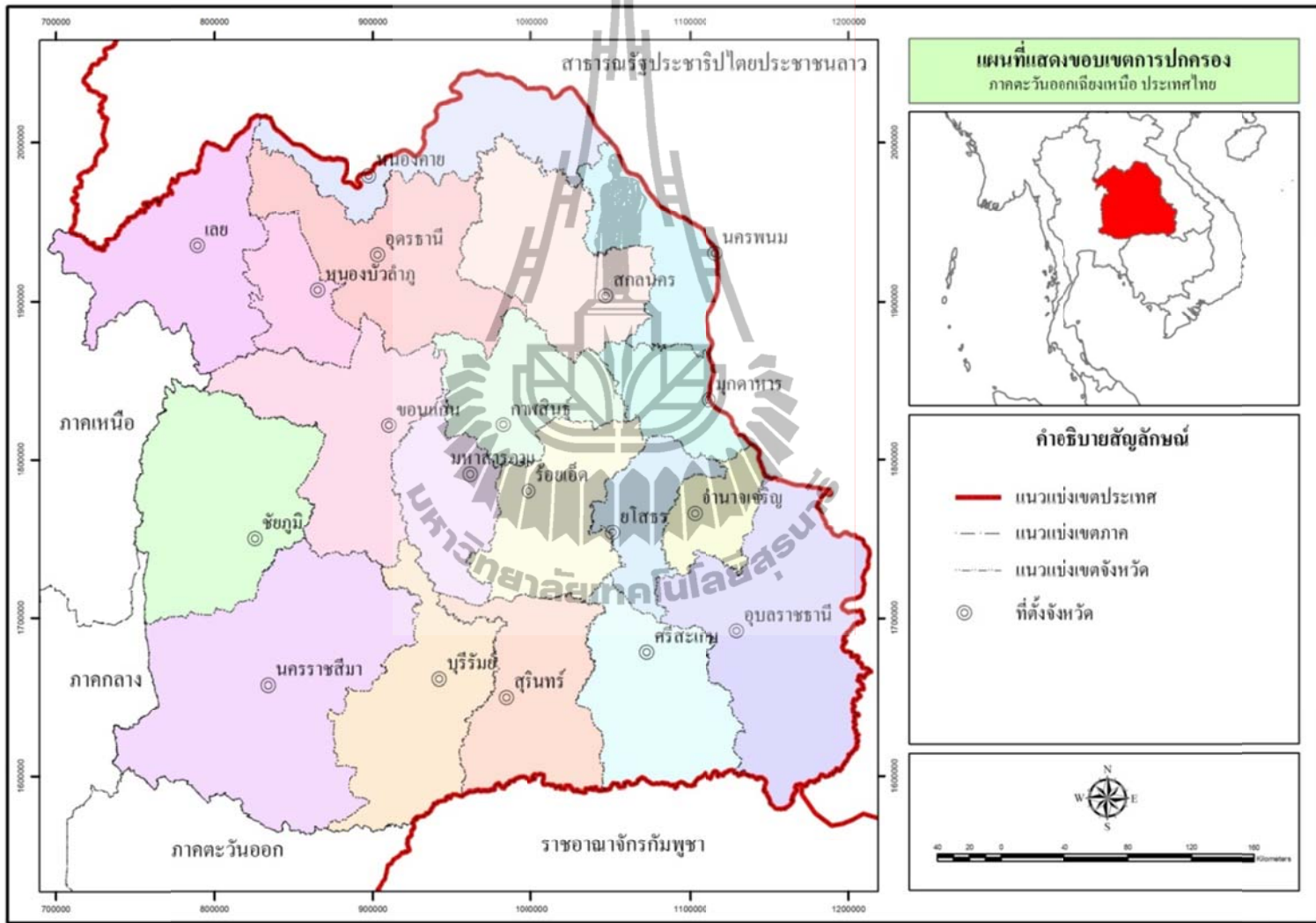
### 1.5.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยทั่วไป ประกอบด้วยหินชั้นของกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) ซึ่งเป็นชั้นหินสีแดงมหายุคมีโซโซอิกสะสมตัวบนภาคพื้นทวีป (non-marine red beds) เป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินทราย หินโคลนและหินกรวดมน ความหนาของหินทั้งสิ้นอาจถึง 4,000 เมตร มีอายุตั้งแต่ยุคไทรแอสซิกตอนปลายถึงยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี วางทับอยู่บนพื้นผิวที่เกิดจากการผุกร่อนของหินมหายุคพาเลโอโซอิกตอนบน โดยที่ชั้นหินเอียงลาดเล็กน้อยสู่ใจกลางแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร บริเวณทิศใต้ของที่ราบสูงโคราช มีหินบะซอลต์ยุคควอเทอร์นารีไหลคลุมกลุ่มหินโคราชเป็นหย่อมๆ (กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

ตารางที่ 1.1 การแบ่งเขตการปกครองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

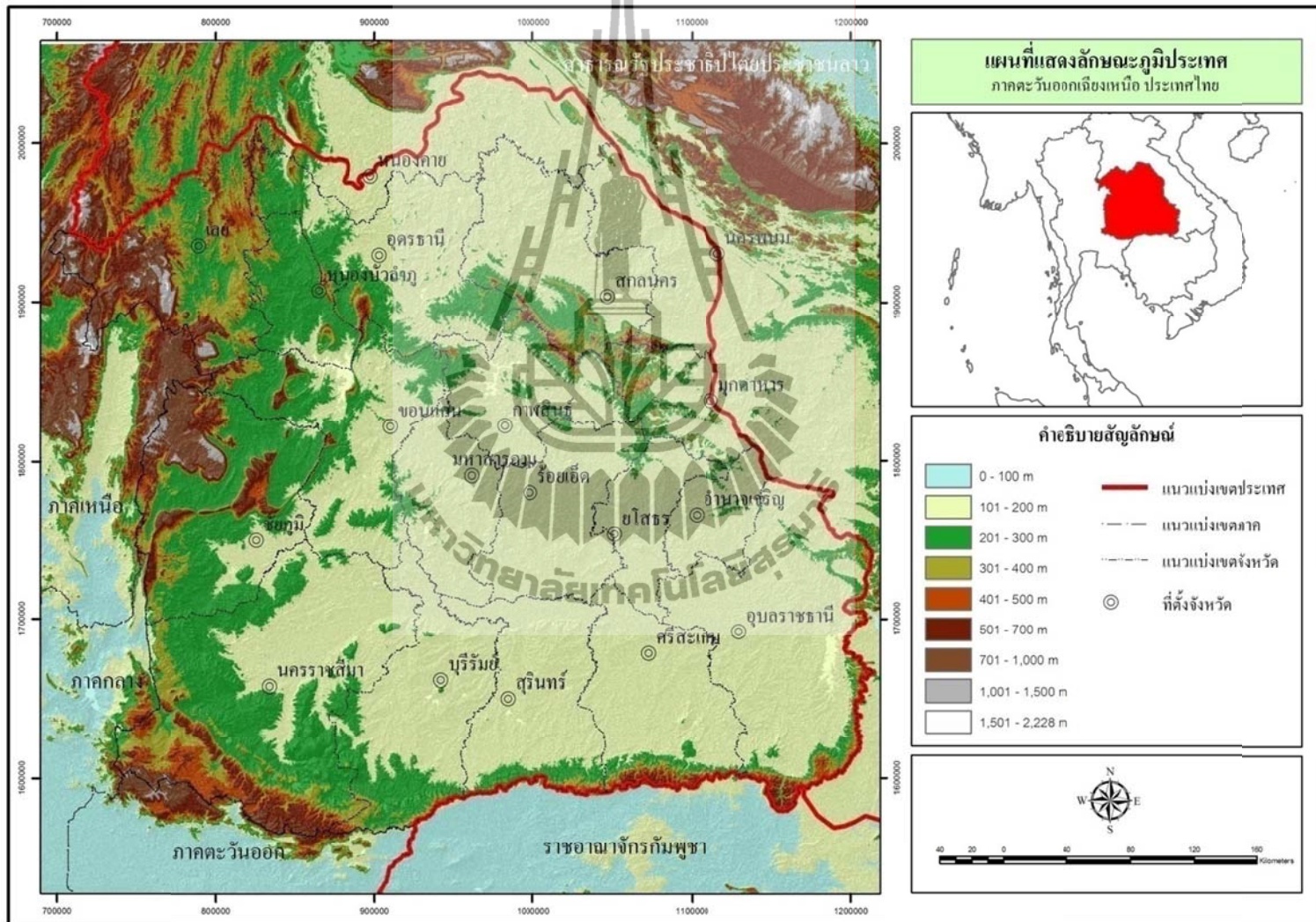
ลำดับที่	จังหวัด	พื้นที่/ตร. กม.	การปกครองส่วนภูมิภาค และท้องถิ่น				
			อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	เทศบาลนคร/ เมือง/ตำบล	อบต.
1	กาฬสินธุ์	6,946.75	18	135	1,585	25	125
2	ขอนแก่น	10,885.99	26	199	2,331	32	194
3	ชัยภูมิ	12,778.29	16	124	1,617	20	122
4	นครพนม	5,512.67	12	99	1,123	10	95
5	นครราชสีมา	20,493.96	32	289	3,743	49	287
6	บุรีรัมย์	10,322.89	23	189	2,544	26	182
7	มหาสารคาม	5,291.68	13	133	1,944	11	131
8	มุกดาหาร	4,339.83	7	53	526	6	50
9	ยโสธร	4,161.66	9	79	885	9	78
10	ร้อยเอ็ด	8,299.45	20	193	2,444	17	185
11	เลย	11,324.61	14	90	916	15	85
12	ศรีสะเกษ	8,839.98	22	206	2,633	14	203
13	สกลนคร	9,605.76	18	125	1,514	16	124
14	สุรินทร์	8,124.06	17	159	2,119	17	159
15	หนองคาย	7,332.28	17	115	1,302	17	112
16	หนองบัวลำภู	3,859.09	6	59	687	13	54
17	อุดรธานี	11,730.30	20	156	1,879	31	149
18	อุบลราชธานี	22,475.10	25	219	2,700	28	214
19	อำนาจเจริญ	3,161.25	7	56	607	9	54
<b>ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ</b>		<b>175,485.60</b>	<b>322</b>	<b>2,678</b>	<b>33,099</b>	<b>365</b>	<b>2,603</b>

ที่มา: กรมการปกครอง, 2553ข (<http://www.dopa.go.th>)



ภาพที่ 1.1 ที่ตั้งและเขตการปกครองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย





ภาพที่ 1.2 ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

### 1.5.4 สภาพภูมิอากาศ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ลักษณะภูมิอากาศที่ปรากฏในภูมิภาคนี้ เป็นทุ่งหญ้าเมืองร้อน ซึ่งประกอบด้วยฤดูกาล 3 ฤดู โดยระยะเวลาในแต่ละฤดูอาจคลาดเคลื่อนไปตามสภาพดินฟ้าอากาศของแต่ละปี มีอากาศหนาวจัดในฤดูหนาว ร้อนจัดในฤดูร้อน และช่วงฝนสลับกับช่วงแห้งแล้งแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามห้วงเวลาฤดูกาล ดังนี้

- (1) ฤดูร้อน ประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์-กลางเดือนพฤษภาคม
- (2) ฤดูฝน ประมาณกลางเดือนพฤษภาคม-กลางเดือนตุลาคม
- (3) ฤดูหนาว ประมาณกลางเดือนตุลาคม-กลางเดือนกุมภาพันธ์

จากสถิติสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในคาบระยะเวลา 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 26.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี 21.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี 32.5 องศาเซลเซียส

ปริมาณน้ำฝนฤดูร้อนเฉลี่ยรายปี 214.2 มม. ปริมาณน้ำฝนฤดูฝนเฉลี่ยรายปี 1,085.8 มม. ปริมาณน้ำฝนฤดูหนาวเฉลี่ยรายปี 71.9 มม. จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายปี 117 วัน

ความชื้นสัมพัทธ์ฤดูร้อนเฉลี่ยรายปี 66% ความชื้นสัมพัทธ์ฤดูฝนเฉลี่ยรายปี 80% ความชื้นสัมพัทธ์ฤดูหนาวเฉลี่ยรายปี 69% และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี 73% (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552)

### 1.5.5 สภาพเศรษฐกิจและสังคม

#### 1.5.5.1 จำนวนประชากรและครัวเรือน

จากประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ณ วันที่ 31 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีประชากรทั้งสิ้น 21,573,318 คน เป็นชาย 10,767,709 คน คิดเป็นร้อยละ 49.91 ของประชากรทั้งภาค เป็นหญิง 10,806,609 คน คิดเป็นร้อยละ 50.09 ของประชากรทั้งภาค

ความหนาแน่นของประชากรเฉลี่ยทั้งภาคประมาณ 128 คนต่อตารางกิโลเมตร จังหวัดที่มีประชากรมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา 2,582,089 คน รองลงมา ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี 1,813,088 คน และจังหวัดที่มีประชากรน้อยที่สุด ได้แก่ จังหวัดมุกดาหาร 339,575 คน โดยจังหวัดที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม 178 คน/ตร.กม. รองลงมา ได้แก่ จังหวัดสุรินทร์ 170 คน/ตร.กม. และจังหวัดที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุด ได้แก่ จังหวัดเลย 55 คน/ตร.กม. ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 จำนวนประชากรและความหนาแน่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย  
จำแนกรายจังหวัด

ลำดับที่	จังหวัด	พื้นที่/ ตร.กม.	ประชากร			ความ หนาแน่น
			ชาย	หญิง	รวม ช/ญ	
1	กาฬสินธุ์	6,946.75	489,436	493,142	982,578	141.444
2	ขอนแก่น	10,885.99	876,252	891,349	1,767,601	162.374
3	ชัยภูมิ	12,778.29	561,146	566,277	1,127,423	88.230
4	นครพนม	5,512.67	351,005	352,387	703,392	127.596
5	นครราชสีมา	20,493.96	1,277,333	1,304,756	2,582,089	125.993
6	บุรีรัมย์	10,322.89	775,766	777,999	1,553,765	150.516
7	มหาสารคาม	5,291.68	466,552	474,359	940,911	177.810
8	มุกดาหาร	4,339.83	170,327	169,248	339,575	78.246
9	ยโสธร	4,161.66	270,682	268,575	539,257	129.577
10	ร้อยเอ็ด	8,299.45	653,903	655,805	1,309,708	157.807
11	เลย	11,324.61	315,502	308,564	624,066	55.107
12	ศรีสะเกษ	8,839.98	726,272	726,199	1,452,471	164.307
13	สกลนคร	9,605.76	561,472	561,433	1,122,905	116.899
14	สุรินทร์	8,124.06	691,425	690,336	1,381,761	170.083
15	หนองคาย	7,332.28	458,891	454,046	912,937	124.509
16	หนองบัวลำภู	3,859.09	253,003	249,865	502,868	130.307
17	อุดรธานี	11,730.30	771,770	773,016	1,544,786	131.692
18	อุบลราชธานี	22,475.10	909,405	903,683	1,813,088	80.671
19	อำนาจเจริญ	3,161.25	186,567	185,570	372,137	117.718
<b>ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ</b>		<b>175,485.6</b>	<b>10,766,709</b>	<b>10,806,609</b>	<b>21,573,318</b>	<b>127.941</b>

ที่มา: กรมการปกครอง, 2553ก (<http://www.dopa.go.th>)

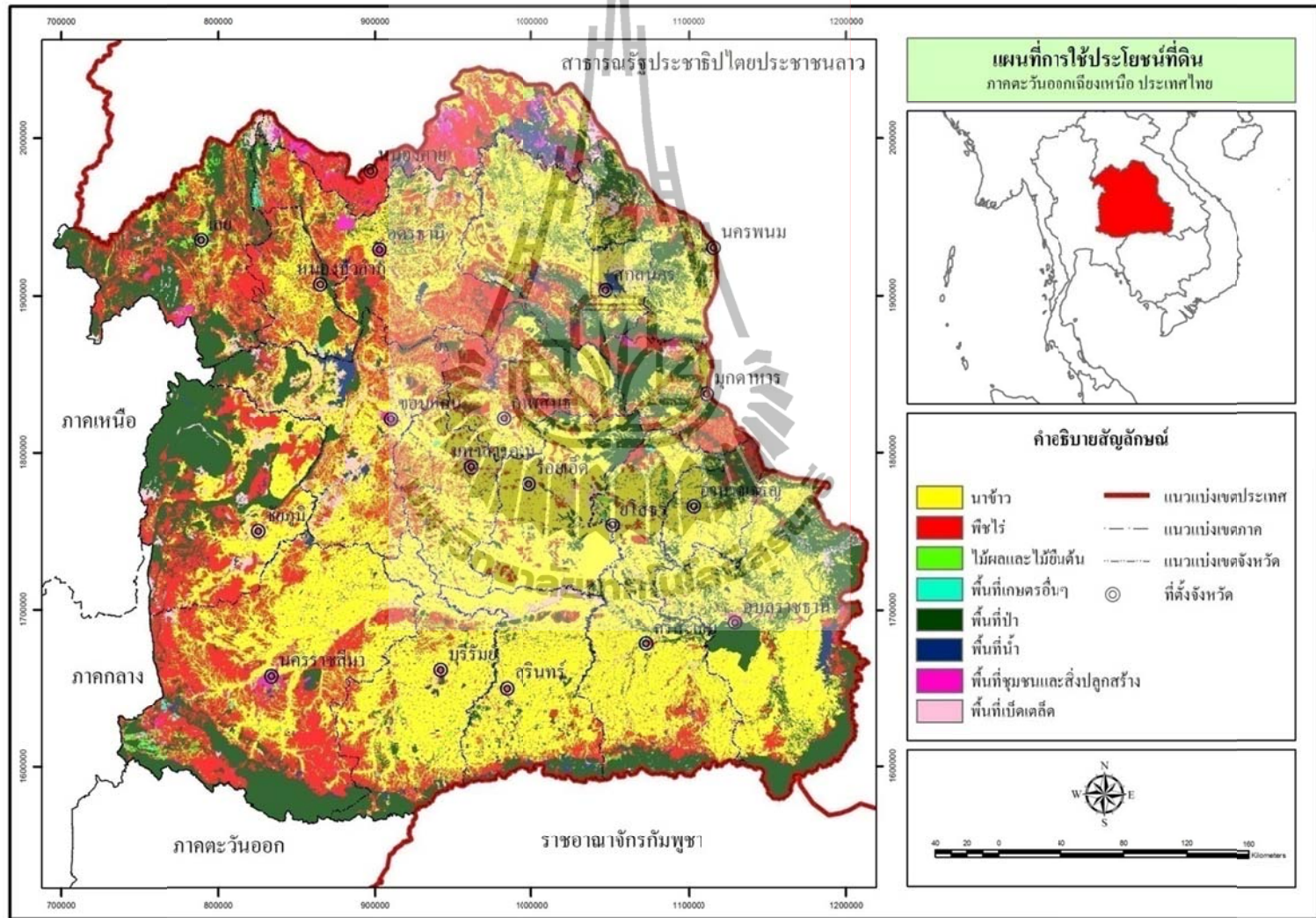
### 1.5.5.2 อาชีพ

ประชากรส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก จากข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี พ.ศ. 2553 การเกษตรที่มีเนื้อที่ถือครองมากที่สุด ได้แก่ ที่นา 38.37 ล้านไร่ รองลงมาได้แก่ พืชไร่ 10.91 ล้านไร่ การเกษตรที่มีเนื้อที่ถือครองน้อยที่สุด ได้แก่ พืชไร่เลี้ยงสัตว์ 0.54 ล้านไร่ ดังรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 1.3 และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แสดงไว้ในภาพที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 เนื้อที่ถือครองทางการเกษตรของประเทศไทย

รายการ	ทั้งประเทศ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			
		ภาคเหนือ	เฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้
เนื้อที่ถือครอง (ล้านไร่)	131.6	28.64	58.11	25.66	19.19
ที่นา	66.08	14.53	38.37	10.62	2.56
พืชไร่	27.33	8.93	10.91	7.43	0.06
ไม้ผลไม้ยืนต้น	27.4	3.17	3.88	5.33	15.02
สวนผักและไม้ดอก	1.19	0.35	0.29	0.43	0.12
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	1.00	0.18	0.54	0.18	0.11
ที่อยู่อาศัย	3.79	0.97	1.47	0.78	0.57
รกร้าง	2.3	0.2	1.56	0.24	0.3
อื่นๆ	2.51	0.31	1.1	0.65	0.45
เนื้อที่ถือครองเฉลี่ยต่อครัวเรือน (ไร่)	22.44	21.28	21.13	30.24	20.77

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553 (<http://www.oae.go.th>)



ภาพที่ 1.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

### 1.5.5.3 รายได้

จากรายงานสถิติผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด (Gross Regional and Provincial Product) ของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (พ.ศ. 2554) พบว่ามูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในระดับประเทศ (Gross Domestic Product) เท่ากับ 9,041,551 ล้านบาท ประกอบด้วยมูลค่าการผลิตภาคการเกษตร (เกษตรกรรม การล่าสัตว์และการป่าไม้ และการประมง) เท่ากับ 1,036,586 ล้านบาท และมูลค่าการผลิตนอกภาคการเกษตร เท่ากับ 8,004,965 ล้านบาท มีมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในระดับประเทศต่อหัว (GDP per capita) เท่ากับ 135,145 บาท มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในระดับภาค (Gross Regional Product) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในปี พ.ศ. 2552 มีค่าเฉลี่ยต่อหัวต่ำสุด เท่ากับ 45,766 บาทต่อปี (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554)

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- (1) การศึกษาการแผ่รังสีแสงสว่างทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR สามารถนำไปใช้ในการค้นหา และติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศอันเนื่องมาจากภัยแล้งบนพื้นที่ทางการเกษตร
- (2) ผลจากการศึกษาการแผ่รังสีแสงสว่างทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวจากข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถนำไปใช้ในการตรวจหาพื้นที่แล้งซ้ำซาก ซึ่งตอบสนองต่อนโยบายของรัฐ สำหรับใช้ในการแก้ไขปัญหาให้แก่เกษตรกร
- (3) แบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวที่ได้รับจากการศึกษา “การแผ่รังสีแสงสว่างทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวจากข้อมูล NOAA-AVHRR” สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือของเจ้าหน้าที่ทางการเกษตร สำหรับการวินิจฉัยผลผลิตทางการเกษตร

## บทที่ 2

### ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 คำจำกัดความเกี่ยวกับภัยแล้ง

ในการศึกษาเกี่ยวกับภัยแล้ง นักวิจัยได้กำหนดหรือนิยามภัยแล้งไว้หลายรูปแบบ อาทิ กรมอุตุนิยมวิทยา (2550ก) ได้ให้นิยามเกี่ยวกับภัยแล้ง (drought) คือ ภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน จนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อชุมชน National Drought Mitigation Center (NDMC) (2006) กล่าวว่า ภัยแล้ง คือ ภาวะปกติที่ลักษณะภูมิอากาศย้อนกลับมาอีกครั้งหนึ่ง ถึงแม้ว่า การพิจารณาถึงเหตุการณ์ความผิดปกติของลักษณะภูมิอากาศจะเป็นไปได้ยากและเกิดแบบสุ่ม และภัยแล้งเกิดขึ้นได้ในทุกๆ เขตภูมิอากาศ แต่ลักษณะเฉพาะของมันมีความแตกต่างกันไปอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละภูมิภาค ภัยแล้งเป็นภาวะความผิดปกติชั่วคราวซึ่งแตกต่างจากความแห้งแล้ง (aridity) ซึ่งถือได้ว่าเป็นภูมิภาคที่ถูกจำกัดโดยฝนที่มีปริมาณน้อย และเป็นลักษณะภูมิอากาศที่ถาวร ภัยแล้ง คือ อันตรายที่ถูกซ่อนเร้นโดยธรรมชาติ แต่ก็ปรากฏร่องรอยให้เห็น โดยเริ่มจากการมีปริมาณน้ำฝนที่ไม่เพียงพอในรอบระยะเวลาหนึ่ง จึงส่งผลให้เกิดการขาดแคลนน้ำซึ่งเกี่ยวข้องกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ภัยแล้งไม่ได้แสดงถึงปรากฏการณ์ทางกายภาพหรือเหตุการณ์ทางธรรมชาติเท่านั้น แต่ผลกระทบของภัยแล้งยังส่งผลกระทบต่อชุมชนและสังคม จากความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ทางธรรมชาติ (ปริมาณน้ำฝนน้อยซึ่งเป็นผลมาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ) กับพื้นที่ที่ประชาชนมีความต้องการน้ำ ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2549) กล่าวว่า ภัยแล้ง คือ ภัยที่เกิดจากการขาดแคลนน้ำในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นเวลานาน จนก่อให้เกิดความแห้งแล้ง และส่งผลกระทบต่อชุมชน โดยทั่วไป สภาพความแห้งแล้งอาจเกิดจากฝนแล้ง หรือผลของฝนทิ้งช่วง นอกจากนี้ กรมอุตุนิยมวิทยา (2550ข) ได้ให้นิยามเกี่ยวข้องกับภัยแล้งเพิ่มเติมคือ ฝนแล้งที่หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศอันเกิดจากการที่ฝนน้อยกว่าปกติ ไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำใช้ และพืชต่างๆ ขาดน้ำหล่อเลี้ยงขาดความชุ่มชื้น ทำให้พืชผลไม่สมบูรณ์ ไม่เจริญเติบโต และไม่ให้ผลผลิตตามปกติ เกิดความเสียหาย และเกิดความอดอยากขาดแคลนทั่วไป ความรุนแรงของฝนแล้งขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาการเกิดความแห้งแล้ง และขนาดความกว้างใหญ่ของพื้นที่ที่มีความแห้งแล้ง ดังนั้น อาจกล่าวสรุปได้ว่า ภัยแล้ง คือ ภัยธรรมชาติอันซับซ้อนซึ่งยากแก่การระบุตำแหน่ง โดยมีสาเหตุมาจาก

ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศที่ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ ในรอบระยะเวลาหนึ่ง ก่อให้เกิดการขาดแคลนน้ำซึ่งเกี่ยวข้องกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

## 2.2 ชนิดของภัยแล้ง

NDMC (2006) ได้แบ่งภัยแล้งออกเป็น 4 ประเภท คือ

### 2.2.1 ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought)

ภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา คือ การกำหนดเกณฑ์ของระดับความแห้งแล้ง (โดยการเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนปกติ หรือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย) และระยะเวลาของความแห้งแล้ง ตัวอย่างเช่น คำนิยามของภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา จะเป็นการบ่งชี้ถึงช่วงเวลาของการเกิดภัยแล้ง บนเกณฑ์ของจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การวัดด้วยวิธีนี้ จะมีความเหมาะสมสำหรับภูมิภาคที่มีฝนตกตลอดปี เช่น เขตโซนร้อน เขตอากาศร้อนชื้น หรือเขตอากาศร้อนชื้นแถบละติจูดกลาง และภูมิภาคที่มีฤดูฝน การกำหนดเกณฑ์ของระดับความแห้งแล้งสามารถกระทำได้โดยการเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนจริงกับค่าเฉลี่ยรายเดือนหรือรายปี นอกจากนี้ การวัดภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยา ควรพิจารณาถึงสภาพอากาศในแต่ละภูมิภาค ซึ่งส่งผลให้การลดลงของปริมาณน้ำฝนมีความแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ตามชายฝั่งตะวันออกอาจมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติแตเมื่อนำไปพิจารณาในภูมิภาคแห้งแล้งแล้วจะสูงกว่าปกติ

### 2.2.2 ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (Hydrological Drought)

ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา มีความสัมพันธ์กับผลกระทบของช่วงเวลาที่ฝนตกลงน้อยบนพื้นผิวดินหรือใต้พื้นผิวดิน (นั่นคือ แม่น้ำ บ่อ ทะเลสาบ และน้ำใต้ดิน) ความถี่และความรุนแรงของภัยแล้งเชิงอุทกวิทยาจะขึ้นอยู่กับสเกลของสันปันน้ำหรือลุ่มน้ำ แม้ว่าภัยแล้งทั้งหมดจะมีสาเหตุมาจากการลดลงของปริมาณน้ำฝน แต่ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยาจะมีความเกี่ยวข้องกับการลดลงของระบบทางอุทกวิทยา (hydrologic system) ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยาจะเกิดขึ้นในช่วงเดียวกันหรือหลังการเกิดภัยแล้งเชิงอุตุนิยมวิทยาและภัยแล้งเชิงเกษตร การที่ปริมาณน้ำฝนลดลงเป็นเวลานานๆ จะแสดงปรากฏการณ์สภาวะภัยแล้งในองค์ประกอบของระบบทางอุทกวิทยา เช่น ความชื้นในดิน การไหลของกระแส น้ำ ระดับน้ำผิวดิน และระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ อาจเกิดขึ้นไม่พร้อมกันกับผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจอื่นๆ ตัวอย่างเช่น การขาดแคลนปริมาณน้ำฝนอาจมีผลกระทบต่อความชื้นในดินที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสังเกตได้โดยตรงจากพื้นที่เกษตรกรรม แต่ผลกระทบของการขาดแคลนปริมาณน้ำฝนจะไม่มีผลกระทบต่อระดับน้ำผิวดินประเภทต่างๆ เช่น ระดับน้ำในเขื่อนสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังน้ำ หรือการใช้น้ำเพื่อการนันทนาการ เช่นเดียวกันกับ น้ำในระบบกักเก็บน้ำ (อ่างเก็บ แม่น้ำ) ที่มีวัตถุประสงค์การใช้ประโยชน์หลากหลายรูปแบบ



(เช่น ความคุ้มครองภัย การชลประทาน พักผ่อนหย่อนใจ และที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ เป็นต้น) ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความซับซ้อนมาก ซึ่งเกี่ยวข้องกับขั้นตอนและปริมาณ โดยอาจจะเกิดการแย่งชิงน้ำในระบบกักเก็บน้ำในระหว่างการเกิดภัยแล้ง และอาจก่อให้เกิดความขัดแย้งระหว่างกลุ่มผู้ใช้น้ำ

### 2.2.3 ภัยแล้งเชิงเกษตร (Agricultural Drought)

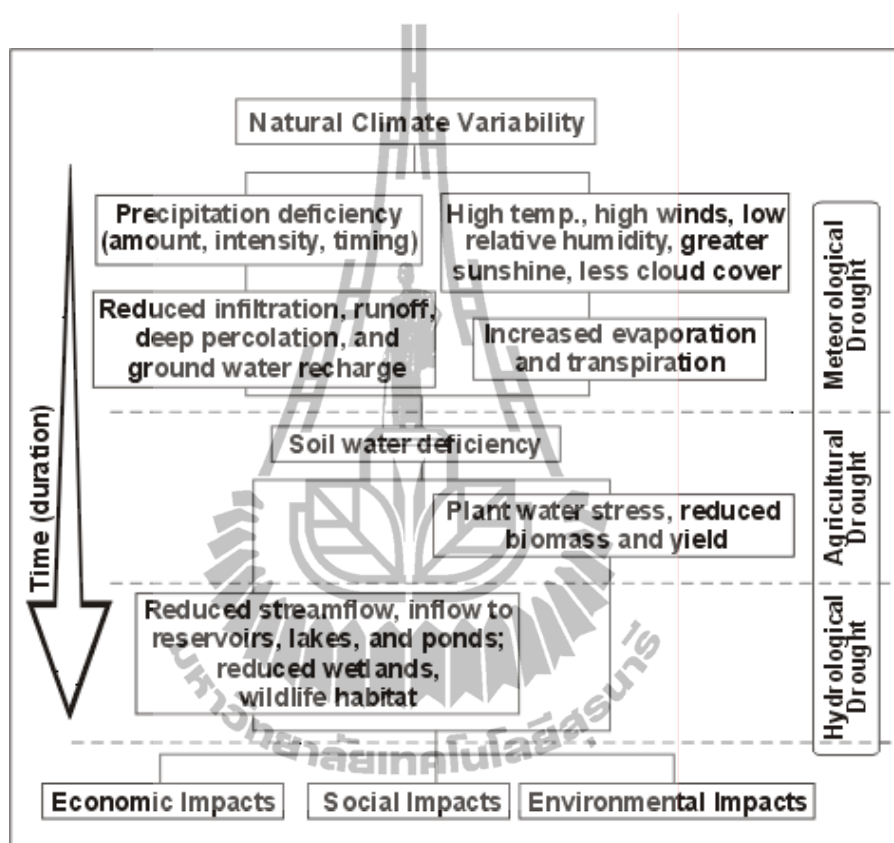
ภัยแล้งเชิงเกษตรจะเชื่อมโยงกับลักษณะเฉพาะของภัยแล้งเชิงอุทกนิยมนิยามวิทยาหรือภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา ที่ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรรม มีหลักสำคัญอยู่ที่การขาดแคลนปริมาณน้ำฝน มีความแตกต่างระหว่างศักยภาพการคายระเหยกับการระเหยจริง ความชื้นในดินลดลง และระดับน้ำใต้ดินหรือระดับน้ำผิวดินลดลง ความต้องการน้ำของพืชจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ ลักษณะทางชีวภาพของพืช การเจริญเติบโตของพืช และคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน การอธิบายความหมายที่ดีสำหรับภัยแล้งเชิงเกษตรจะต้องสามารถให้เหตุผลได้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง หรือความอ่อนไหวของพืชในช่วงเวลาที่แตกต่างกันตามพัฒนาการของพืช ตั้งแต่เริ่มงอกจนถึงฤดูเก็บเกี่ยว ความชื้นของดินชั้นบนที่ลดลงในพื้นที่เกษตรกรรมอาจเป็นอุปสรรคต่อการงอกของพืช และทำให้จำนวนประชากรของพืชลดลง ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง

### 2.2.4 ภัยแล้งเชิงเศรษฐกิจสังคม (Socioeconomic Drought)

ภัยแล้งเชิงเศรษฐกิจสังคม คือ ภัยแล้งที่มีความสัมพันธ์กับอุปสงค์และอุปทานของสินค้าเศรษฐกิจ (economic goods) และเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของภัยแล้งเชิงอุทกนิยมนิยามวิทยา ภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา และภัยแล้งเชิงเกษตร ภัยแล้งเชิงเศรษฐกิจสังคมจะมีความแตกต่างกับภัยแล้งชนิดอื่นๆ เพราะว่าปรากฏการณ์ของภัยแล้งเชิงเศรษฐกิจสังคมจะขึ้นอยู่กับกระบวนการเชิงพื้นที่ และเวลาของอุปสงค์และอุปทานเพื่อที่จะระบุหรือจำแนกภัยแล้ง การจัดหาสินค้าเศรษฐกิจ เช่น น้ำ อาหาร และกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ จะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศ เพราะว่าความผันแปรของสภาพอากาศตามธรรมชาติอาจจะจัดส่งน้ำได้เพียงพอในบางปี แต่อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ในปีอื่นๆ

ลำดับของผลกระทบจากภัยแล้งประเภทต่างๆ จะเกี่ยวเนื่องกันกับภัยแล้งเชิงอุทกนิยมนิยามวิทยา ภัยแล้งเชิงเกษตร และภัยแล้งเชิงอุทกวิทยา (ภาพที่ 2.1) เมื่อภัยแล้งเริ่มต้นขึ้น ภาคเกษตรกรรมจะเป็นส่วนแรกที่เกิดผลกระทบ เพราะความรุนแรงที่เกิดขึ้นกับภาคเกษตรกรรมจะขึ้นอยู่กับการสะสมของน้ำในดิน น้ำในดินสามารถสูญเสียได้อย่างรวดเร็วในระหว่างที่เกิดการแผ่ขยายของความแห้งแล้ง ถ้าความไม่เพียงพอของปริมาณน้ำฝนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประชากรจะต้องอาศัยน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินจากแหล่งอื่น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ส่งผลมาจากการขาดแคลนน้ำ เมื่อฝนกลับเข้าสู่ภาวะปกติ และสภาพภัยแล้งเชิงอุทกนิยมนิยามวิทยาเริ่มบรรเทาลง ลำดับเหตุการณ์ก็กลับคืนสู่ภาวะปกติอีกครั้งหนึ่งสำหรับน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน โดยที่น้ำในดินได้ถูกเติมเต็มเป็นอันดับแรก ตามด้วยการไหล

ของแม่น้ำ น้ำผิวดิน ทะเลสาบ และน้ำใต้ดิน ผลกระทบของภัยแล้งลดลงอย่างรวดเร็วในส่วนของภาคเกษตรที่อาศัยน้ำในดิน แต่ยังคงหลงเหลือผลกระทบในส่วนของภาคเกษตรที่อาศัยน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดิน ซึ่งต้องรอนกว่าระดับน้ำในภาวะปกติจะกลับคืนมา และระยะเวลาการกลับคืนมาสู่ภาวะปกติ คือ ฟังก์ชันของความรุนแรงของภัยแล้ง



ภาพที่ 2.1 ลำดับของผลกระทบที่เกิดจากภัยแล้ง (NDMC, 2006)

## 2.3 ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR

AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดการแผ่รังสีที่ปฏิบัติการบนดาวเทียม NOAA ซึ่งเป็นดาวเทียมในโครงการ POES (Polar-Orbiting Operational Environmental Satellites) ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (NASA) ของสหรัฐอเมริกา โดยดาวเทียมในโครงการดวงแรกที่ปล่อยขึ้นสู่วงโคจร คือ TIROS (เดือนเมษายน พ.ศ. 2501) และปล่อยมาเป็นลำดับจนถึงดาวเทียม NOAA-19 (วันที่ 6 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ดาวเทียม NOAA ทั้งหมดจะมีวงโคจรตามแนวขั้วโลกที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (sun-synchronous polar orbit) ในระดับความสูง 833 กิโลเมตรเหนือผิวโลก โดยระยะนาบของวงโคจรเอียงทำมุม 98.9 องศา และมีการบินที่กึ่งขั้วโลกอย่างต่อเนื่องครอบคลุมพื้นที่ 2,700 กิโลเมตร ที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ขนาด 1.1 x 1.1 กิโลเมตร ณ ตำแหน่งแนวตั้ง โดยปกติ ดาวเทียม NOAA ที่มีเลขคู่จะโคจรข้ามผ่านเส้นศูนย์สูตร ณ เวลาท้องถิ่นประมาณ 07.30 น. และ 19.30 น. และดาวเทียมที่มีเลขคี่จะโคจรข้ามผ่านเส้นศูนย์สูตร ณ เวลาท้องถิ่นประมาณ 02.30 น. และ 14.30 น. ดังนั้น จึงแบ่งดาวเทียมที่โคจรผ่านเส้นศูนย์สูตรออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ดาวเทียมที่โคจรผ่านในช่วงเช้า (AM Satellite) และดาวเทียมที่โคจรผ่านในช่วงบ่าย (PM Satellite) วิธีการโคจรรอบโลกของดาวเทียมแต่ละดวง คือ 14.1 รอบต่อวัน หรือโคจรครบรอบใช้เวลาประมาณ 102 นาที และได้รับภาพดาวเทียมครอบคลุมพื้นผิวโลกทั้งหมดในทุกๆ 24 ชั่วโมง เนื่องจากจำนวนของวงโคจรต่อวันไม่เป็นจำนวนเต็ม ทำให้ในแต่ละวันเส้นทางการโคจรของดาวเทียมจะไม่ซ้ำกัน แม้ว่าเวลาประจำถิ่นที่ดาวเทียมเดินทางผ่านจะไม่มีเปลี่ยนแปลงสำหรับทุกๆ ละติจูด ดังนั้น การที่ดาวเทียมเดินทางเบนออกจากเส้นทางวงโคจรอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณของแสงสว่าง และเวลาประจำถิ่นของการสำรวจเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบ ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR หลายช่วงเวลาไม่เป็นไปในรูปแบบเดียวกัน

อุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR เป็นระบบการกวาดภาพแบบตั้งฉากกับแนวโคจร (cross-track scanning) อัตราการสแกนของอุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR คือ 360 ลายสแกนต่อนาที ซึ่งทำให้ได้จุดภาพทั้งหมด 2,048 จุดภาพต่อแบนด์ต่อการสแกนที่ระยะห่างทำมุม  $\pm 55.4$  องศาจากแนวตั้ง และสนามมุมมอง ณ ขณะนั้น (Instantaneous Field Of View, IFOV) ของแต่ละแบนด์ประมาณ 1.4 มิลลิเรเดียน ซึ่งส่งผลให้ความละเอียดเชิงพื้นที่อยู่ที่ 1.1 x 1.1 กิโลเมตร ณ ตำแหน่งแนวตั้ง ในปัจจุบันดาวเทียม NOAA มีอยู่ในการปฏิบัติงานทั้งสิ้น 5 ดวง คือ NOAA-15 NOAA-16 NOAA-17 NOAA-18 และ NOAA-19

ตารางที่ 2.1 วิวัฒนาการของดาวเทียม NOAA

Name after launch	Name before launch	Date of launch	AVHRR version	Mode of operation
TIROS-N	TIROS-N	October, 1978		
NOAA-6	NOAA-A	June 27, 1979		end of mission: Nov 11, 1986
NOAA-7	NOAA-C	June 23, 1981	2	end of mission: Jun 7, 1986
NOAA-8	NOAA-E	March 28, 1983	1	end of mission: Oct 31, 1985
NOAA-9	NOAA-F	Dec 12, 1984	2	end of mission: Nov 5, 1994
NOAA-10	NOAA-G	Sep 17, 1986	1	operational
NOAA-11	NOAA-H	Sep 24, 1988	2	end of mission: Sep 13, 1994
NOAA-12	NOAA-D	May 15, 1991	1	end of mission: Aug 10, 2007
NOAA-13	NOAA-I	August, 1993		failure after launch
NOAA-14	NOAA-J	Dec 30, 1994	2	degraded: stopped on Oct, 2001
NOAA-15	NOAA-K	May 13, 1998	3	in operation
NOAA-16	NOAA-L	Sep 21, 2000	3	in operation
NOAA-17	NOAA-M	June, 2002	3	in operation
NOAA-18	NOAA-N	May 20, 2005	3	in operation
NOAA-19	NOAA-O	Feb 6, 2009	3	in operation

ลักษณะเฉพาะของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1) ความละเอียดเชิงคลื่น (Spectral Resolution) ของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ปฏิบัติงานอยู่ในปัจจุบัน จะมีช่วงคลื่นการตรวจวัดทั้งหมด 5 แบนด์ (ตารางที่ 2.2)

2) ความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ประกอบด้วย NOAA-AVHRR HRPT มีความละเอียดอยู่ที่ 1.1 x 1.1 กิโลเมตร NOAA-AVHRR LAC มีความละเอียดอยู่ที่ 1.1 x 1.1 กิโลเมตร และ NOAA-AVHRR GAC มีความละเอียดอยู่ที่ 4 x 4 กิโลเมตร

3) ความละเอียดเชิงเวลา (Temporal Resolution) ของข้อมูล NOAA-AVHRR จะโคจรผ่านในพื้นที่เดียวกันอย่างน้อย 1 ครั้งต่อวัน

4) ความละเอียดเชิงรังสี (Radiometric Resolution) ของข้อมูล NOAA-AVHRR จะบันทึกข้อมูลเชิงเลขที่ระดับความละเอียด 10 บิต

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเฉพาะของความละเอียดเชิงคลื่นของอุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR (Jensen, 2005)

Channel	TIROS-N	NOAA-6,8,10	NOAA-7,9,11,12,14	NOAA-15,16,17,18,19	IFoV (mrad)
1	0.55-0.90 $\mu\text{m}$	0.58-0.68 $\mu\text{m}$	0.58-0.68 $\mu\text{m}$	0.58-0.68 $\mu\text{m}$	1.39
2	0.725-1.1 $\mu\text{m}$	0.725-1.1 $\mu\text{m}$	0.725-1.1 $\mu\text{m}$	0.725-1.0 $\mu\text{m}$	1.41
3A				1.58-1.64 $\mu\text{m}$	1.30
3B	3.55-3.93 $\mu\text{m}$	3.55-3.93 $\mu\text{m}$	3.55-3.93 $\mu\text{m}$	3.55-3.93 $\mu\text{m}$	1.51
4	10.5-11.5 $\mu\text{m}$	10.5-11.5 $\mu\text{m}$	10.3-11.3 $\mu\text{m}$	10.3-11.3 $\mu\text{m}$	1.41
5	Ch4 rep	Ch4 rep	11.5-12.5 $\mu\text{m}$	11.5-12.5 $\mu\text{m}$	1.30
Swath width	2700 km at nadir				
IFOV at nadir	1.1 x 1.1 km				

## 2.4 ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมจากข้อมูล NOAA-AVHRR

### 2.4.1 ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ เป็นดัชนีที่แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างผลต่างและผลรวมค่าความสว่างของแบนด์สีแดง (แบนด์ 1) และแบนด์อินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 2) ของข้อมูล NOAA-AVHRR ดังสมการ 2.1 ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}} \quad (\text{สมการ 2.1})$$

โดยที่ NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์

NIR คือ แบนด์อินฟราเรดใกล้

R คือ แบนด์สีแดง

ในการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งโดยใช้ข้อมูล NOAA-AVHRR นั้น จะอาศัยข้อเท็จจริงพื้นฐานที่ว่า พืชพรรณเมื่อเกิดภาวะขาดน้ำ ค่าการสะท้อนคลื่นแสงในช่วงคลื่นแบนด์สีแดง (0.58-0.68  $\mu\text{m}$ ) จะสูง และค่าการสะท้อนคลื่นแสงในช่วงคลื่นแบนด์อินฟราเรดใกล้ (0.725-1.0  $\mu\text{m}$ ) จะต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับพืชพรรณสีเขียวที่อุดมสมบูรณ์ ในขณะเดียวกัน พื้นผิว เช่น น้ำ

หิมะ และเมฆ จะมีค่าการสะท้อนคลื่นแสงของแบนด์สีแดงสูงกว่าแบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะมีค่าเป็นลบ สำหรับพื้นที่ดินเปิดโล่งและหินจะมีค่าการสะท้อนคลื่นแสงของแบนด์สีแดงใกล้เคียงกับแบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

ในสภาพปกติ ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ของพืชพรรณจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1-0.6 การที่พืชพรรณมีค่าดัชนีสูงแตกต่างกันจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ การสะท้อนคลื่นแสงแบบสองทิศทาง (bi-directional reflectance) และสภาพของดินจากหลัง ลักษณะเฉพาะของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ 2 ประการ ที่ก่อให้เกิดแนวคิดเกี่ยวกับการติดตามสภาพพืชพรรณคือ ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ของพืชพรรณจะมีค่าสูงกว่าพื้นผิวอื่นๆ และเมื่อพืชพรรณมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงอันเนื่องมาจากธรรมชาติ การเจริญเติบโตของพืชพรรณ และวัฏจักรการพัฒนา หรือความเค้นทางสิ่งแวดล้อม เช่น ภัยแล้ง ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงด้วย (Tucker and Choudhury, 1987)

นักวิจัยได้นำข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ไปใช้กันอย่างกว้างขวาง สำหรับการเฝ้าระวังสภาพอากาศและภัยแล้ง การประเมินผลผลิตทางการเกษตร การค้นหาและสร้างแผนที่ภัยแล้ง (Unganai and Kogan, 1998) เช่น Quarmbay, Milnes, Hindle, and Silleos (1993) ได้นำดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ มาใช้ในการติดตามผลผลิตทางการเกษตรทางตอนเหนือของประเทศกรีซ โดยอาศัยความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์กับผลผลิตของข้าวสาลี ฝ้าย ข้าว และข้าวโพด ผลปรากฏว่า การประเมินผลผลิตทางการเกษตรมีความถูกต้องสูง และสามารถประเมินผลผลิตทางการเกษตรได้ล่วงหน้าก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณ 50-100 วัน ความแตกต่างเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะเกี่ยวข้องกับสภาพอากาศในสิ่งแวดล้อม โดยที่ความผันแปรเชิงเวลาของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์แสดงถึงการตอบสนองของพืชพรรณที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จึงเป็นดัชนีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในการเฝ้าระวังพลวัตระบบนิเวศ และค้นหาการขยายตัวเชิงพื้นที่และผลกระทบของภัยแล้ง (Sergio and Vicente, 2007) นอกจากนี้ ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับพืชพรรณได้เป็นอย่างดี เช่น Daleziosl, Domenikiotis, Loukas, Tzortzios, and Kalaitzidis (2001) รายงานว่า ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์สามารถนำมาใช้ในการติดตามความผันแปรเชิงเวลาของผลผลิตฝ้ายแบบรายปีได้ Mkhabela, Mkhabela and Mashinini (2005) กล่าวว่า ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จากข้อมูล NOAA-AVHRR สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ผลผลิตข้าวโพดในภูมิภาคเศรษฐกิจการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยการวิเคราะห์สมการถดถอย Anyamba and Tucker (2005) ซึ่งให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ

ปริมาณน้ำฝนกับการเจริญเติบโตของพืชพรรณ โดยใช้ประโยชน์จากดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ในฐานะตัวแทนของพื้นที่ที่ตอบสนองต่อความผันแปรของปริมาณน้ำฝน Hobbs (1995) ได้พัฒนาเทคนิคการประเมินผลผลิตมวลชีวภาพของพืชลำต้นอ่อน (herbage) ในภูมิภาคตอนกลางของประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่ได้จาก NOAA-11 และเขาพบว่า การประเมินมวลชีวภาพของพืชลำต้นอ่อนในภูมิภาคแห้งแล้งสามารถดำเนินการได้ง่ายและรวดเร็ว โดยอาศัยข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์

อย่างไรก็ตาม ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์สำหรับการสร้างแบบจำลองผลผลิตทางการเกษตรอาจเกิดปัญหายุ่งยากขึ้นได้ อันเนื่องมาจากสภาพทางภูมิศาสตร์ และความผันแปรระหว่างปีของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ดังนั้น การสร้างดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ให้เป็นมาตรฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประเมินสถานภาพและความสามารถในการผลิตของพืชพรรณ (Seiler, Kogan, and Wei, 2000) Thiruvengadachari and Gopalkrishna (1993) รายงานว่า เมื่อนำข้อมูลสภาพดาวเทียมมาเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนาม เราสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการติดตามการเริ่มต้นของภัยแล้ง พืชพรรณที่ตอบสนองต่อภัยแล้ง และการคืนสภาพจากการเกิดความเค็ม

#### 2.4.2 ดัชนีสถานะพืชพรรณ (Vegetation Condition Index, VCI)

การศึกษาโดยส่วนใหญ่ (ทั้งทางทฤษฎี และการทดลอง) แสดงให้เห็นว่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ สามารถนำไปใช้อธิบายสิ่งปกคลุมดินระดับทวีป ติดตามปริมาณน้ำฝน และค้นหาพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งได้ค่อนข้างที่จะแม่นยำ รวมทั้งการประเมินผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary production) ของพืชพรรณและผลผลิตทางการเกษตร (Tucker and Choudhury, 1987) อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ศักยภาพของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ (Unganai and Kogan, 1998)

สำหรับสิ่งปกคลุมดินที่หลากหลาย พื้นที่ที่มีพืชพรรณสีเขียวและอุดมสมบูรณ์ เช่น พื้นที่ป่า มีปัจจัยสนับสนุนทางสภาพแวดล้อม ได้แก่ ภูมิอากาศ ดิน และความสามารถในการผลิตของระบบนิเวศสูง ส่งผลทำให้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์มีค่าสูง เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีปัจจัยสนับสนุนทางสภาพแวดล้อมน้อย เช่น ทุ่งหญ้าในเขตแห้งแล้ง ฉะนั้น จึงควรนำปัจจัยสนับสนุนทางสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนี้มาพิจารณาร่วมด้วย เมื่อนำดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ไปใช้ในการติดตามอิทธิพลของสภาพอากาศรายปีในพื้นที่พืชพรรณ นอกจากนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะแปรผันตามสภาพภูมิอากาศที่หลากหลาย ดังนั้น เราสามารถกล่าวได้ว่า ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์บ่งชี้ถึงสัญญาณ 2 ส่วน คือ สัญญาณทางระบบนิเวศ ซึ่งอธิบายให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของพืชพรรณที่ขับเคลื่อนโดยสภาพภูมิอากาศ ดิน ประเภทพืชพรรณ และภูมิประเทศ เป็นต้น และสัญญาณทางสภาพอากาศ ซึ่งอธิบาย

ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้นที่เกิดขึ้นภายในปีและระหว่างปีในแต่ละระบบนิเวศ ที่ตอบสนองต่อความผันแปรของสภาพอากาศ แต่เนื่องจากสัญญาณทางสภาพอากาศอ่อนกว่า สัญญาณทางระบบนิเวศ จึงทำให้ความผันแปรของสัญญาณทางสภาพอากาศที่สัมพันธ์โดยตรงกับดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ไม่สามารถตรวจหาได้โดยง่าย ดังนั้น เมื่อนำดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ไปใช้ในการวิเคราะห์หืออิทธิพลของสภาพอากาศในพื้นที่เพาะปลูกหรือการติดตามภัยแล้ง จึงจำเป็นต้องแยกสัญญาณทางสภาพอากาศออกจากสัญญาณทางระบบนิเวศ (Kogan, 1995; Unganai and Kogan, 1998; Singh, Roy, and Kogan, 2003; Kogan, Gitelson, Zakarin, Spivak, and Lebed. 2003; Bhuiyan, Singh, and Kogan, 2006; Bajgiran, Darvishsefat, Khalili, and Makhdoum, 2008)

สำหรับขั้นตอนวิธีในการแยกสัญญาณทางสภาพอากาศจะอาศัยพื้นฐานของกฎทางสภาพสิ่งแวดล้อม 3 ประการคือ

(1) กฎของความต่ำที่สุด (Law of minimum) มีสมมุติฐานว่า ผลผลิตขั้นปฐมภูมิจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณของทรัพยากรที่มีขีดการเจริญเติบโตสูงสุด และจะเปลี่ยนเป็นขีดการเจริญเติบโตต่ำสุดเมื่อปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมปัจจัยหนึ่งอยู่ในระดับต่ำที่สุด

(2) กฎของความทนทาน (Law of tolerance) มีสมมุติฐานว่า ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมแต่ละปัจจัยที่สิ่งมีชีวิตหรือระบบนิเวศพึ่งพาอาศัยจะถูกควบคุมภายใต้ขอบเขตของขีดจำกัดต่ำสุดและขีดจำกัดสูงสุด ซึ่งเรียกว่า ขอบเขตของความทนทาน

(3) สมรรถนะในการรองรับ (Carrying capacity) คือ การกำหนดขนาดจำนวนประชากรของชนิดพันธุ์มากที่สุด ที่แหล่งอยู่อาศัยสามารถรองรับได้

กฎทางสภาพสิ่งแวดล้อมเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับนำไปใช้ในการกำหนดศักยภาพต่ำสุดและสูงสุดของแหล่งระบบนิเวศที่ตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม โดยที่พื้นผิวโลกในแต่ละแห่งจะมีจำนวนของระบบนิเวศที่แน่นอน ที่เป็นตัวกำหนดศักยภาพของระบบนิเวศ หรือสมรรถนะในการรองรับของพื้นที่ ซึ่งสามารถวัดค่าได้โดยตรงจากปริมาณของพืชพรรณที่ปรากฏอยู่ หรือวัดค่าโดยตรงจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ฉะนั้น ในการกำหนดสมรรถนะในการรองรับของระบบนิเวศ สามารถนำค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์สูงสุดและต่ำสุดมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินแหล่งระบบนิเวศ โดยค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์สูงสุด ณ เวลาที่ตรวจวัด จะมีศักยภาพหรือสมรรถนะในการรองรับทางระบบนิเวศของพื้นที่สูงสุด และค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ต่ำสุดจะมีศักยภาพหรือสมรรถนะในการรองรับทางระบบนิเวศของพื้นที่ต่ำสุด

จากกฎและสมมุติฐานดังกล่าวข้างต้น ปริมาณพืชพรรณจะปรากฏสูงสุดในปีที่มิีสภาพอากาศเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากสภาพอากาศจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการใช้ทรัพยากรในระบบนิเวศ



อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม ปริมาณพืชพรรณจะปรากฏต่ำสุดในปีที่มีสภาพอากาศเหมาะสมน้อยที่สุด (เช่น สภาพความแห้งแล้งและร้อน) ซึ่งจะไปยังยังการเจริญเติบโตของพืชพรรณโดยตรง และอัตราการใช้ทรัพยากรในระบบนิเวศลดลง ดังนั้น ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลหลายปีซึ่งประกอบด้วยปรากฏการณ์ของสภาพอากาศที่แตกต่างกัน (ปีที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้ง) จึงสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์เพื่อแสดงสภาวะพืชพรรณในเชิงปริมาณได้ (Unganai and Kogan, 1998; Seiler et al., 2000)

ดังนั้น นักวิจัยจึงได้มีการพัฒนาวิธีการนอร์แมลไลซ์ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ในแต่ละจุดภาพและคาบเวลาขึ้น เพื่อแยกสัญญาณทางสภาพอากาศออกจากสัญญาณทางระบบนิเวศ โดยอาศัยค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์สูงสุดและต่ำสุด ในระยะยาวจำนวนหลายปี เพื่อประเมินค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยวิธีการทั้งหมดจะแสดงในรูปของดัชนีสภาวะพืชพรรณ ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$VCI_{ywj k}(\%) = \frac{NDVI_{ywj k} - NDVI_{min ywj k}}{NDVI_{max ywj k} - NDVI_{min ywj k}} \times 100 \quad (\text{สมการ 2.2})$$

โดยที่ NDVI<sub>min</sub> คือ ค่า NDVI ต่ำสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ  
 NDVI<sub>max</sub> คือ ค่า NDVI สูงสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ  
 y คือ ปีที่ศึกษา  
 w คือ ค่าคาบเวลา (ในหนึ่งปีจะมีค่าคาบเวลาระหว่าง 1-36)  
 j และ k คือ ค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งจุดภาพ ตามลำดับ

ดัชนีสภาวะพืชพรรณ คือ ปริมาณของสัญญาณสภาพอากาศ ที่มีค่าผันแปรระหว่าง 0 ถึง 100 เปอร์เซนต์ ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพพืชพรรณจากเหมาะสมน้อยที่สุดจนถึงเหมาะสมมากที่สุด

#### 2.4.3 ดัชนีสภาวะอุณหภูมิ (Temperature Condition Index, TCI)

อุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature) จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ (สัญญาณทางระบบนิเวศ) ที่แตกต่างกันไปในแต่ละปี เนื่องจาก ความผันแปรของสภาพอากาศ (สัญญาณทางสภาพอากาศ) แต่ค่าสัญญาณทางสภาพอากาศจะมีกำลังอ่อนกว่าสัญญาณทางระบบนิเวศ ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องแยกสัญญาณทางสภาพอากาศออกจากสัญญาณทางระบบนิเวศ

กระบวนการแยกสัญญาณทางสภาพอากาศออกจากสัญญาณทางระบบนิเวศ จะอาศัยการจัดช่วงชั้นค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของอุณหภูมิความสว่างของแต่ละจุดภาพตามค่าคาบเวลา ตามสมมุติฐานที่ว่า ปริมาณพืชพรรณสูงสุดจะปรากฏในปีที่มีสภาพอากาศเหมาะสมมากที่สุด เพราะสภาพอากาศจะกระตุ้นให้เกิดการใช้ทรัพยากรของระบบนิเวศอย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม ปริมาณพืชพรรณต่ำสุดจะปรากฏในปีที่มีสภาพอากาศเหมาะสมน้อยที่สุด (แห้งแล้งและร้อน) เพราะสภาพอากาศจะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช และลดอัตราการใช้ทรัพยากรของระบบนิเวศ โดยค่าสูงสุดและค่าต่ำของอุณหภูมิความสว่างจะคำนวณได้จากข้อมูลหลายปีที่ประกอบด้วยปรากฏการณ์ของสภาพอากาศที่แตกต่างกัน (ปีที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้ง) ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดศักยภาพสูงสุดและต่ำสุดของระบบนิเวศในพื้นที่ ฉะนั้น ดัชนีสถานะอุณหภูมิ จะใช้ในการกำหนดความเค้นที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิ และความเค้นที่เกิดจากความเปียกชื้นที่มีมากเกินไป สำหรับวิธีการคำนวณดัชนีสถานะอุณหภูมิ (สมการ 2.3) จะคล้ายกับดัชนีสถานะพืชพรรณ สมการดัชนีสถานะอุณหภูมิที่ได้สร้างขึ้นจะสะท้อนให้เห็นถึงพืชพรรณที่ตอบสนองต่ออุณหภูมิ ซึ่งตรงกันข้ามกับดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ คือ อุณหภูมิสูงในช่วงกลางของฤดูกาลเจริญเติบโตของพืชพรรณ จะบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และจะสนับสนุนให้เกิดภาวะภัยแล้งได้ ในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิต่ำในช่วงกลางของฤดูกาลเจริญเติบโตของพืชพรรณ จะบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชพรรณ (Singh et al., 2003; Kogan, 1995)

$$TCI_{ywjk}(\%) = \frac{BT_{max_{wjk}} - BT_{y_{wjk}}}{BT_{max_{wjk}} - BT_{min_{wjk}}} \times 100 \quad (\text{สมการ 2.3})$$

โดยที่  $BT_{min}$  คือ ค่า BT ต่ำสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ  
 $BT_{max}$  คือ ค่า BT สูงสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ  
 $y$  คือ ปีที่ศึกษา  
 $w$  คือ ค่าคาบเวลา (ในหนึ่งปีจะมีค่าคาบเวลาระหว่าง 1-36)  
 $j$  และ  $k$  คือ ค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งจุดภาพ ตามลำดับ

ดัชนีสถานะอุณหภูมิจะมีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการวิเคราะห์ค้นหา และสร้างแผนที่ภัยแล้งให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Kogan, 1995; Unganai and Kogan, 1998)

#### 2.4.4 ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index, VHI)

ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ เป็นดัชนีที่เกิดจากการรวมดัชนีสถานะพืชพรรณ และดัชนีสถานะอุณหภูมิเข้าด้วยกัน เพื่อใช้ติดตามความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ความชื้น และสภาพการแผ่ความร้อน ซึ่งเท่ากับว่า เป็นการกำหนดพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากภัยแล้ง ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณคำนวณได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

$$VHI = a \times (VCI) + b \times (TCI) \quad (\text{สมการ 2.4})$$

โดยที่ a คือ ค่าน้ำหนักของดัชนีสถานะพืชพรรณ

b คือ ดัชนีสถานะอุณหภูมิ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นักวิจัยได้ให้ค่าน้ำหนักของดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิแตกต่างกันอยู่บ้าง สรุปได้ดังนี้

Kogan (1995) ได้อธิบายว่า เนื่องจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ที่นำไปใช้ในการคำนวณดัชนีสถานะพืชพรรณ บ่งชี้เกี่ยวกับสภาพน้ำฝนและอุณหภูมิ ทำให้มีการกำหนดค่าน้ำหนักของดัชนีสถานะพืชพรรณสูงกว่าดัชนีสถานะอุณหภูมิ โดยกำหนดค่าน้ำหนักของดัชนีสถานะพืชพรรณเท่ากับ 0.7 และค่าน้ำหนักของดัชนีสถานะอุณหภูมิ เท่ากับ 0.3

Kogan (2000) ระบุว่า ในสถานะปกติ พืชพรรณจะถูกกระตุ้นโดยความชุ่มชื้นในระหว่างการสร้างใบ และถูกกระตุ้นโดยอุณหภูมิในระหว่างการสร้างดอก ดังนั้น เมื่อความชุ่มชื้นและอุณหภูมิสนับสนุนวัฏจักรของพืชพรรณ นักวิจัยนิยมกำหนดค่าน้ำหนักของดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิต่างกันเท่ากัน เท่ากับ 0.5 โดยมีประเทศอาร์เจนตินา สหรัฐอเมริกา อินเดีย และมองโกเลีย ได้นำข้อสมมุติฐานนี้ไปใช้งาน

ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ซึ่งประกอบด้วย ดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ ได้ถูกนำไปใช้ในการติดตามภัยแล้งและความเค็มของพืชพรรณ เนื่องจาก มีความชื้นมากเกินไปได้สำเร็จ Singh et al. (2003) ระบุว่า ค่าดัชนีสถานะพืชพรรณที่ต่ำกว่า 35 จะแสดงสถานะการเกิดภัยแล้ง และค่าดัชนีสถานะอุณหภูมิที่มากกว่า 95 จะแสดงถึงสถานะความเค็มของพืชพรรณที่มีสาเหตุจากการมีความชื้นมากเกินไป นอกจากนี้ ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองผลผลิตทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการประเมินผลผลิตมวลรวมทางด้านการเกษตรในระดับภูมิภาคได้เร็วกว่ากำหนด และน่าเชื่อถือ (Kogan, 1995; Seiler et al., 2000)

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามภัยแล้งจากข้อมูล NOAA-AVHRR

Kogan (1995) ศึกษาการประยุกต์ใช้ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ สำหรับการค้นหาภัยแล้ง ที่สร้างจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ระหว่างปี ค.ศ. 1985-1993 ในพื้นที่ศึกษาประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณเป็นเครื่องมือที่ดีในการค้นหาภัยแล้ง และตรวจวัดระยะเวลาการเริ่มเกิดภัยแล้ง ความหนาแน่น ช่วงระยะเวลา พลวัต และผลกระทบของภัยแล้งที่ส่งผลต่อพืชพรรณ ภัยแล้งที่ได้จากดัชนีสภาวะพืชพรรณมีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับข้อมูลภาคสนาม นอกจากนี้ ดัชนีสภาวะอุณหภูมิให้สารสนเทศเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเค็มของพืชพรรณ ที่เกิดจากความแห้งแล้งหรือความชื้นที่มีมากเกินไป

Gitelson, Kogan, Zakarin, Spivak, and Lebed (1998) ศึกษาการเปรียบเทียบดัชนีสภาวะพืชพรรณกับข้อมูลตรวจวัดภาคสนาม ในพื้นที่ศึกษาประเทศคาซัคสถาน โดยนำข้อมูลดัชนีสภาวะพืชพรรณที่คำนวณจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ระหว่างปี ค.ศ. 1985-1994 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนาม คือ ความหนาแน่นของพืชพรรณ ซึ่งตรวจวัดในพื้นที่ปลูกข้าวสาลีในช่วงฤดูใบไม้ผลิ ใน 6 สถานีอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1985-1994 สถานีตรวจวัดตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 150-700 มิลลิเมตร) และเขตนิเวศที่แตกต่างกัน จากกิ่งทะเลทรายในภาคใต้ ถึงทุ่งหญ้าสเตปป์และป่าสเตปป์ในภาคเหนือ ที่ระดับความสูงจาก 200-700 เมตร ในการศึกษา ระยะเวลาบันทึกข้อมูลความหนาแน่นของพืชพรรณ (จำนวนต้นต่อตารางเมตร) ทุกๆ 10 ถึง 20 วัน ในช่วงการเจริญเติบโต และนำผลมาเปรียบเทียบกับดัชนีสภาวะพืชพรรณ ผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสภาวะพืชพรรณกับความหนาแน่นของพืชพรรณที่ตรวจวัดจริง มีค่าสูงกว่า 0.76 และระบุว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณมีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณพืชพรรณและการผลผลิต (ความหนาแน่นและมวลชีวภาพ) ในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้

Unganai and Kogan (1998) ศึกษาการติดตามภัยแล้ง และประมาณค่าผลผลิตข้าวโพดจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ในภูมิภาคแอฟริกาใต้ ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ ที่สร้างจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ระหว่างปี ค.ศ. 1985-1994 มาใช้ในการติดตามภัยแล้ง ผลการศึกษาพบว่า คุณลักษณะเชิงพื้นที่และเวลาของภัยแล้งในแอฟริกาใต้สามารถค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ได้โดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ และผลการศึกษาที่ได้รับสอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลความผิดปกติของบรรยากาศ และผลผลิตทางการเกษตร ในกรณีการประมาณค่าผลผลิตข้าวโพด พบว่า ผลผลิตข้าวโพดสามารถสร้างได้จากดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ ที่สามารถประมาณค่าได้ก่อนการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์

Seiler et al. (2000) ศึกษาการติดตามอิทธิพลของสภาพอากาศ และวิเคราะห์ผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ศึกษา 2 แห่ง ของภูมิภาค Pampean ประเทศอาร์เจนตินา โดยนำดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย ดัชนีสภาวะพืชพรรณ ดัชนีสภาวะอุณหภูมิ และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ที่จัดสร้างจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ระหว่างปี ค.ศ. 1985-1997 มาใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ สำหรับใช้ในการติดตามสภาพอากาศประเภทต่างๆ ในระดับภูมิภาค การติดตามภัยแล้งและวิวัฒนาการของภัยแล้ง การจัดเตรียมขอบเขตเชิงพื้นที่และเชิงเวลาที่ทันต่อเหตุการณ์การเกิดภัยแล้งที่ให้ผลลัพธ์ดีกว่าการตรวจวัดทางภาคสนาม นอกจากนี้ ในการพัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโพดซึ่งอาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตเฉลี่ยรายปี กับค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาแห่งแรก มีค่าเท่ากับ 0.868 และ มีค่าเท่ากับ 0.808 สำหรับพื้นที่ศึกษาแห่งที่ 2 รวมทั้ง พบว่า แบบจำลองที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในประเมินผลผลิตได้ทันกำหนดเวลาและน่าเชื่อถือ และสามารถประเมินผลผลิตได้ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 เดือน

Seiler and Kogan (2002) ศึกษาการติดตามวัฏจักรและผลกระทบของปรากฏการณ์ ENSO (El Nino/Southern Oscillation) ที่ส่งผลต่อพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ศึกษารอบคลุมภูมิภาคเกษตรกรรมหลัก ที่มีความสำคัญด้านการผลิตธัญพืชของประเทศอาร์เจนตินา ในการอธิบายปรากฏการณ์ ENSO จะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติของภูมิอากาศและผลผลิตทางการเกษตร ในประเทศอาร์เจนตินา สภาวะอุ่นของเอนโซ (ENSO warm event) ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่ากลาง ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในทางตรงกันข้าม สภาวะเย็นของเอนโซ (ENSO cold event) ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติ ในช่วงเดือนเดียวกัน วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูล NOAA-AVHRR เพื่อติดตามสภาพของพืชพรรณ และผลกระทบต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการ และผลผลิตของพืชเกษตรในระดับภูมิภาค ณ ช่วงเวลาที่สำรวจวัฏจักรเอนโซ ในการศึกษา นำข้อมูล NOAA-AVHRR ในระหว่างปี ค.ศ. 1985-1999 มาจัดสร้างดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ สามารถนำมาใช้อธิบายสภาพอากาศในการวิเคราะห์เหตุการณ์ ENSO ได้อย่างดี การตอบสนองของพืชพรรณและผลผลิตในช่วงเหตุการณ์เอลนีโญและลานีญา สามารถบ่งชี้ได้ด้วยดัชนีสภาวะพืชพรรณและและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ นอกจากนี้ ดัชนีทั้งสองช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับพลวัตของพืชพรรณ ความรุนแรงและการกำหนดเวลาของสภาพอากาศต่างๆ และการตอบสนองของพืชพรรณตามวัฏจักร ENSO ได้มากขึ้น

Singh et al. (2003) ศึกษาดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตำ สำหรับการติดตามภัยแล้ง ที่สร้างจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ระหว่างปี ค.ศ. 1985-1996 ในพื้นที่ศึกษาประเทศอินเดีย ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ สามารถใช้ค้นหาและสร้างแผนที่ภัยแล้งได้ แต่ในบางกรณี เมื่อความชื้นของดินมีมากเกินไปเนื่องจากฝนตกหนักหรือมีเมฆปกคลุมยาวนาน จะทำให้ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณต่ำ ทำให้การแปลตีความปรากฏการณ์ภัยแล้งไม่ถูกต้อง ในกรณีนี้ ค่าดัชนีสภาวะอุณหภูมิจะช่วยในการจำแนกความแตกต่างของภัยแล้งและไม่ใช้ภัยแล้งได้ ตัวอย่างเช่น ในเดือนกันยายน เกิดเหตุการณ์ฝนตกมากกว่าปกติ และค่าดัชนีสภาวะอุณหภูมิตำ แสดงสภาวะเหมาะสม แต่ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณต่ำ นี้เพราะว่า หลังจากเกิดผลกระทบจากภัยแล้งใน 3 เดือนแรก ฝนที่มากกว่าปกติได้สร้างความเสียหายแก่พืชผลและพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง เนื่องจากพืชพรรณเกิดความเค้นจากความชื้นและน้ำท่วม จึงมีผลทำให้ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณในเดือนกันยายนแสดงสภาวะไม่เหมาะสม ในขณะเดียวกัน ค่าดัชนีสภาวะอุณหภูมิตำ ในเดือนกันยายนแสดงสภาวะเหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ดัชนีสภาวะอุณหภูมิตำ สามารถใช้อธิบายสภาวะความเค้นของพืชพรรณ ที่เกิดจากความแห้งแล้งหรือความชื้นที่มีมากเกินไปได้ ดังนั้น ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณกับดัชนีสภาวะอุณหภูมิตำ จึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการติดตามภัยแล้งและความชื้นที่มีมากเกินไปได้

Bhuiyan et al. (2006) ศึกษาการติดตามพลวัตภัยแล้ง โดยใช้ดัชนีภัยแล้งที่หลากหลาย บนพื้นฐานของข้อมูลภาคสนามและข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ในพื้นที่ศึกษาบริเวณแนวเขา Aravalli ของจังหวัด Rajasthan ซึ่งตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย ครอบคลุมประมาณ 25,000 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งอยู่เป็นประจำ เนื่องจากความล่าช้าและความเลวร้ายของฤดูมรสุม อุณหภูมิสูงในช่วงฤดูร้อน และแหล่งน้ำที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ในการวิเคราะห์ข้อมูล อาศัยข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา ในระหว่างปี ค.ศ. 1984-2003 เพื่อติดตามพลวัตภัยแล้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลาในช่วงฤดูมรสุมและไม่ใช้ฤดูมรสุม โดยใช้แผนที่ดัชนีภัยแล้งประเภทต่างๆ ประกอบด้วย (1) Standardised Precipitation Index (SPI) ที่ใช้แสดงการลดลงของปริมาณน้ำฝน (2) Standardised Water-Level Index (SWI) ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินการลดลงของน้ำที่ซึมลงสู่ชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน (3) Vegetation Condition Index (VCI) (4) Temperature Condition Index (TCI) และ (5) Vegetation Health Index (VHI) ผลการวิเคราะห์และการแปลความหมายจากแผนที่ดัชนีภัยแล้งประเภทต่างๆ พบว่า ความผิดปกติของค่า SPI (ค่าติดลบ) ไม่ได้มีปฏิสัมพันธ์กับภัยแล้งเสมอไป ความเค้นในชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer) ในเขต Aravalli มีการเลื่อนตำแหน่งในบางเวลาและเกิดขึ้นเป็นประจำในบ่อน้ำถาวร ความเค้นของพืชพรรณเมื่อเปรียบเทียบกับความเค้นเชิงอุทกศาสตร์ พบว่า ความเค้นของพืชพรรณจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงเริ่มแรกและคืนสภาพปกติได้เร็ว

Seiler, Kogan, Wei, and Vinocur (2007) ศึกษาการตอบสนองของพืชพรรณและผลผลิตทางการเกษตรตามฤดูกาลและระหว่างปี ในพื้นที่ศึกษาจังหวัด Cordoba ประเทศอาร์เจนตินา วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ เพื่อทดสอบชุดข้อมูลดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสถานะพืชพรรณ ดัชนีสถานะอุณหภูมิ และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ) ที่สร้างจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ในฐานะตัวบ่งชี้ความผันแปรของสภาพอากาศที่ส่งผลต่อพืชพรรณและผลผลิตทางการเกษตร โดยนำข้อมูล NOAA-AVHRR ที่ถูกบันทึกระหว่างปี ค.ศ. 1981-2003 มาสร้างดัชนีสถานะพืชพรรณตามอนุกรมเวลา สำหรับนำไปใช้สร้างเส้นโค้งของพืชพรรณในแต่ละอำเภอของจังหวัด Cordoba และนำผลผลิตข้าวโพดในแต่ละปีของจังหวัด Cordoba มาหาความสัมพันธ์กับดัชนีทางสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งพัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโพด ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แบบจำลองผลผลิตข้าวโพดบนพื้นฐานของดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจในการประเมินผลผลิตระดับอำเภอ สูงถึง 0.8 และเส้นโค้งสถานะพืชพรรณสามารถแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณที่ตอบสนองร่วมกับปริมาณน้ำฝนปกติ ต่ำกว่าปกติ และสูงกว่าปกติ ในช่วงฤดูการเจริญเติบโต นอกจากนี้ ความผันแปรของดัชนีทางสิ่งแวดล้อมตามฤดูกาลและระหว่างปี สามารถเป็นตัวแทนที่ดีในการบ่งชี้ความเปลี่ยนแปลง และความผิดปกติของภูมิอากาศที่ส่งผลต่อพืชพรรณ และผลผลิตทางการเกษตรได้

Vicente-Serrano (2007) ศึกษาผลกระทบของภัยแล้ง ในพื้นที่ศึกษาบริเวณหุบเขา Ebro ครอบคลุมพื้นที่ 22,970 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นภูมิภาคกึ่งแห้งแล้งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของคาบสมุทรไอบีเรีย วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ เพื่อกำหนดความแตกต่างเชิงพื้นที่ที่ส่งผลกระทบจากภัยแล้งบนพื้นที่เกษตรกรรมและพืชพรรณธรรมชาติ โดยประยุกต์ใช้ Vegetation Condition Index (VCI) ที่ได้จากข้อมูล NOAA-AVHRR (ค.ศ. 1987-2000) และ Standardized Precipitation Index (SPI) ผลการศึกษาพบว่า ในบริเวณหุบเขา Ebro ผลกระทบของภัยแล้งจะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ เดือน สิ่งปกคลุมดิน ลักษณะเฉพาะของพืชพรรณ และสภาพภูมิอากาศประจำถิ่น ภัยแล้งจะส่งผลกระทบอย่างชัดเจนในพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มิจิจกรรมด้านการเกษตรและการใช้น้ำสูง

ชุดข้อมูลรายเดือนของ VCI และ SPI มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ขนาดใหญ่ และความสัมพันธ์ระหว่าง VCI และ SPI มีความแตกต่างกันตามสเกลเวลาของ SPI (3 6 และ 12 เดือน) กล่าวคือ ในช่วงระยะการแตกหน่อของพืช ไม้พุ่มและทุ่งเลี้ยงสัตว์ สเกลเวลา 12 เดือนของ SPI มีความสัมพันธ์กับ VCI สูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กิจกรรมด้านการเกษตรในช่วงวิกฤตจะต้องอาศัยการสะสมของปริมาณน้ำฝนที่ผ่านมา 12 เดือน และสเกลเวลา 6 เดือนของ SPI จะมีรูปแบบและค่าความสัมพันธ์คล้ายกับสเกลเวลา 12 เดือนของ SPI ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ฝนฤดูหนาว

จะมีบทบาทสำคัญในการอธิบายความแตกต่างระหว่างปีของค่า VCI ผลที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการจัดการการเกษตรกรรมและพืชพรรณธรรมชาติ และพัฒนาแผนการบรรเทาภัยแล้งให้ดีขึ้น

Bajgiran et al. (2008) ศึกษาการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณจากดาวเทียม NOAA-AVHRR สำหรับการติดตามภัยแล้ง ในพื้นที่ศึกษาบริเวณทะเลสาบ Orumieh ประเทศอิรัก ซึ่งล้อมรอบด้วยระบบนิเวศที่มีความอ่อนไหวต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นเขตสงวนชีวมณฑลแห่งหนึ่งของโลกที่มีคุณค่าสูง มีพื้นที่ 117,124 เฮกตาร์ ในการศึกษาเริ่มจากการคัดเลือกข้อมูลภาพ AVHRR ระหว่างปี ค.ศ. 1997-2001 (เดือนกรกฎาคม-เดือนกันยายน) ที่มีเมฆปกคลุมน้อยที่สุด จำนวนทั้งหมด 71 ภาพ เพื่อนำไปสร้างภาพผสมค่าจุดภาพสูงสุด (maximum value composite) ในคาบเวลา 7 วัน ของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ของแต่ละเดือนของปีที่ศึกษา และภาพดัชนีสถานะพืชพรรณ โดยใช้ค่าสูงสุดและต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในคาบเวลา 5 ปี (ค.ศ. 1997-2001) ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล จะนำดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และดัชนีสถานะพืชพรรณไปหาความสัมพันธ์กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละสถานี (19 สถานี) เพื่อตรวจสอบช่วงเวลาก่อนเปลี่ยนแปลง (time lag) ระหว่างการเกิดฝนและการตอบสนองของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ หรือดัชนีสถานะพืชพรรณ สำหรับช่วงเวลาการเกิดฝน ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนเดือนปัจจุบัน ปริมาณน้ำฝนเดือนก่อน และปริมาณน้ำฝนเดือนปัจจุบันบวกกับปริมาณน้ำฝนสองเดือนก่อน ผลการศึกษา พบว่า (1) ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณน้ำฝนเดือนปัจจุบันบวกกับปริมาณน้ำฝนสองเดือนก่อน จำนวนประมาณครึ่งหนึ่งของสถานีตรวจวัดน้ำฝน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พืชพรรณตอบสนองต่อปริมาณน้ำฝนช่วง 3 เดือน (2) ดัชนีสถานะพืชพรรณ มีความสัมพันธ์ที่ดีกับปริมาณน้ำฝนเดือนปัจจุบันบวกกับปริมาณน้ำฝนสองเดือนก่อน (3) ดัชนีสถานะพืชพรรณเป็นตัวบ่งชี้ภัยแล้งได้ดีกว่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ เพราะว่า ดัชนีสถานะพืชพรรณจะสะท้อนการมีชีวิตของพืชพรรณ เมื่อเปรียบเทียบสภาพความสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ของพืชพรรณของช่วงเวลาเดียวกันในปีที่แตกต่างกัน (4) ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และดัชนีสถานะพืชพรรณ มีประสิทธิภาพในการค้นหา และติดตามภัยแล้งที่ระดับภูมิภาค



## บทที่ 3

### ข้อมูลและอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

#### 3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจากข้อมูล NOAA-AVHRR ประกอบด้วย

1) ข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2540 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ  $1.1 \times 1.1$  กิโลเมตร ประกอบด้วยข้อมูล 5 แบนด์ คือ ช่วงคลื่นแสงขาว (Channel 1, 0.58-0.68  $\mu\text{m}$ ) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Channel 2, 0.725-1.1  $\mu\text{m}$ ) และช่วงคลื่นแผ่ความร้อน (Channel 3, 3.5-3.9  $\mu\text{m}$ , Channel 4, 10.5-11.3  $\mu\text{m}$  และ Channel 5, 11.5-12.5  $\mu\text{m}$ )

2) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน จากกรมอุตุนิยมวิทยา ระหว่างปี พ.ศ. 2520-2552

3) ข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552

4) ข้อมูลภัยธรรมชาติ จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

5) แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000

6) โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพ ERDAS IMAGINE และ ENVI

7) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ESRI ArcGIS

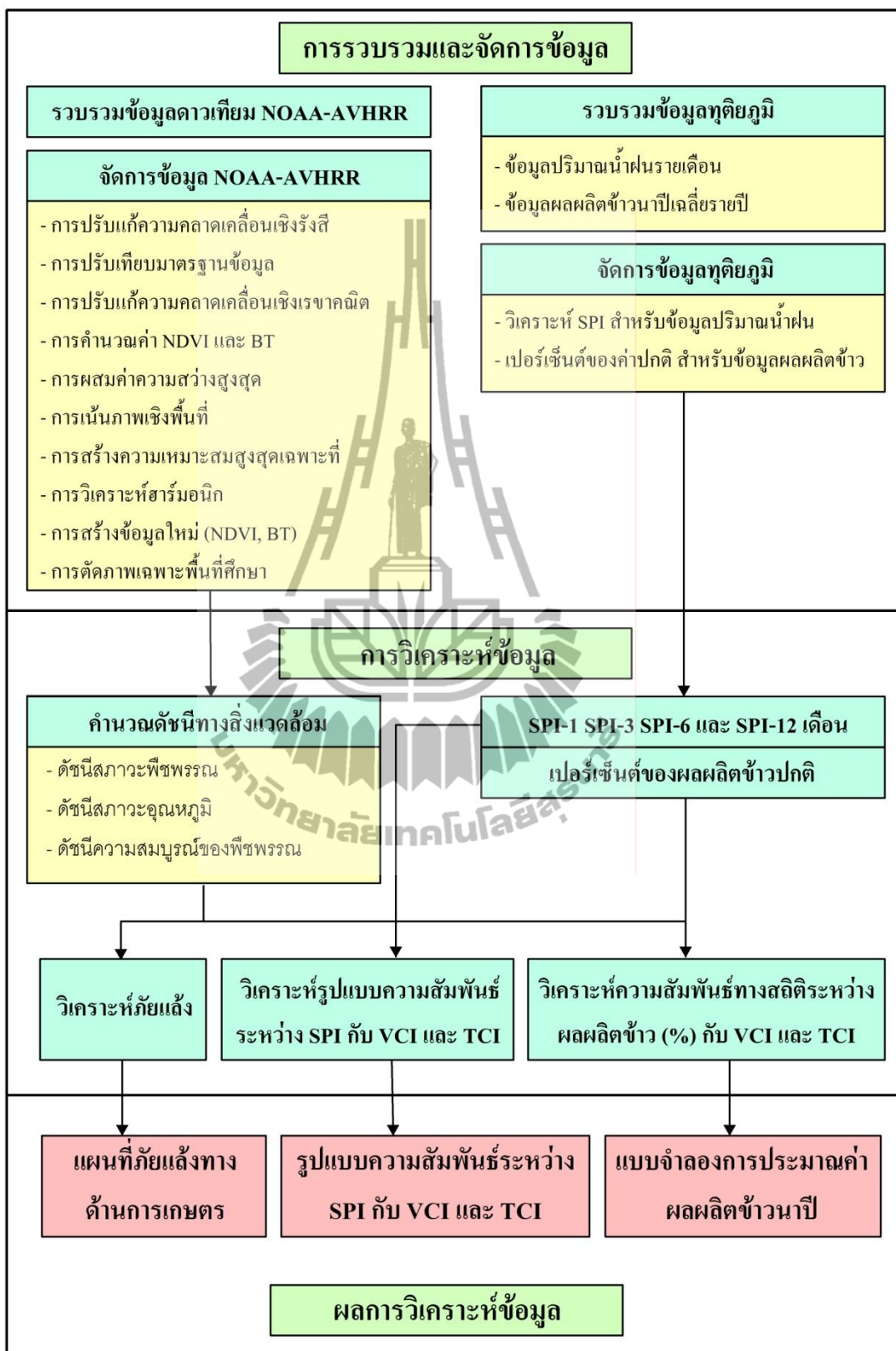
8) โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการคำนวณค่า SPI ของ NDMC

9) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และคอมพิวเตอร์แบบพกพา

10) เครื่องพิมพ์และเครื่องพล็อตเตอร์ชนิดสี

#### 3.2 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษานี้ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) การรวบรวมและจัดการข้อมูล NOAA-AVHRR (2) การสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร (3) การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน และ (4) การประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีจากข้อมูล NOAA-AVHRR ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนหลักของวิธีการศึกษา

### 3.2.1 การรวบรวมและจัดการข้อมูล NOAA-AVHRR

การศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA ในระดับ 1B ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ได้ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและเรขาคณิต รวบรวมได้จากเว็บไซต์ของ NOAA/CLASS ([www.class.ngdc.noaa.gov/saa/products/welcome](http://www.class.ngdc.noaa.gov/saa/products/welcome)) ประกอบด้วยข้อมูล 5 แบนด์ คือ แบนด์สีแดง แบนด์อินฟราเรด และช่วงคลื่นแผ่ความร้อน 3 แบนด์ ในการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งนั้น ข้อมูล NOAA-AVHRR ระดับ 1B จะต้องจัดเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ เพื่อให้มีความถูกต้องและพร้อมแก่การนำไปวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

#### 3.2.1.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

ในขั้นตอนนี้ จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับค่าความสว่างของจุดภาพ ซึ่งทำให้แฉกหนึ่งของแนวกวาดที่ปรากฏบนภาพดาวเทียมไม่มีค่าความสว่าง จึงทำให้ปรากฏเป็นแนวสีดำในภาพ หรือค่าความสว่างของจุดภาพที่อุปกรณ์ตรวจวัดบันทึกค่าไว้ มิใช่ค่าการสะท้อนจากจุดภาพบนพื้นดินจริง ดังนั้น จึงต้องมีการปรับแก้ข้อมูลภาพให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์และตีความต่อไปได้ ด้วยการประมาณค่าความสว่างให้แก่แฉกที่เสียหาย

ก่อนที่จะประมาณค่าความสว่างให้กับแฉกที่เสียหาย ต้องระบุตำแหน่งของแนวกวาดที่เสียหายก่อน ดังนั้น การประมาณค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพ ( $BV_{i,j,k}$ ) จะเท่ากับค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างของจุดภาพในแฉกก่อน ( $BV_{i-1,j,k}$ ) กับค่าความสว่างของจุดภาพในแฉกหลัง ( $BV_{i+1,j,k}$ ) ดังสมการต่อไปนี้

$$BV_{i,j,k} = \frac{BV_{i-1,j,k} + BV_{i+1,j,k}}{2} \quad (\text{สมการ 3.1})$$

โดยที่ BV คือ ค่าความสว่างของจุดภาพ  
i คือ เลขตำแหน่งแนวกวาดภาพ  
j และ k คือ ค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งจุดภาพ ตามลำดับ

#### 3.2.1.2 การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR จากดาวเทียม NOAA

ข้อมูล AVHRR ช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 1 และ 2) สามารถแปลงไปเป็นอัตราการสะท้อน และช่วงคลื่นแผ่ความร้อน (แบนด์ 3 4 และ 5) สามารถแปลงไปเป็นค่าอุณหภูมิได้ บนพื้นฐานของค่าสัมประสิทธิ์การแปลงผันที่ปรากฏอยู่ในหัวไฟล์ข้อมูลภาพ

(Header file) ซึ่งหัวไฟล์ข้อมูลภาพจะจัดเตรียมค่าสัมประสิทธิ์ปรับเทียบมาตรฐาน ประกอบด้วย ค่าความชัน (slope) และระยะตัดแกน (intercept) สำหรับ 5 ช่วงคลื่น

(1) การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูลช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด

ในขั้นตอนนี้ เป็นการปรับปรุงข้อมูลภาพจากดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดให้มีมาตรฐานเดียวกัน อันเนื่องมาจากความเสื่อมของอุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR ด้วยวิธีการปรับเทียบมาตรฐานหลังจากปล่อยดาวเทียม (Post-launch calibration) โดยดาวเทียม NOAA-14 จะใช้สมการที่ได้มีการศึกษาโดย Tahnk และ Coakley (2001) โดยอาศัยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด ด้วยการวัดค่าคลื่นรังสีบนพื้นน้ำแข็งที่คงอยู่อย่างถาวรบริเวณภาคกลางของขั้วโลกใต้ (Antarctica) ในฐานะที่เป็นเป้าหมายคงที่ของคลื่นรังสี ซึ่งได้มีการวัดค่าคลื่นรังสีนับตั้งแต่ดาวเทียม NOAA-14 ปล่อยขึ้นสู่อวกาศจนถึงปี ค.ศ. 2001 จากการศึกษาพบว่า อัตราการเสื่อมของอุปกรณ์ตรวจวัดในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เดือนมกราคม ปี ค.ศ. 1998 ดังนั้น เราจำเป็นต้องนำค่าสัมประสิทธิ์มาปรับค่าการสะท้อนให้มีความถูกต้อง ก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้งาน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

แบนด์ 1 ของดาวเทียม NOAA-14

$$R_1 = (-5.35829 \times 10^{-9} d^2 + 1.70469 \times 10^{-5} d + 0.11414) \times (C_{10}^1 - 41) \quad (\text{สมการ 3.2})$$

แบนด์ 2 ของดาวเทียม NOAA-14 นับตั้งแต่ปล่อยดาวเทียมขึ้นสู่อวกาศจนถึงวันที่ 1 มกราคม ปี ค.ศ 2000

$$R_2 = (-1.46883 \times 10^{-9} d^2 + 5.59073 \times 10^{-6} d + 0.14302) \times (C_{10}^2 - 41) \quad (\text{สมการ 3.3})$$

แบนด์ 2 ของดาวเทียม NOAA-14 หลังวันที่ 1 มกราคม ปี ค.ศ. 2000

$$R_2 = (4.38569 \times 10^{-5} d + 0.06829) \times (C_{10}^2 - 41) \quad (\text{สมการ 3.4})$$

โดยที่  $R_1$  คือ เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของแบนด์ 1

$R_2$  คือ เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของแบนด์ 2

d คือ จำนวนวันหลังจากปล่อยดาวเทียม

$C_{10}^1$  คือ แบนด์ 1 ที่ 10 บิท

$C_{10}^2$  คือ แบนด์ 2 ที่ 10 บิท

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ปรับเทียบมาตรฐานหลังจากปล่อยดาวเทียมของแบนด์ 1 (ช่วงคลื่นแสงขาว) และ แบนด์ 2 (ช่วงคลื่นอินฟราเรด) ของดาวเทียม NOAA-16 และ NOAA-17 ซึ่งทาง NOAA จัดเตรียมไว้สำหรับผู้ใช้งานโดยทั่วไป สามารถคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$A = S C_{10} + I \quad (\text{สมการ 3.5})$$

โดยที่ A คือ อัตราส่วนรังสีสะท้อน (เปอร์เซ็นต์)  
 $C_{10}$  คือ สัญญาณ AVHRR ที่ 10 บิต  
 S คือ ค่าความชัน  
 I คือ ระยะตัดแกน

(2) การเทียบมาตรฐานของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน

ในขั้นตอนนี้ เป็นการปรับปรุงข้อมูลภาพจากดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ในช่วงคลื่นแผ่ความร้อนให้มีมาตรฐานเดียวกัน ในกรณี ดาวเทียม NOAA-14 การตรวจวัดความแผ่รังสี โดยอุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR (ช่วงคลื่น i) จะเป็นการคำนวณในรูปของฟังก์ชันแบบเส้นตรงของค่าข้อมูลนำเข้า ดังสมการต่อไปนี้

$$E_i = S_i C + I_i \quad (\text{สมการ 3.6})$$

โดยที่  $E_i$  คือ ค่าความแผ่รังสีของจากโลก ( $\text{mW/m}^2\text{-sr-cm}^{-1}$ )  
 C คือ ค่าข้อมูลนำเข้า 10 บิต  
 $S_i$  คือ ค่าความชัน ( $\text{mW/m}^2\text{-sr-cm}^{-1}$ ) per count  
 $I_i$  คือ ระยะตัดแกน ( $\text{mW/m}^2\text{-sr-cm}^{-1}$ )

หลังจากการคำนวณในรูปของฟังก์ชันแบบเส้นตรงแล้ว จะทำการปรับแก้ความแผ่รังสีแบบไม่ใช่เส้นตรงของช่วงคลื่นแบนด์ 4 และ 5 ของข้อมูล AVHRR ในรูปของสมการกำลังสอง ซึ่งการปรับแก้โดยวิธีนี้ จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อทำการปรับเทียบมาตรฐานแบบเส้นตรงแล้วเท่านั้น ค่าสัมประสิทธิ์ 3 ค่า (A B และ D) ของสมการกำลังสองสำหรับแต่ละช่วงคลื่นจะปรากฏอยู่ใน NOAA Polar Orbiter Data User's Guide การปรับแก้ความแผ่รังสีที่ได้จากความแผ่รังสีแบบเส้นตรง สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{RAD} = A \times E_i + B \times E_i^2 + D \quad (\text{สมการ 3.7})$$

โดยที่	RAD	คือ ค่าความแผ่รังสีของฉากโลก ( $\text{mW}/\text{m}^2\text{-sr}\text{-cm}^{-1}$ )
	$E_i$	คือ ค่าความแผ่รังสีจากฟังก์ชันแบบเส้นตรง ( $\text{mW}/\text{m}^2\text{-sr}\text{-cm}^{-1}$ )
	A B และ D	คือ ค่าสัมประสิทธิ์

การเปรียบเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR ช่วงคลื่นแผ่ความร้อนของดาวเทียม NOAA-16 และ NOAA-17 จะเป็นการปรับแก้ความแผ่รังสีแบบไม่ใช่เส้นตรง สำหรับช่วงคลื่นแบนด์ 4 โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่นำมาใช้ในการปรับแก้ความแผ่รังสีของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน บันทึกค่าไว้ในหัวไฟล์ข้อมูลภาพของแต่ละภาพ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$N_E = a_0 + a_1 C_E + a_2 C_E^2 \quad (\text{สมการ 3.8})$$

โดยที่	$N_E$	คือ ค่าความแผ่รังสีของฉากโลก ( $\text{mW}/\text{m}^2\text{-sr}\text{-cm}^{-1}$ )
	$C_E$	คือ ค่าข้อมูลนำเข้า 10 บิต
	$a_0$ $a_1$ และ $a_2$	คือ ค่าสัมประสิทธิ์

### 3.2.1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตหรือความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR จะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ (1) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้เราหาค่าตำแหน่งโดยประมาณของภาพแต่ละภาพ และยังสามารถปรับแก้ภาพอันเนื่องมาจากความโค้งของผิวโลกได้ ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตด้วยวิธีนี้ ใช้ระบบพิกัดอ้างอิง ระบบ Geographic Lat/Lon มาตรฐาน WGS 84 หน่วยเป็นองศา โดยอาศัยสมการคำนวณการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Triangulation และเลือกวิธีการแปลงค่าระดับสีเทาใหม่ (resampling) แบบ Nearest Neighbour (2) นำภาพที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ มาปรับแก้ด้วยวิธีภาพเริ่มต้นไปยังภาพอ้างอิง (image to image) ในการปรับแก้ข้อมูลภาพอาศัยการกำหนดจุดอ้างอิงบนพื้นโลก (ground control point: GCP) มาใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ในการเลือกจุดอ้างอิงบนข้อมูลภาพจากดาวเทียมกับข้อมูลภาพอ้างอิงต้องเป็นตำแหน่งเดียวกันบนพื้นผิวโลก ในที่นี้ข้อมูลภาพอ้างอิงที่ใช้ คือ ข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ได้มาจากการปรับแก้โดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ ซึ่งจะต้องเลือกภาพที่ประเทศไทยอยู่ตรงกลางภาพ ไม่มีเมฆปกคลุม และเห็นเส้น

แบ่งพื้นดินและพื้นน้ำชัดเจน เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดจุดอ้างอิง ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตด้วยวิธีนี้จะอาศัยสมการคำนวณการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Second Order Polynomials ที่กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square error) ไม่เกิน 1 จุดภาพ (1.1 กิโลเมตร) และเลือกวิธีการกำหนดหรือแปลงค่าระดับสีเทาใหม่ (resampling) แบบ Nearest Neighbour

### 3.2.1.4 การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่าง

(1) การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม NOAA-AVHRR ช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 1) และช่วงคลื่นอินฟราเรด (แบนด์ 2) ที่ถูกปรับเทียบมาตรฐานแล้ว มาหาค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ดังสมการต่อไปนี้

$$NDVI = \frac{Band2 - Band1}{Band2 + Band1} \quad (\text{สมการ 3.9})$$

โดยที่ Band1 คือ ข้อมูลแบนด์ 1  
Band2 คือ ข้อมูลแบนด์ 2

(2) การคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่าง (Brightness Temperature, BT)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการนำค่าความแผ่รังสีที่ถูกปรับเทียบมาตรฐานแล้ว มาแปลงให้เป็นอุณหภูมิความส่องสว่าง (brightness temperature) ซึ่งมีการคำนวณ 2 ขั้นตอน ดังสมการต่อไปนี้

$$T_E^* = \frac{C_2 v}{\ln\left(1 + \frac{C_1 v^3}{N_E}\right)} \quad (\text{สมการ 3.10})$$

$$T_E = \frac{T_E^* - A}{B} \quad (\text{สมการ 3.11})$$

โดยที่  $T_E^*$ ,  $T_E$  คือ อุณหภูมิในหน่วยของสเคลวินสำหรับค่าความแผ่รังสีของฉากโลก ( $N_E$ )

$v$  คือ ค่ากึ่งกลางของช่วงคลื่น ( $\text{cm}^{-1}$ ) โดย  $v = 929.5878$  สำหรับ NOAA-14  
 $v = 917.2289$  สำหรับ NOAA-16 และ  $v = 926.2947$  สำหรับ NOAA-17 (NOAA, 1998; 2009)

$C_1, C_2$  คือ ค่าคงที่ โดย  $C_1 = 1.1910659 \times 10^{-5}$  ( $\text{mW}/(\text{m}^2\text{-sr-cm}^4)$ ) และ  $C_2 = 1.438833$  ( $\text{cm-K}$ ) สำหรับ NOAA-14 และ  $C_1 = 1.1910427 \times 10^{-5}$  ( $\text{mW}/(\text{m}^2\text{-sr-cm}^4)$ ) และ  $C_2 = 1.4387752$  ( $\text{cm-K}$ ) สำหรับ NOAA-16 และ NOAA-17 (NOAA, 1998; 2009)

A, B คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแบนด์ 4 โดย  $A = 0.332380$  และ  $B = 0.998522$  สำหรับ NOAA-16 และ  $A = 0.271683$  และ  $B = 0.998794$  สำหรับ NOAA-17

### 3.2.1.5 การผสมค่าความสว่างสูงสุด (Maximum Value Composite)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการผสมค่าความสว่างของจุดภาพสูงสุดในคาบเวลา 10 วันของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่าง ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่างที่มีเมฆหมอกปกคลุมถูกขจัดออกไป เนื่องจากพื้นที่ที่มีเมฆหมอกปกคลุมจะมีค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่างต่ำกว่าพื้นผิวโลก ดังนั้น ค่าข้อมูลที่ได้จะแสดงถึงสภาพที่ปรากฏบนพื้นผิวโลก โดยค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะได้มาจากข้อมูลแบนด์ 1 และแบนด์ 2 และค่าอุณหภูมิความสว่างจะได้มาจากข้อมูลแบนด์ 4 ของข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ถูกเทียบมาตรฐานแล้ว ซึ่งจำนวนภาพในแต่ละข้อมูลจะมีทั้งหมด 36 ภาพในรอบ 1 ปี

### 3.2.1.6 การเน้นภาพเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement)

ในขั้นตอนนี้ เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับขจัดสัญญาณรบกวน (noise) ในภาพ ที่ได้กระทำการผสมค่าความสว่างของจุดภาพสูงสุดในคาบเวลา 10 วันแล้ว โดยเฉพาะสัญญาณรบกวนประเภทเกิดเป็นช่วงๆ (shot noise) ซึ่งค่าความสว่างของจุดภาพเดี่ยวๆหายไป ด้วยการใช้เทคนิคการเน้นภาพเชิงพื้นที่โดยอาศัยตัวกรองเชิงพื้นที่ (spatial filter) สำหรับเน้นค่าความสว่างของจุดภาพใหม่ โดยนำค่าความสว่างของจุดภาพข้างเคียงในภาพนำเข้ามาคำนวณ ตัวกรองเชิงพื้นที่นี้มีลักษณะเหมือนหน้ากาก ที่เรียกว่า หน้ากากคอนโวลูชัน (convolution mask) หรือ หน้าต่าง (window) หรือ เคอร์เนล (kernel) ที่มีขนาด  $3 \times 3$   $5 \times 5$   $7 \times 7$  หรือ  $9 \times 9$  ในการศึกษาครั้งนี้ การเน้นภาพเชิงพื้นที่จะใช้ตัวกรองมัชฌิมาน (median filter) กับหน้าต่างขนาด  $3 \times 3$

### 3.2.1.7 การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ (Local Maximum Fitting, LMF)

ในขั้นตอนนี้ เป็นการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ ให้กับข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และค่าอุณหภูมิความสว่าง ในแต่ละปี (ทั้งหมด 36 ภาพ) ซึ่งเป็นเทคนิคที่เกิดจากการประมาณค่าทางสถิติของพลวัตของพืชพรรณและอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาของรอบปี เพื่อขจัดค่าความสว่างของจุดภาพที่ผิดปกติ หรือสัญญาณรบกวนความถี่สูงออกไป และเน้นภาพในบริเวณพื้นที่ที่มีความถี่ต่ำ โดยวิธีการนี้ จะพิจารณาค่าความสว่างสูงสุดของจุดภาพ (Maximum A) ของชุดข้อมูลที่เกิดก่อนใน 4 ช่วงเวลาที่ต่อเนื่องตามอนุกรมเวลา ( $t_1$   $t_2$   $t_3$  และ  $t_4$ )



และค่าความสว่างสูงสุดของจุดภาพ (Maximum B) ของชุดข้อมูลที่เกิดหลังใน 4 ช่วงเวลาที่ต่อเนื่องตามอนุกรมเวลา (t4 t5 t6 และ t7) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 โดยกำหนดค่าความสว่างใหม่ของช่วงเวลาที่ 4 เท่ากับค่าความสว่างต่ำสุดที่พบในชุดข้อมูลความสว่างสูงสุดใน 4 ช่วงเวลาแรก (Maximum A) หรือชุดข้อมูลความสว่างสูงสุดใน 4 ช่วงเวลาหลัง (Maximum B) ดังแสดงในสมการที่ 3.12

$$\text{Maximum A} = \text{MAX}(t1, t2, t3, t4)$$

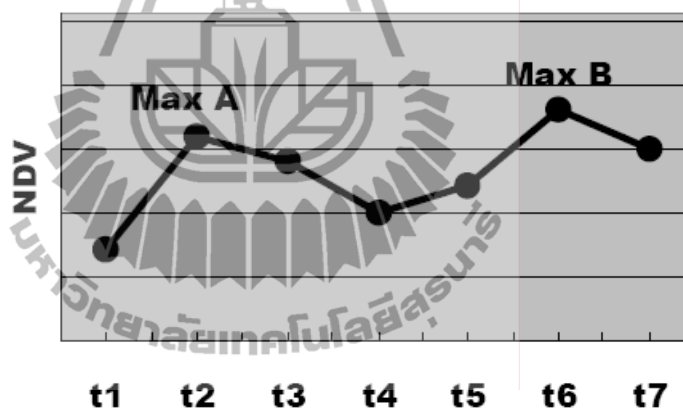
$$\text{Maximum B} = \text{MAX}(t4, t5, t6, t7)$$

(สมการ 3.12)

$$t4 = \text{MIN}(\text{Maximum A}, \text{Maximum B})$$

โดยที่ t1-t7 คือ ค่า NDVI ในแต่ละจุดภาพตามอนุกรมเวลา

t4 คือ ค่าของ t4 หลังจากการสร้างที่เหมาะสม



ภาพที่ 3.2 การสร้างที่เหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

ที่มา: Wada and Ohira, 2004

### 3.2.1.8 การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (Harmonic Analysis)

ในขั้นตอนนี้ นำข้อมูลภาพทั้งหมด 36 ภาพในแต่ละชุดข้อมูล (ข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และค่าอนุกรมความสว่าง) ที่ได้จากการวิเคราะห์ที่เหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ มาสร้างเป็นข้อมูลภาพเชิงพารามิเตอร์ (parameter images) ประกอบด้วย แอดดิทิฟ (additive) แมกนิจูด (magnitude) และเฟส (phase) โดยพื้นฐาน การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก เป็นการดำเนินการกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่สมบูรณ์ มีเมฆ หมอก และสัญญาณรบกวน โดยอาศัยการคำนวณองค์ประกอบของฟูเรียร์ (ค่าแอมพลิจูดหรือแมกนิจูด และเฟส) และนำผลที่ได้ไปสร้างข้อมูลภาพอนุกรมเวลาใหม่ที่ปราศจากเมฆ หมอก และสัญญาณรบกวน เมื่อข้อมูลภาพถูก

ดำเนินการ โดยใช้การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก สัญญาณเชิงเวลาของแต่ละจุดภาพจะถูกแยกเป็นส่วนประกอบฟูเรียร์ นั่นคือ ลำดับของคลื่นไซน์ฮาร์มอนิกและคลื่น โคไซน์ฮาร์มอนิกจากสัญญาณเดิมสามารถนำไปสร้างเป็นข้อมูลภาพใหม่ (Xiaoguang Jiang and Dan Wang, 2008) การวิเคราะห์ฮาร์มอนิกเป็นการวิเคราะห์ที่แสดงถึงลักษณะพื้นฐานเฉพาะเชิงปริมาณที่สัมพันธ์กับปรากฏการณ์ของพืชพรรณตามอนุกรมเวลา (Shinmura, Kubo, and Muramoto. n.d.) ภาพพารามิเตอร์จะถูกสร้างโดยใช้ 6 ช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 3.1 นั่นคือ การแยกส่วนประกอบตามช่วงเวลาในรูปของแมกนิจูด และเฟสต่อหน่วยของจุดภาพ (Wada and Ohira, 2004)

ตารางที่ 3.1 ภาพพารามิเตอร์โดยการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก

Period	Amplitude	Phase	Direct current
			Additive
1-year period term	Magnitude -1	Phase -1	
6-month period term	Magnitude -2	Phase -2	
4-month period term	Magnitude -3	Phase -3	
3-month period term	Magnitude -4	Phase -4	
2-month period term	Magnitude -5	Phase -5	
1-month period term	Magnitude -6	Phase -6	

ที่มา: Wada and Ohira, 2004

### 3.2.1.9 การสร้างข้อมูลใหม่ (Data Reconstruction)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำภาพพารามิเตอร์แต่ละภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก คือ แอดดิทิฟ (additive) แมกนิจูด (magnitude) และเฟส (phase) นำกลับไปสร้างเป็นข้อมูลภาพใหม่ ให้กับข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ และค่าอุณหภูมิความสว่างทั้ง 36 ภาพในแต่ละชุดข้อมูล โดยอาศัยสมการ ดังต่อไปนี้

$$f(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos\left(\frac{2\pi nt}{L} - \phi_n\right) \quad (\text{สมการ 3.13})$$

โดยที่  $C_0$  คือ แอคติฟ  
 $C_n$  คือ  $2 \times$  แมกนิจูด ( $n$ )  
 $\phi_n$  คือ เฟส ( $n$ )  
 $n$  คือ เวลาของฮาร์มอนิก  
 $L$  คือ จำนวนของอนุกรมเวลา  
 $t$  คือ เวลา (1 ถึง  $L$ )

### 3.2.1.10 การตัดภาพ (subset image)

ในขั้นตอนนี้ นำข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และค่าอุณหภูมิ ความสว่าง มาตัดขอบเขตเฉพาะบริเวณพื้นที่ศึกษา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ จะทำการคำนวณค่า SPI ในคาบ 3 6 และ 12 เดือน ให้กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนที่รวบรวมระหว่างปี พ.ศ. 2520-2552 จากสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 16 สถานี โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป ของ NDMC

### 3.2.2 การสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร

การค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งทางด้านการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้ประยุกต์ใช้ดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งสร้างจากข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA ในหลากหลายปี เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินการเกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้ง ในพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตร

#### 3.2.2.1 การคำนวณดัชนีทางสิ่งแวดล้อม

ดัชนีทางสิ่งแวดล้อม เป็นดัชนีที่นำมาใช้ในการบ่งชี้พื้นที่การเกิดภัยแล้งทางด้านการเกษตร และสภาพอากาศ ณ ช่วงเวลานั้น ซึ่งประกอบด้วย ดัชนีสถานะพืชพรรณ (VCI) ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (TCI) และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI) โดยอาศัยสมการ ดังต่อไปนี้

$$VCI_{ywj k}(\%) = \frac{NDVI_{ywj k} - NDVI_{min_{wj k}}}{NDVI_{max_{wj k}} - NDVI_{min_{wj k}}} \times 100 \quad (\text{สมการ 3.14})$$

โดยที่  $NDVI_{min}$  คือ ค่า NDVI ต่ำสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ  
 $NDVI_{max}$  คือ ค่า NDVI สูงสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ  
 $y$  คือ ปีที่ศึกษา  
 $w$  คือ ค่าคาบเวลา (ในหนึ่งปีจะมีค่าคาบเวลาระหว่าง 1-36)  
 $j$  และ  $k$  คือ ค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งจุดภาพ ตามลำดับ

$$TCI_{ywjk}(\%) = \frac{BT_{max_{wjk}} - BT_{y_{wjk}}}{BT_{max_{wjk}} - BT_{min_{wjk}}} \times 100 \quad (\text{สมการ 3.15})$$

โดยที่	$BT_{min}$	คือ ค่า BT ต่ำสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ
	$BT_{max}$	คือ ค่า BT สูงสุดในช่วงเวลาที่ศึกษาของแต่ละจุดภาพ
	y	คือ ปีที่ศึกษา
	w	คือ ค่าคาบเวลา (ในหนึ่งปีจะมีค่าคาบเวลาระหว่าง 1-36)
	j และ k	คือ ค่าละติจูดและลองจิจูดของตำแหน่งจุดภาพ ตามลำดับ

$$VHI = a \times (VCI) + b \times (TCI) \quad (\text{สมการ 3.16})$$

โดยที่ a และ b คือ ค่าน้ำหนักของดัชนีสภาวะของพืชพรรณ (VCI) และ ดัชนีสภาวะของอุณหภูมิ (TCI) ซึ่งจะพิจารณาจากค่า VCI และ TCI ที่ได้รับ

ในการคำนวณดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ จะอาศัยช่วงค่าสูงสุดและต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และค่าอุณหภูมิความสว่าง ตามลำดับ ของแต่ละจุดภาพของปีที่ศึกษาในแต่ละช่วงเวลา โดยมีสมมุติฐาน คือ ปริมาณสูงสุดของพืชพรรณจะเกิดขึ้นในปีที่มีสภาพอากาศเหมาะสมที่สุด เพราะสภาพอากาศจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการใช้ทรัพยากรระบบนิเวศอย่างมีประสิทธิภาพ ในทางกลับกัน ปริมาณต่ำสุดของพืชพรรณจะเกิดขึ้นในปีที่มีสภาพอากาศไม่เหมาะสมที่สุด ซึ่งไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชพรรณและลดอัตราการใช้ทรัพยากรในระบบนิเวศโดยตรง ดังนั้น ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และค่าอุณหภูมิความสว่าง ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลหลายปีที่บรรจุปรากฏการณ์ของสภาพอากาศ สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์เพื่อแสดงสภาวะพืชพรรณ และสภาพอากาศในเชิงปริมาณ

ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการคำนวณดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (VCI TCI และ VHI) ในทุกช่วงเวลาของแต่ละปี ซึ่งในแต่ละปีมีทั้งหมด 36 ช่วงเวลา โดยช่วงเวลาที่ 1 คือ 10 วันแรกของเดือนมกราคม และช่วงเวลาที่ 36 คือ 10 วันสุดท้ายของเดือนธันวาคม ดังนั้น ในแต่ละปี ค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (VCI TCI และ VHI) จะมีทั้งหมด 36 ค่า

### 3.2.2.2 การจัดทำแผนที่ภัยแล้ง

ในการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูล NOAA-AVHRR นั้น ผลจากการวิเคราะห์และแปลตีความภัยแล้งจากดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ ได้นำมาจัดทำเป็นแผนที่สภาวะ

พืชพรรณ เพื่อแสดงพื้นที่ และความรุนแรงของภัยแล้งทางการเกษตร และแผนที่สภาวะอุณหภูมิต้อง เพื่อแสดงสภาพอากาศที่สนับสนุนการเกิดภัยแล้ง และแผนที่แสดงความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ซึ่งได้จากผลรวมของดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิต้อง

### 3.2.3 การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน

ในการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน ได้นำข้อมูลปริมาณน้ำฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2520-2552 มาคำนวณหาความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนในรูปแบบของ Standardized Precipitation Index (SPI) ในสเกลเวลาที่แตกต่างกัน คือ 3 6 และ 12 เดือน เพื่อระบุปี พ.ศ. ที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้ง ร่วมกับข้อมูลย้อนหลังการเกิดภัยธรรมชาติจากหน่วยงานของรัฐ เช่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร เป็นต้น และข่าวสารทางอินเทอร์เน็ต และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิต้อง) เพื่ออธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปี ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เนื่องจาก เป็นพืชเกษตรหลักทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกกว้างใหญ่ และมีฤดูกาลที่แน่นอน

### 3.2.4 การประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีจากข้อมูล NOAA-AVHRR

การประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี ได้นำดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม AVHRR-NOAA มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติกับผลผลิตข้าวนาปี เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลองในการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี ในแต่ละจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 3.2.4.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับผลผลิตข้าว

ข้อมูลผลผลิตข้าวที่นำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์กับดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย ดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิต้อง คือ ข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2551 ของแต่ละจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยนำข้อมูลผลผลิตข้าวนาปีของแต่ละจังหวัดมาแปลงค่าให้อยู่ในรูปแบบของอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยในรอบ 12 ปี (คิดเป็นอัตราร้อยละของค่าปกติ) ซึ่งในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปี (เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม) เดือนที่มีการเพาะปลูกสูงสุดคือ เดือนมิถุนายนและกรกฎาคม คิดเป็นร้อยละ 26.55 และ 40.57 ตามลำดับ และเดือนที่เก็บเกี่ยวผลผลิตสูงสุดคือ เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม คิดเป็นร้อยละ 50.08 และ 25.05 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) จากนั้น นำค่าที่ได้รับมาหาความสัมพันธ์กับค่าเฉลี่ยของดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิต้อง) ของแต่ละจังหวัด ในทุกช่วงเวลา (36 ช่วงเวลา) และทุกปี

ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับผลผลิตข้าวของจังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่ปลูกข้าวในปีต่อพื้นที่จังหวัดสูงและพื้นที่เพาะปลูกข้าวกระจายทั่วพื้นที่ เพื่อความน่าเชื่อถือของการหาความสัมพันธ์ ซึ่งจังหวัดที่นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ประกอบด้วย จังหวัดหนองคาย สกลนคร อุตรธานี นครพนม หนองบัวลำภู กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มุกดาหาร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี นครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และสุรินทร์ ยกเว้น จังหวัดเลยและชัยภูมิที่มีสัดส่วนของพื้นที่ปลูกข้าวต่ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของทั้งสองจังหวัดเป็นภูเขาสูงชันและมีที่ราบลุ่มน้อย

#### 3.2.4.2 การสร้างแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าว

การสร้างแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าว จะพิจารณาจากคาบเวลาที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสถานะพืชพรรณ และดัชนีสถานะอุณหภูมิ) กับผลผลิตข้าวในปี สำหรับแต่ละจังหวัด และนำดัชนีทางสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลาที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด ไปวิเคราะห์สมการถดถอยแบบเชิงเส้นตรง 2 รูป เพื่อหาแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปีที่เหมาะสม โดยมีหลักการคือ (1) วิเคราะห์สมการถดถอยแบบเส้นตรงระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณในคาบที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด กับผลผลิตข้าวในปี และ (2) วิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้นระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ ในคาบที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด กับผลผลิตข้าวในปี และนำแบบจำลองที่ได้ จากวิเคราะห์สมการถดถอยแบบเส้นตรงและพหุนาม ไปประเมินเปรียบเทียบกับผลผลิตข้าวในปีเฉลี่ยรายปีของแต่ละจังหวัด ในปี พ.ศ. 2552 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

ในการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร ได้ประยุกต์ใช้ดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ) โดยสร้างจากข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR ที่ผ่านกระบวนการเก็บรวบรวม และจัดการข้อมูล เพื่อการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้ง ในกรณีของการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี ใช้แบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวในปี ในแต่ละจังหวัด ซึ่งผลการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าว ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจากข้อมูล NOAA-AVHRR มีดังต่อไปนี้

#### 4.1 การรวบรวมและจัดการข้อมูล

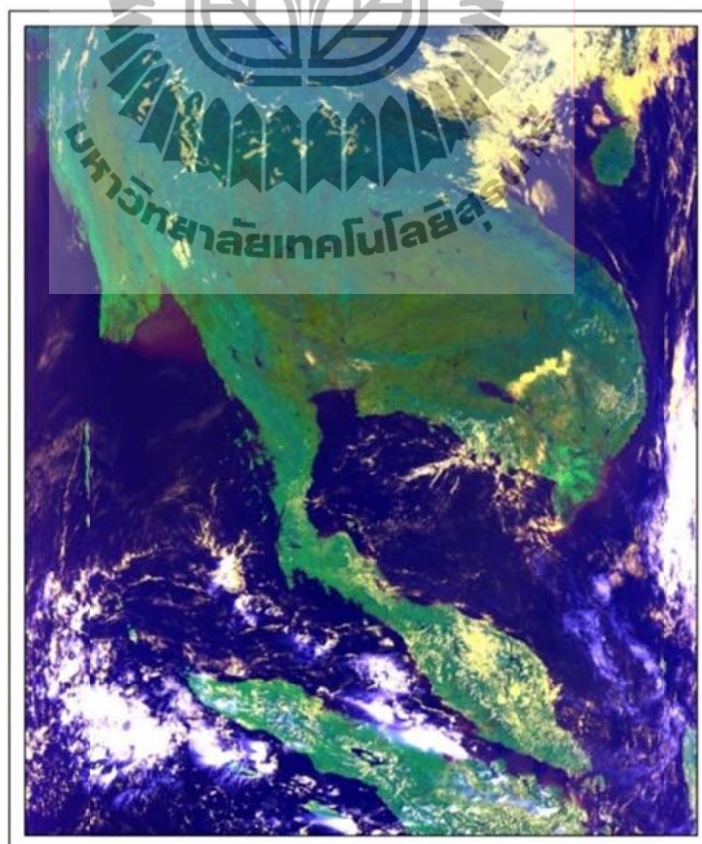
การรวบรวมและจัดการข้อมูล เป็นขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยขั้นตอนหลักคือ การรวบรวมข้อมูลภาพดาวเทียม การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและการปรับเทียบมาตรฐานข้อมูล การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่าง การผสมค่าความสว่างสูงสุดและการเน้นภาพเชิงพื้นที่ การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ และการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก เพื่อสร้างข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่างขึ้นมาใหม่

##### 4.1.1 การรวบรวมข้อมูลภาพดาวเทียม

ในการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 บันทึกข้อมูลในระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2540 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543 และระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2552 รวมทั้งหมดประมาณ 3,285 ภาพ ประกอบด้วยข้อมูล 5 แบนด์ คือ ช่วงคลื่นแสงขาว (Channel 1: 0.58-0.68  $\mu\text{m}$ ) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Channel 2: 0.725-1.1  $\mu\text{m}$ ) และช่วงคลื่นแผ่ความร้อน 3 แบนด์ (Channel 3: 3.5-3.9  $\mu\text{m}$ , Channel 4: 10.5-11.3  $\mu\text{m}$  และ Channel 5: 11.5-12.5  $\mu\text{m}$ ) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 ข้อมูลภาพดาวเทียมในแต่ละภาพจะไม่มีระบบพิกัดอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลก แต่มีหัวไฟล์ข้อมูลภาพ ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลภาพดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

Image Data Properties	NOAA-14	NOAA-16	NOAA-17
Satellite/Sensor	NOAA/AVHRR	NOAA/AVHRR	NOAA/AVHRR
Acquired Data	Jan 1, 1997- Dec 31,2000	Jan 1, 2005- Dec 31,2005	Jan 1, 2006- Dec 31,2009
Product Type	LAC/HRPT	LAC/HRPT	LAC/HRPT
Level	1B	1B	1B
Channel Number	5 (Band 1-5)	5 (Band 1-5)	5 (Band 1-5)
Bits/Pixel	10	10	10
Coordinate System	None	None	None
Include Archive Header	Yes	Yes	Yes



ภาพที่ 4.1 ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551  
แสดงภาพแบบสีผสมเท็จ 1 2 4



```

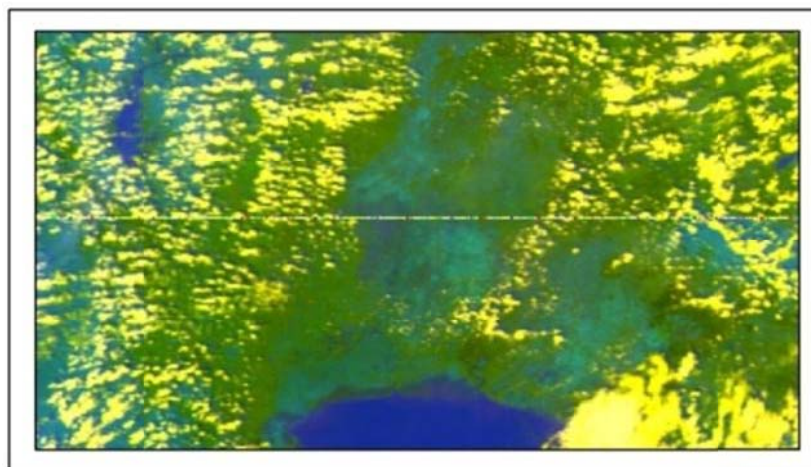
File: F:\NOAA_1km_LAC\NOAA_11b\2008\01_2008\NSS.LHRR.NM.D08010.S0318.E0328.B2881717.GC
Data Set Name: NSS.LHRR.NM.D08010.S0318.E0328.B2881717.GC
Time (yy ddd hh:mm): 2008 10 3:21
Spacecraft ID: NOAA-17
Product Type: LAC/HRET
Packed Data : Yes
Data Type : Integer
Samples: 2048
Lines : 2525
Bands : 1-5
Average Solar Zenith Angle (Deg.): 45.24
Average Operational Calibration Slopes (1,2,3a):
0.05580, 0.16380, 0.06704, 0.19960, 0.03245, 0.22750
Average Operational Calibration Intercepts (1,2,3a):
-2.23300, -56.36000, -2.63200, -69.09000, -1.36800, -99.31000
Calibration Operational Intersection (1,2,3a):
501.00000, 501.00000, 501.00000
Thermal Operational Coefficients (3b):
0.00000, 0.00000, 0.00000
Thermal Operational Coefficients (4):
188.03789, -0.21649, 0.00003
Thermal Coefficients (5):
197.10020, -0.21062, 0.00001
Image Extent: Latitude Longitude (X,Y)
25°46'21.00"N 90°52'31.43"E (24,0)
1°17'41.28"N 86°27'52.56"E (24,2524)
21°56'44.88"N 116°20'55.68"E (2024,0)
2°12'7.92"S 109°42'54.37"E (2024,2524)

```

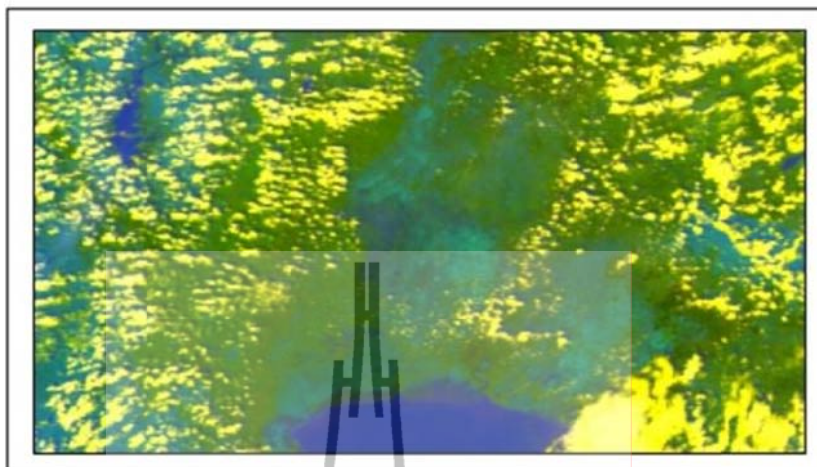
ภาพที่ 4.2 หัวไฟล์ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR

#### 4.1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี เป็นการปรับแก้ที่เกิดขึ้นกับค่าความสว่างของจุดภาพ ทำให้แฉกหนึ่งของแนวกวาดที่ปรากฏบนภาพดาวเทียม มีค่าความสว่างไม่ตรงกับค่าการสะท้อนจริงบนพื้นผิวโลก (ภาพที่ 4.3) ดังนั้น จึงต้องมีการปรับแก้ข้อมูลภาพให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และตีความต่อไปได้ ด้วยการประมาณค่าความสว่างให้กับแฉกที่เสียหาย ด้วยการเฉลี่ยค่าความสว่างของจุดภาพในแฉกก่อนกับแฉกหลัง (สมการ 3.1) ดังผลแสดงไว้ในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.3 ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีของข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี แสดงค่าความสว่างในแฉกหนึ่งของแนวกวาดภาพเกิดความเสียหาย



ภาพที่ 4.4 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม NOAA-AVHRR หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี แสดงค่าความสว่างในแถวหนึ่งของแนวกวาดภาพที่เสียหายได้รับการปรับแก้

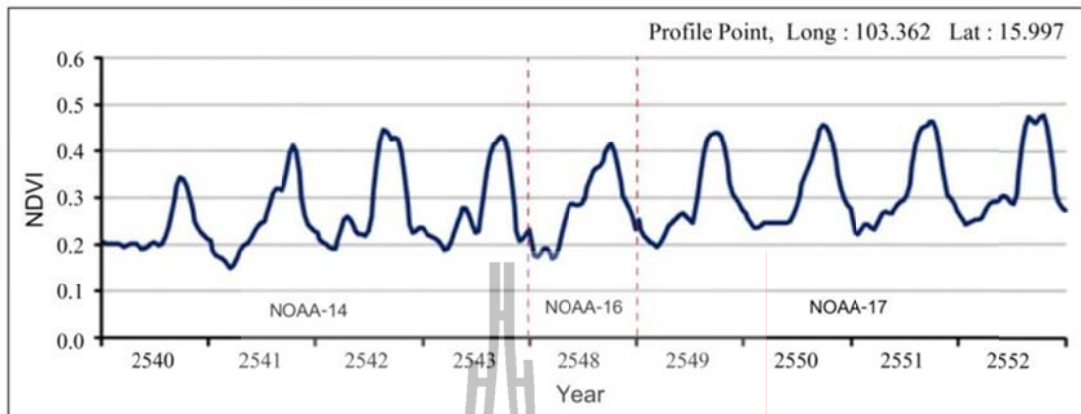
#### 4.1.3 การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR จากดาวเทียม NOAA

ข้อมูล AVHRR ช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดใกล้ (แบนด์ 1 และ 2) สามารถแปลงไปเป็นอัตราการสะท้อน และช่วงคลื่นแผ่ความร้อน (แบนด์ 3 4 และ 5) สามารถแปลงไปเป็นค่าอุณหภูมิได้ บนพื้นฐานของค่าสัมประสิทธิ์การแปลงผันที่ปรากฏอยู่ในหัวไฟล์ข้อมูลภาพ (Header file) ซึ่งหัวไฟล์ข้อมูลภาพจะจัดเตรียมค่าสัมประสิทธิ์การปรับเทียบมาตรฐาน ประกอบด้วย ค่าความชันและระยะตัดแกน สำหรับ 5 ช่วงคลื่น

##### 4.1.3.1 การปรับเทียบมาตรฐานข้อมูลช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด

ในการปรับปรุงข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดให้มีมาตรฐานเดียวกัน อันเนื่องมาจากความเสื่อมของอุปกรณ์ตรวจวัด AVHRR ด้วยวิธีการปรับเทียบมาตรฐานหลังจากปล่อยดาวเทียม (Post-launch calibration) สำหรับดาวเทียม NOAA-14 จะใช้สมการ 3.2 ถึงสมการ 3.4 ที่ได้มีการศึกษาโดย Tahnk และ Coakley Jr (2001) และค่าสัมประสิทธิ์การปรับเทียบมาตรฐานหลังจากปล่อยดาวเทียม NOAA-16 และ NOAA-17 ในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด ที่ได้จัดเตรียมโดย NOAA ดังแสดงในสมการ 3.5

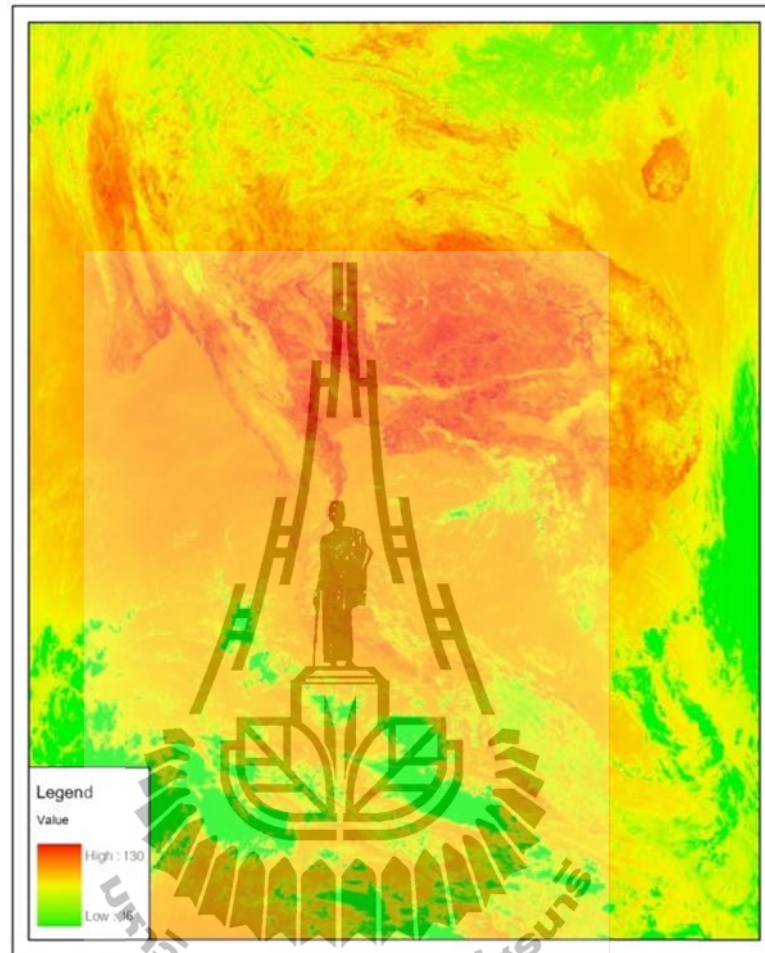
ผลลัพธ์ของการปรับเทียบมาตรฐานข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ในช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรด พบว่า ข้อมูลที่ได้รับมีมาตรฐานสอดคล้องกัน โดยมีรูปแบบ (pattern) ของการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ตามเวลาที่มีความเสถียรเหมือนกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ตามเวลา ได้จากการเปรียบเทียบมาตรฐานข้อมูล AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17

#### 4.1.3.2 การปรับเทียบมาตรฐานของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน

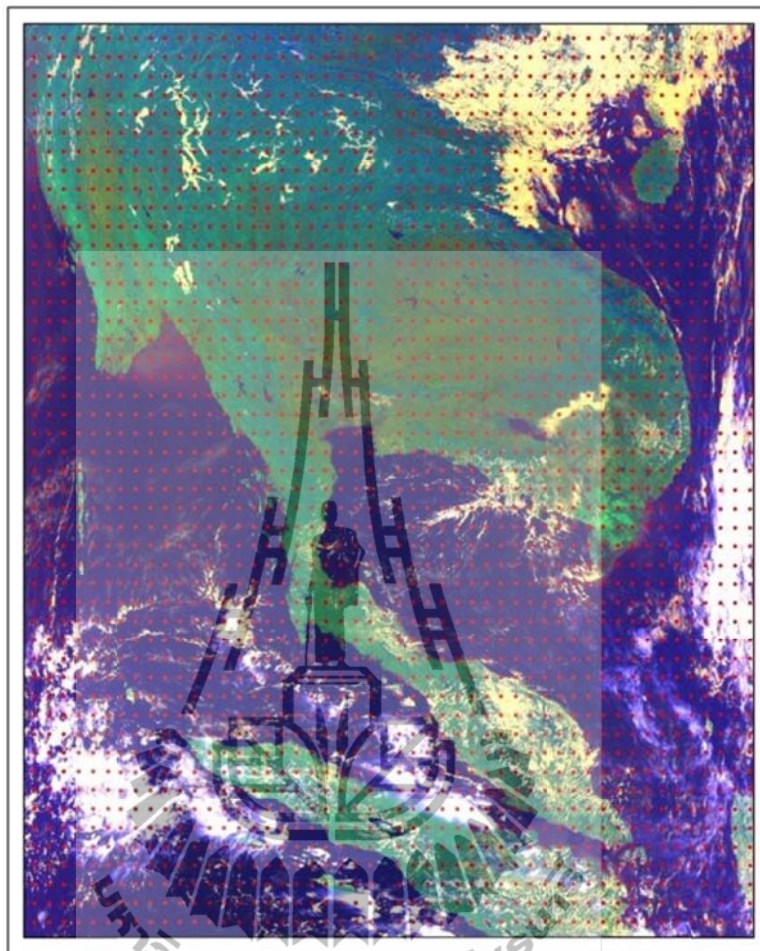
ในการปรับเทียบมาตรฐานข้อมูลภาพ AVHRR ช่วงคลื่นแผ่ความร้อนของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ได้ประยุกต์ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การแปลงผันที่ปรากฏอยู่ในหัวไฟล์ข้อมูลภาพ เพื่อแปลงค่าข้อมูล 10 บิต ของข้อมูลภาพ AVHRR ช่วงคลื่นแผ่ความร้อน ระดับ 1B ไปเป็นค่าความแผ่รังสีของฉากรโลก โดยอาศัยสมการ 3.6 ถึง สมการ 3.8 ผลการปรับเทียบมาตรฐานของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน ปรากฏว่า สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทจะมีค่าความแผ่รังสีของฉากรโลกแตกต่างกัน คือ พื้นที่เปิดโล่ง เป็นบริเวณที่มีค่าความแผ่รังสีของฉากรโลกสูงกว่า 116 สำหรับพื้นที่พืชพรรณและพื้นน้ำ มีค่าความแผ่รังสีของฉากรโลกอยู่ระหว่าง 105-116 และเมฆ มีค่าความแผ่รังสีของฉากรโลกต่ำกว่า 105 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการเทียบมาตรฐานของช่วงคลื่นแผ่ความร้อน (แบนด์ 4) แสดงค่าความแผ่รังสีของฉากโลก

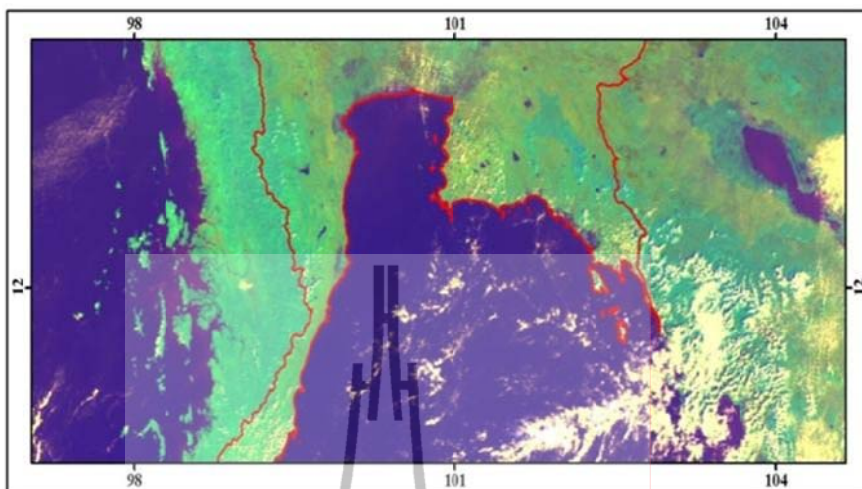
#### 4.1.4 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต หรือความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ที่แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตด้วยวิธีภาพเริ่มต้นไปยังแผนที่อ้างอิง (image to map) จากระบบอ้างอิงของโลก (World Reference System, WRS) ในหัวไฟล์ข้อมูลภาพ ซึ่งมีจุดอ้างอิงบนพื้นโลกของแนวแกน X และแกน Y เท่ากับ 50 รวมทั้งหมด 2,500 จุดในแต่ละภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 ตัวอย่างผลลัพธ์การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต โดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ แสดงไว้ในภาพที่ 4.8

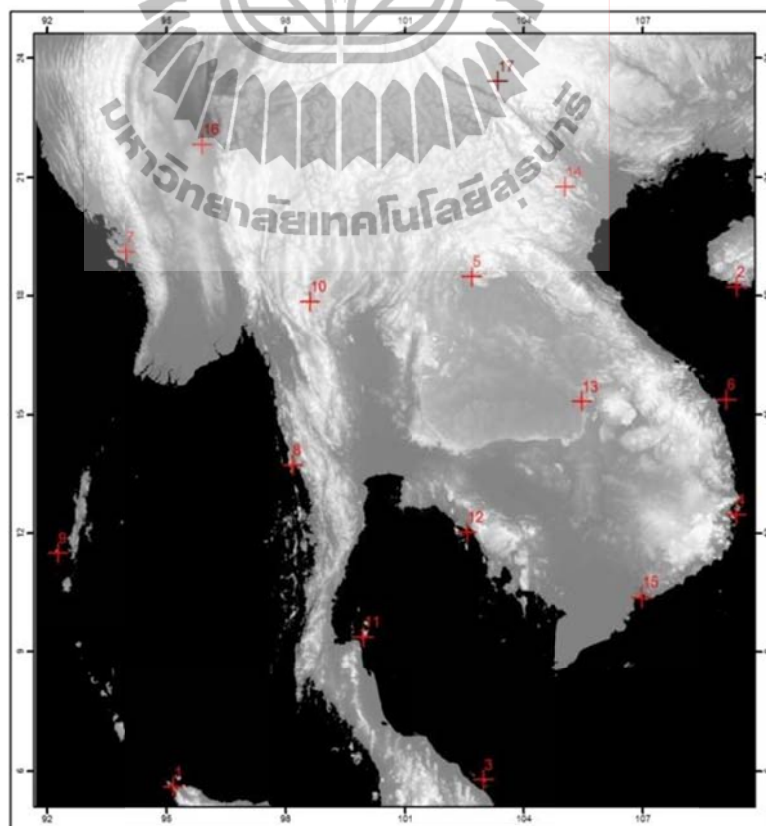


ภาพที่ 4.7 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงบนพื้นโลก จากหัวไฟล์ข้อมูลภาพ AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551

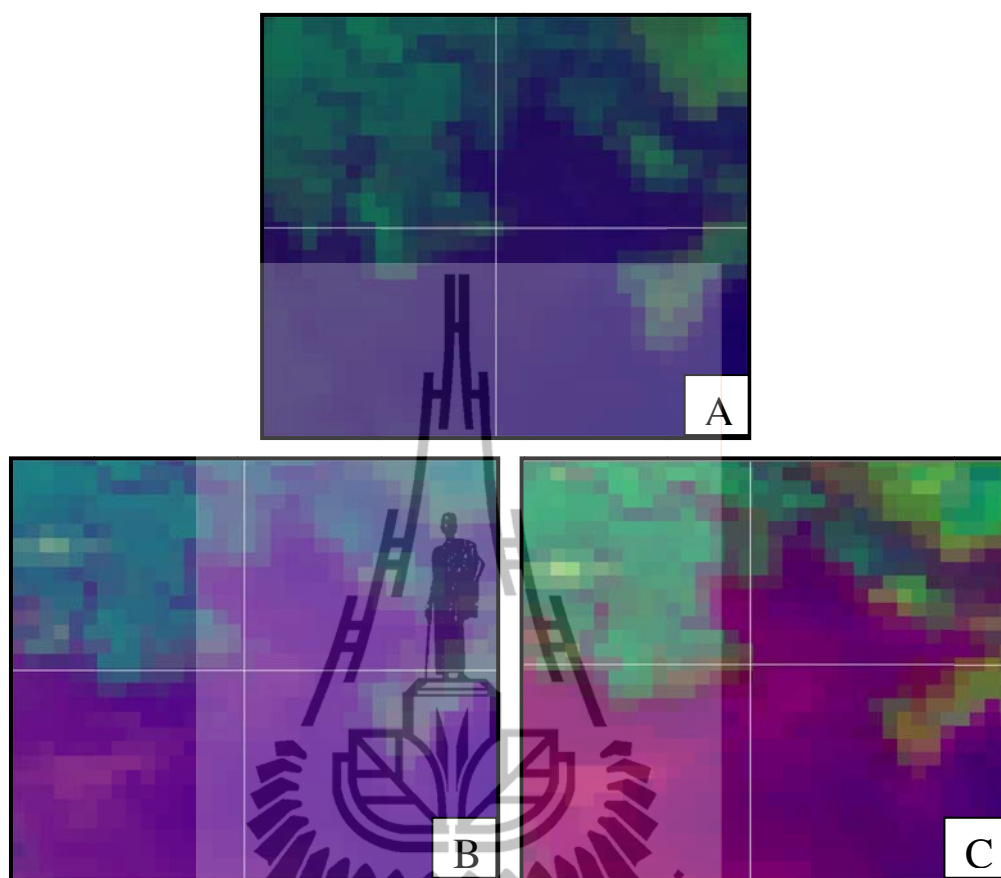
ในขั้นตอนที่สองของการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต เป็นการนำภาพที่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ มาปรับแก้ด้วยวิธีภาพเริ่มต้นไปยังภาพอ้างอิง (image to image) ในการเลือกจุดอ้างอิงบนข้อมูลภาพดาวเทียมกับข้อมูลภาพอ้างอิงต้องเป็นตำแหน่งเดียวกันบนพื้นผิวโลก ภาพอ้างอิงที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 บันทึกเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2540 ที่ได้รับการปรับแก้โดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ โดยมีจุดอ้างอิงประมาณ 17 จุด (ภาพที่ 4.9) ภาพเริ่มต้นจะมีจุดอ้างอิงมากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการปกคลุมของเมฆและพื้นที่ครอบคลุมของภาพดาวเทียม จากการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตในขั้นตอนนี้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 จุดภาพ หรือมีค่าเท่ากับ 550 เมตร ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.8 ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตโดยใช้หัวไฟล์ข้อมูลภาพ แสดงแนวชายฝั่งจากข้อมูลภาพดาวเทียมและข้อมูลขอบเขตประเทศ จาก L7018 มาตรฐาน 1:50,000 อยู่ในบริเวณเดียวกัน



ภาพที่ 4.9 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงบนพื้นโลกจากภาพอ้างอิง



ภาพที่ 4.10 ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นและจุดภาพอ้างอิง ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

ภาพ 4.10A แสดงตำแหน่งจุดภาพอ้างอิง ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

ภาพ 4.10B แสดงตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้น ก่อนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

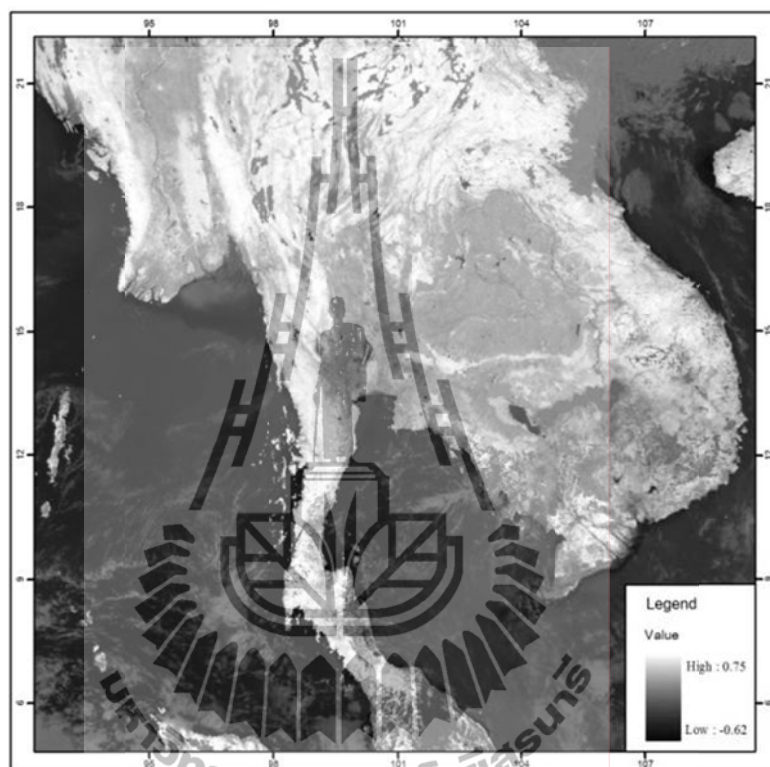
ภาพ 4.10C แสดงตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้น หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน

#### 4.1.5 การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์

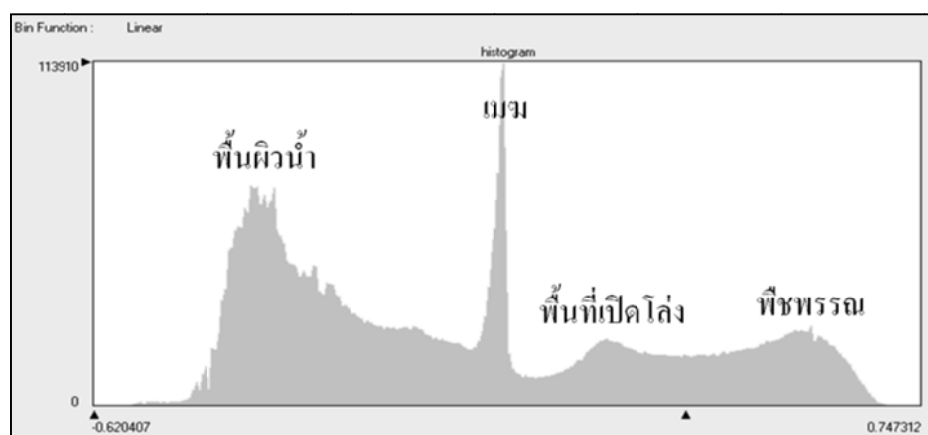
การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ เป็นการนำข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR ช่วงคลื่นสีแดง (แบนด์ 1) และช่วงคลื่นอินฟราเรด (แบนด์ 2) ที่ถูกปรับเทียบมาตรฐานแล้ว โดยอาศัยสมการ 3.9 ดังผลลัพธ์แสดงไว้ในภาพที่ 4.11

จากการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ เมื่อพิจารณาค่าฮิสโทแกรม พบว่า พืชพรรณสีเขียว จะมีค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแบนด์สีแดงต่ำกว่าช่วงคลื่นแบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์จะมีค่าสูง ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.25 พื้นที่เปิดโล่ง ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์อยู่ระหว่าง 0.1 - 0.25 สำหรับเมฆ จะมีค่าการสะท้อน

แสงของแบนด์สีแดงใกล้เคียงกับแบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ และพื้นผิวน้ำ จะมีค่าการสะท้อนคลื่นแสงของแบนด์สีแดงสูงกว่าแบนด์อินฟราเรดใกล้ ดังนั้น ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะมีค่าเป็นลบ ดังแสดงภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.11 ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์

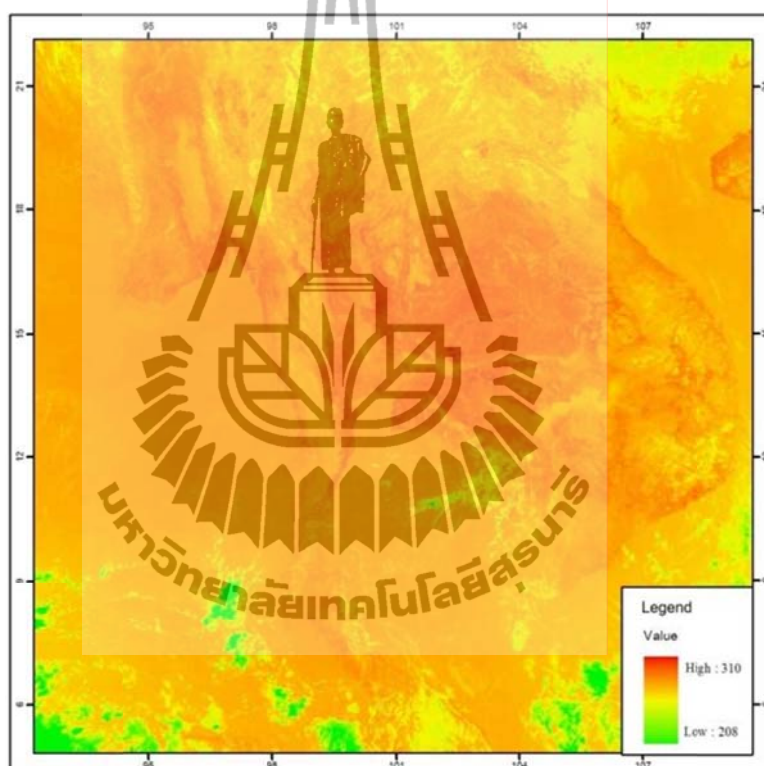


ภาพที่ 4.12 ค่าฮิสโทแกรมของข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์



#### 4.1.6 การคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่าง

การคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่าง เป็นการนำค่าความแผ่รังสีที่ถูกปรับเทียบมาตรฐานแล้ว มาแปลงให้เป็นอุณหภูมิความส่องสว่าง ในหน่วยองศาเคลวิน โดยใช้สมการ 3.10 และสมการ 3.11 พบว่า สิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ พื้นที่เปิดโล่ง เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 300 องศาเคลวิน สำหรับพื้นที่พืชพรรณและพื้นน้ำ มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 290-300 องศาเคลวิน และเมฆ มีอุณหภูมิต่ำกว่า 290 องศาเคลวิน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.13

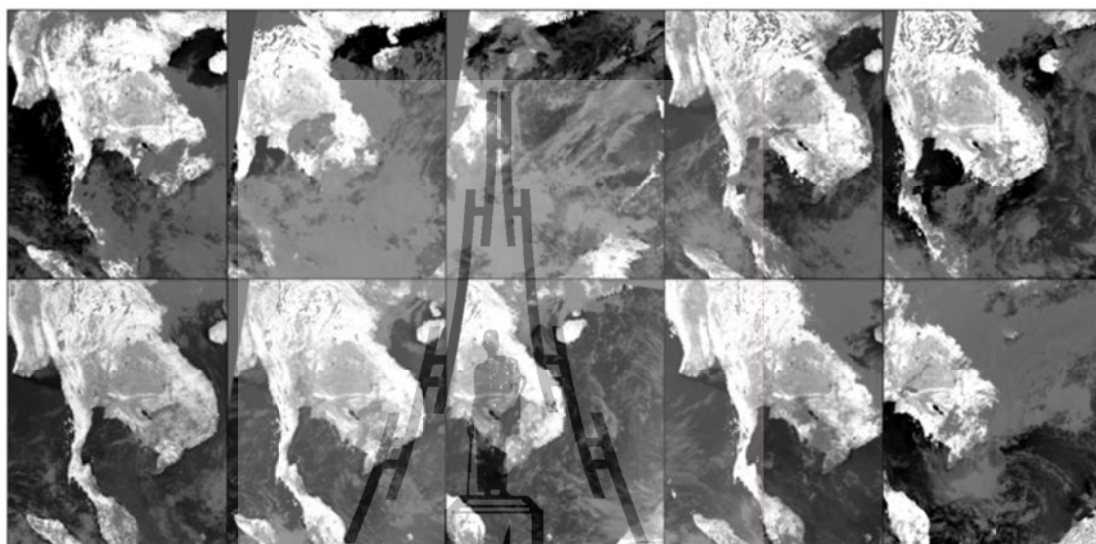


ภาพที่ 4.13 ข้อมูลภาพดาวเทียม NOAA-AVHRR บันทึกเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551 หลังการคำนวณค่าอุณหภูมิความสว่าง

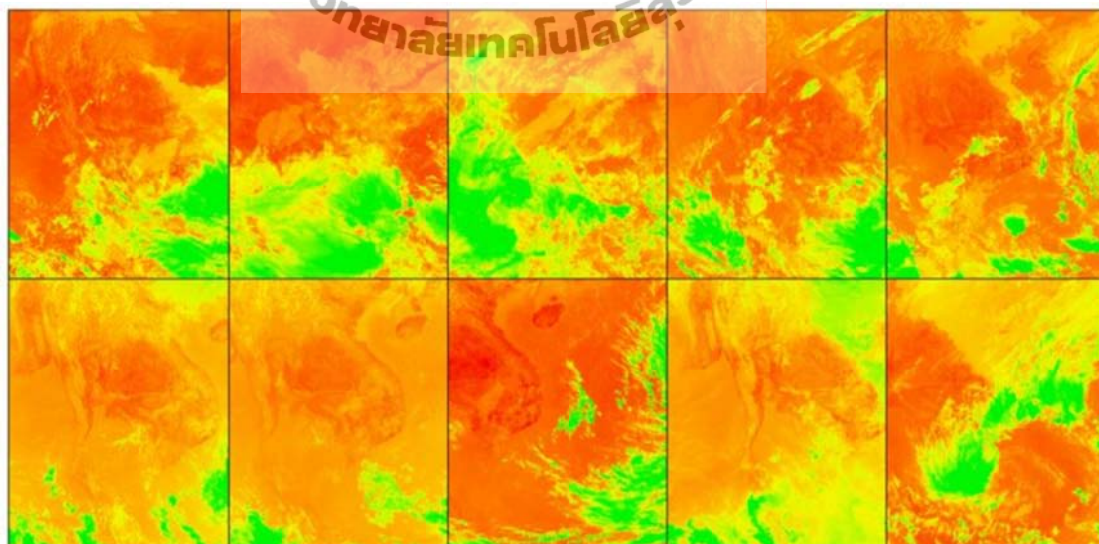
#### 4.1.7 การผสมค่าความสว่างสูงสุด (Maximum Value Composite)

การผสมค่าความสว่างสูงสุด เป็นการนำข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่างในคาบ 10 วัน ซึ่งถูกปรับเทียบมาตรฐานแล้ว ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.14 และภาพที่ 4.15 ตามลำดับ มาซ้อนทับกัน และหาค่าความสว่างสูงสุด ณ จุดภาพที่ตรงกัน เพื่อขจัดเมฆหมอก และจุดภาพที่มีค่าความสว่างต่ำอย่างผิดปกติออกจากภาพ ส่งผลให้ภาพดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่าง แสดงถึงสภาพที่ปรากฏจริงบนพื้นผิวโลก ดัง

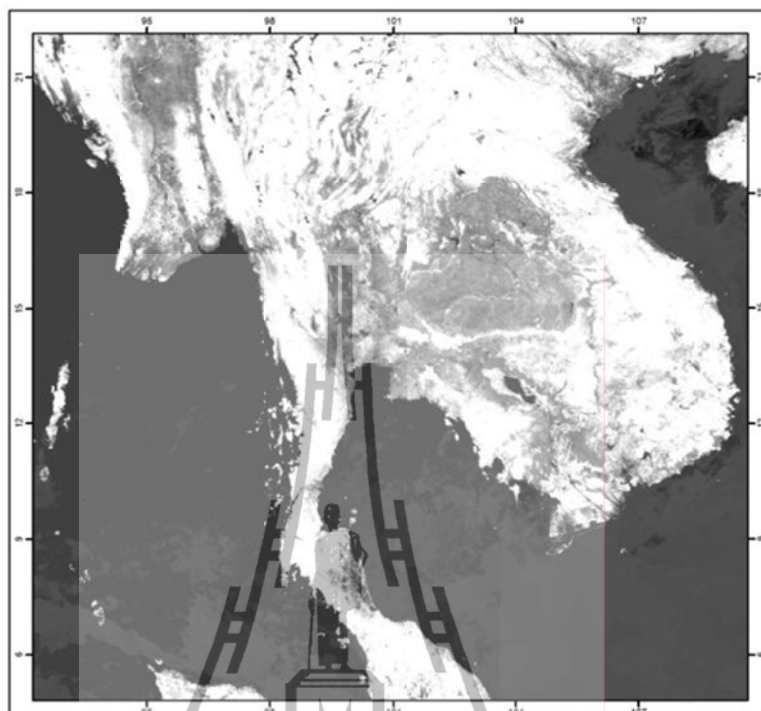
แสดงไว้ในภาพที่ 4.16 และภาพที่ 4.17 ตามลำดับ จำนวนภาพหลังการผสมค่าความสว่างของจุดภาพสูงสุดของแต่ละข้อมูลในแต่ละปีจะมีทั้งหมด 36 ภาพ



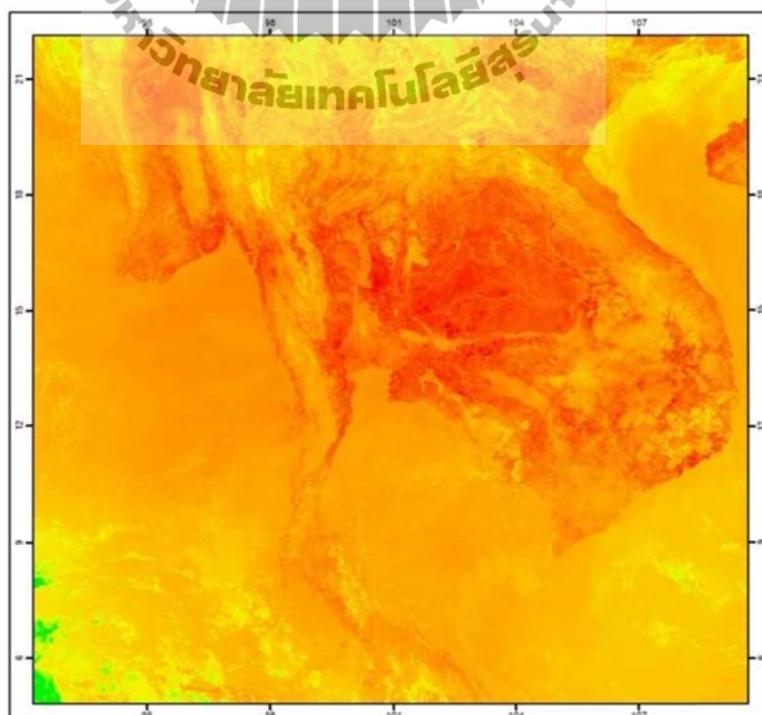
ภาพที่ 4.14 ข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551



ภาพที่ 4.15 ข้อมูลค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 4 ในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551



ภาพที่ 4.16 ข้อมูลดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ หลังการผสมค่าความสว่างของจุดภาพสูงสุดภายในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551



ภาพที่ 4.17 ข้อมูลค่าอุณหภูมิความสว่างของแบนด์ 4 หลังการผสมค่าความสว่างของจุดภาพสูงสุดในคาบ 10 วัน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2551 ถึง วันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551

#### 4.1.8 การเน้นภาพเชิงพื้นที่

การเน้นภาพเชิงพื้นที่ เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับขจัดสัญญาณรบกวน (noise) ในภาพดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่าง ที่ได้ทำการผสมค่าความสว่างของจุดภาพสูงสุดในคาบเวลา 10 วันแล้ว โดยเฉพาะสัญญาณรบกวนประเภทเกิดเป็นช่วงๆ (shot noise) ซึ่งค่าความสว่างของจุดภาพเดี่ยวๆ หายไป ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการเน้นภาพเชิงพื้นที่ โดยอาศัยตัวกรองเชิงพื้นที่แบบมัลติฐาน และหน้าต่างขนาด  $3 \times 3$  ผลลัพธ์ที่ได้รับแสดงไว้ในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 การเน้นภาพเชิงพื้นที่ โดยตัวกรองเชิงพื้นที่แบบมัลติฐาน และหน้าต่างขนาด  $3 \times 3$

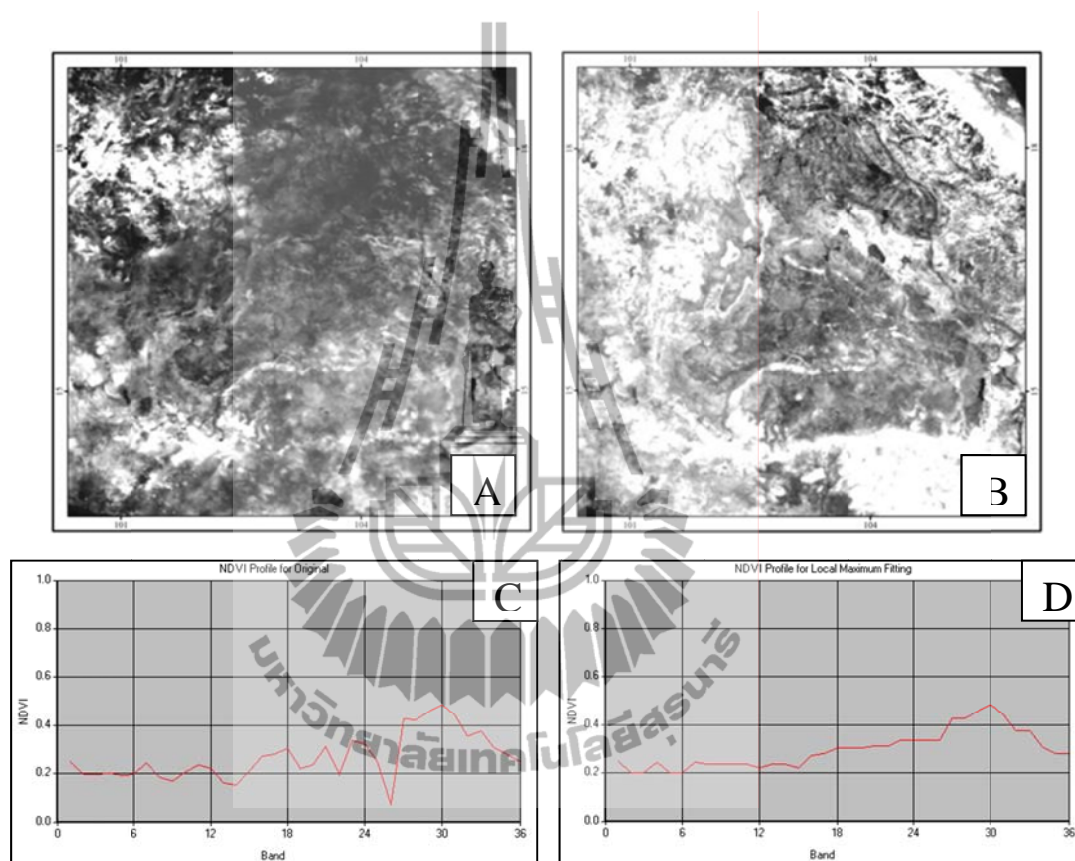
ภาพ 4.18A การผสมค่าจุดภาพสูงสุดในคาบเวลา 10 วันของค่าดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ก่อนการเน้นภาพเชิงพื้นที่

ภาพ 4.18B การผสมค่าจุดภาพสูงสุดในคาบเวลา 10 วันของค่าดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ หลังการเน้นภาพเชิงพื้นที่

#### 4.1.9 การสร้างความสะดวกสูงสุดเฉพาะที่

การสร้างความสะดวกสูงสุดเฉพาะที่ เป็นเทคนิคการประมาณค่าทางสถิติของพลวัตของดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และค่าอุณหภูมิความสว่าง ใน 36 คาบเวลา (36 ภาพ) ของแต่ละปีที่ศึกษา โดยอาศัยสมการ 3.12 เพื่อขจัดค่าความสว่างของจุดภาพที่ผิดปกติ เมฆหมอก และสัญญาณรบกวนความถี่สูงออกไป เนื่องจาก ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ใกล้เคียงศูนย์สูตร ในระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เป็นช่วงฤดูฝนของทุกภาคในประเทศ ซึ่งมีปริมาณการปกคลุมของเมฆสูง ส่งผลให้การวิเคราะห์ดัชนีพีชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และ

ค่าอนุหภูมิความสว่างเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ในการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ จะช่วยในการขจัดเมฆฝนออกอย่างสมเหตุสมผล ส่งผลให้สามารถวิเคราะห์พลวัตของพืชพรรณและอนุหภูมิภายในปี และระหว่างปีได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.19 และภาพที่ 4.20



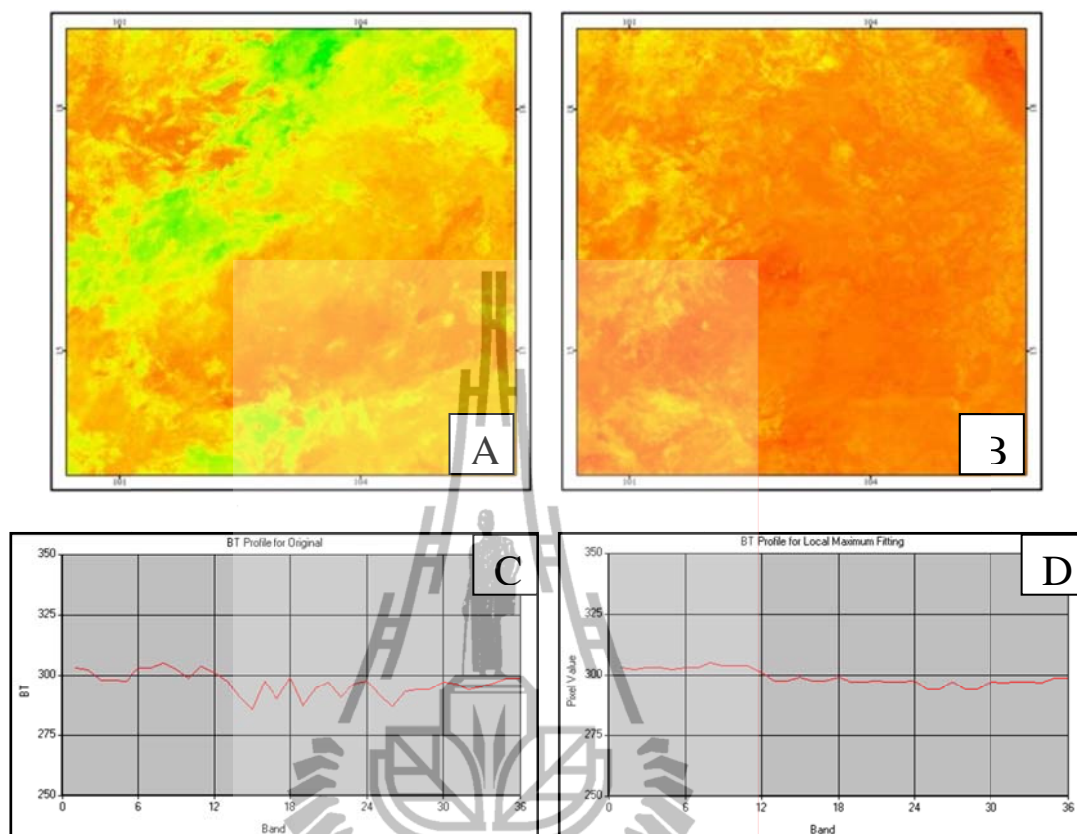
**ภาพที่ 4.19** การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ของดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์

**ภาพ 4.19A** ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ คาบที่ 19 (วันที่ 1-10 กรกฎาคม) ปี พ.ศ. 2551 ก่อนการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

**ภาพ 4.19B** ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ คาบที่ 19 (วันที่ 1-10 กรกฎาคม) ปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

**ภาพ 4.19C** โพรไฟล์ของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Lat 103.25, Long 15.88) ใน 36 คาบเวลาของปี พ.ศ. 2551 ก่อนการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

**ภาพ 4.19D** โพรไฟล์ของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Lat 103.25, Long 15.88) ใน 36 คาบเวลาของปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่



ภาพที่ 4.20 การสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ของค่าอนุหภูมิความสว่าง

ภาพ 4.20A ค่าอนุหภูมิความสว่าง คาบเวลาที่ 19 (วันที่ 1-10 กรกฎาคม) ปี พ.ศ. 2551 ก่อนการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

ภาพ 4.20B ค่าอนุหภูมิความสว่าง คาบเวลาที่ 19 (วันที่ 1-10 กรกฎาคม) ปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

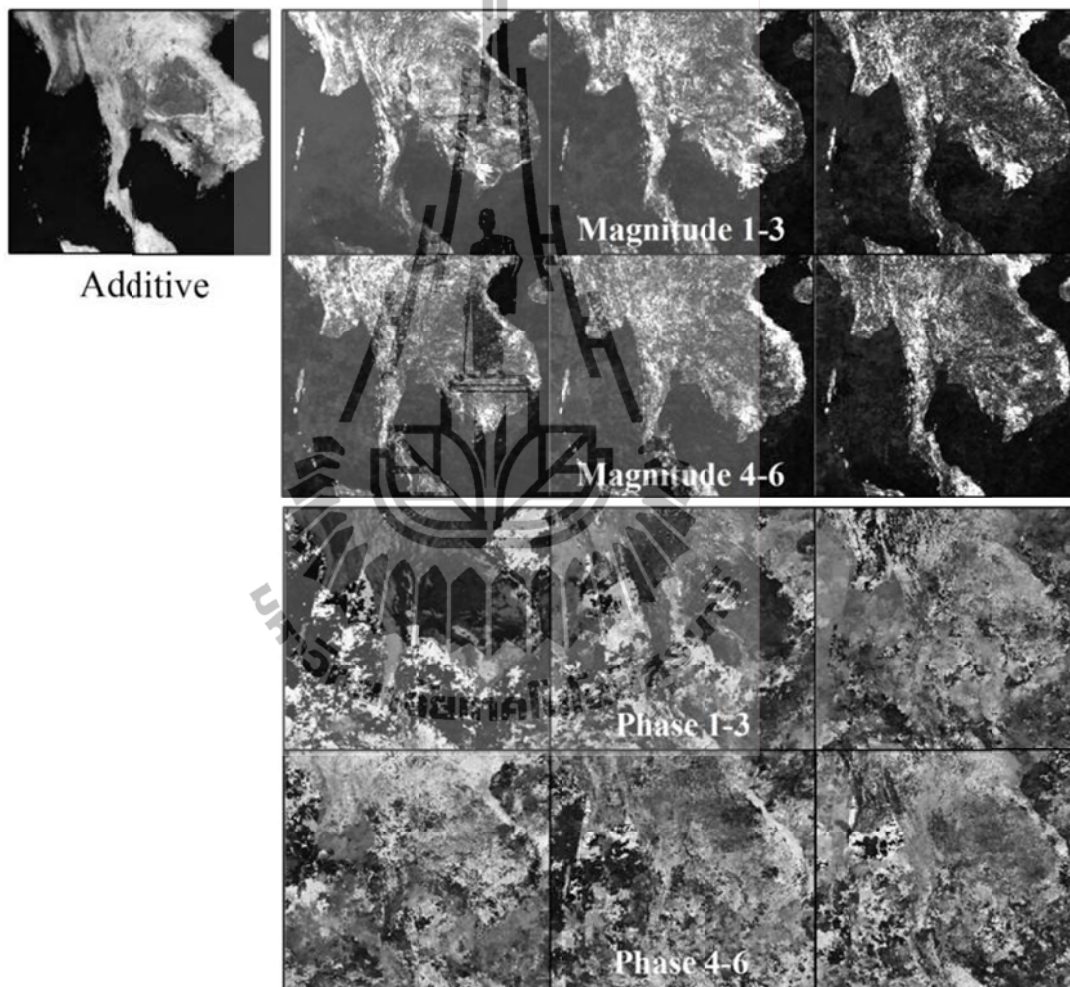
ภาพ 4.20C โพรไฟล์ของค่าอนุหภูมิความสว่าง (Lat 103.25, Long 15.88) ใน 36 คาบเวลาของปี พ.ศ.2551 ก่อนการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

ภาพ 4.20D โพรไฟล์ของค่าอนุหภูมิความสว่าง (Lat 103.25, Long 15.88) ใน 36 คาบเวลาของปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่

#### 4.1.10 การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก

การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก เป็นการนำข้อมูลภาพทั้งหมด 36 ภาพในแต่ละชุดข้อมูล (ข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์และค่าอนุหภูมิความสว่าง) ของแต่ละปี ที่ได้จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ มาสร้างเป็นข้อมูลภาพพารามิเตอร์ (parameter images) ประกอบด้วย แอดคิทิฟ 1 ภาพ แมกนิจูด 6 ภาพ และเฟส 6 ภาพ ดังผลลัพธ์แสดงไว้ในภาพที่ 4.21

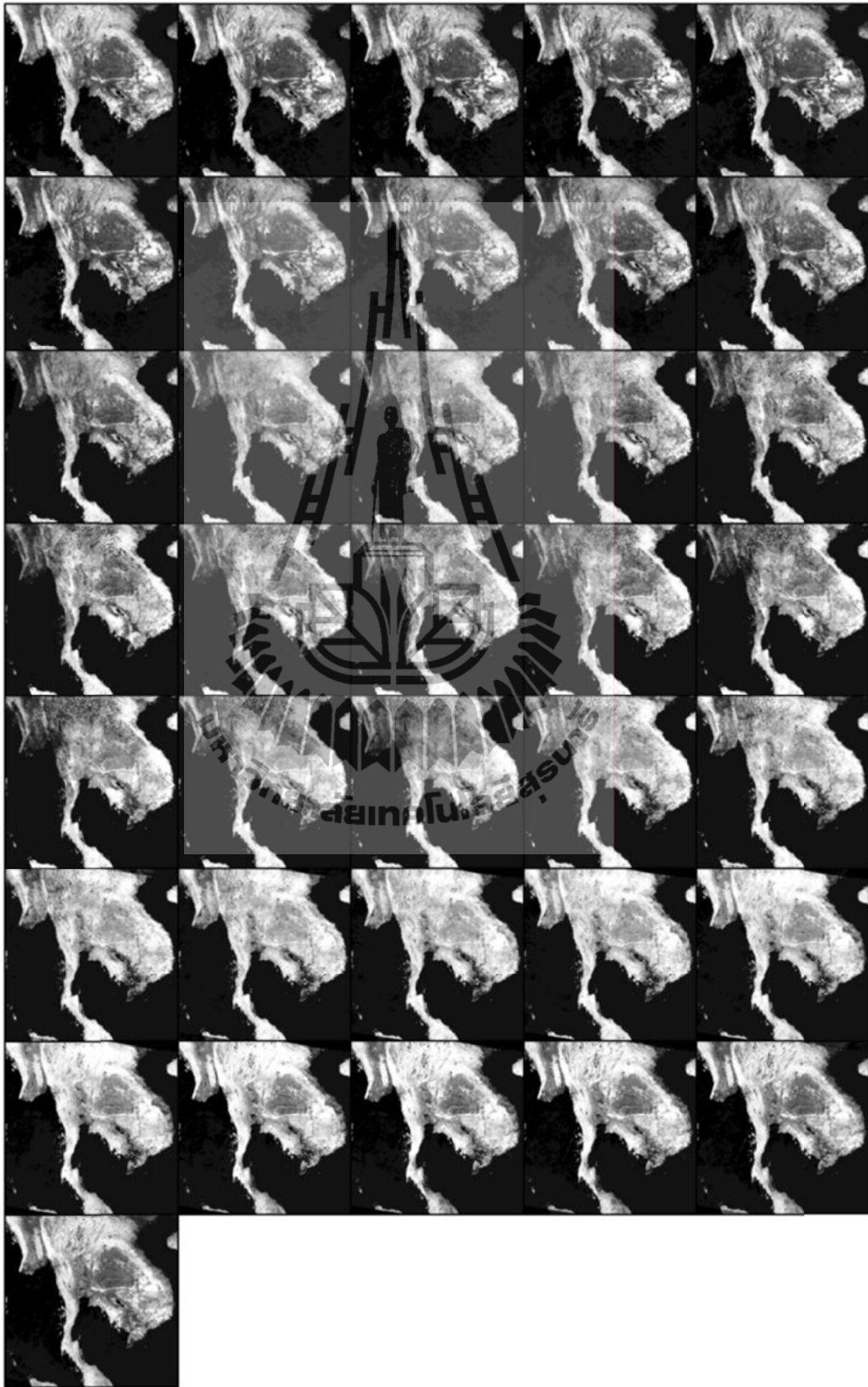
ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ อาจจัดค่าความสว่างของจุดภาพที่ผิดปกติ เมฆ หมอก และสัญญาณรบกวนความถี่สูงออกไม่หมด ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (แอดดิทีฟ แมกนิจูด และเฟส) จะนำไปสร้างเป็นข้อมูลภาพอนุกรมเวลาใหม่ ซึ่งเมฆ หมอก และสัญญาณรบกวน สามารถถูกกำจัดออกได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4.21 ข้อมูลภาพพารามิเตอร์ (แอดดิทีฟ แมกนิจูด และเฟส) ปี พ.ศ. 2551 หลังการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก

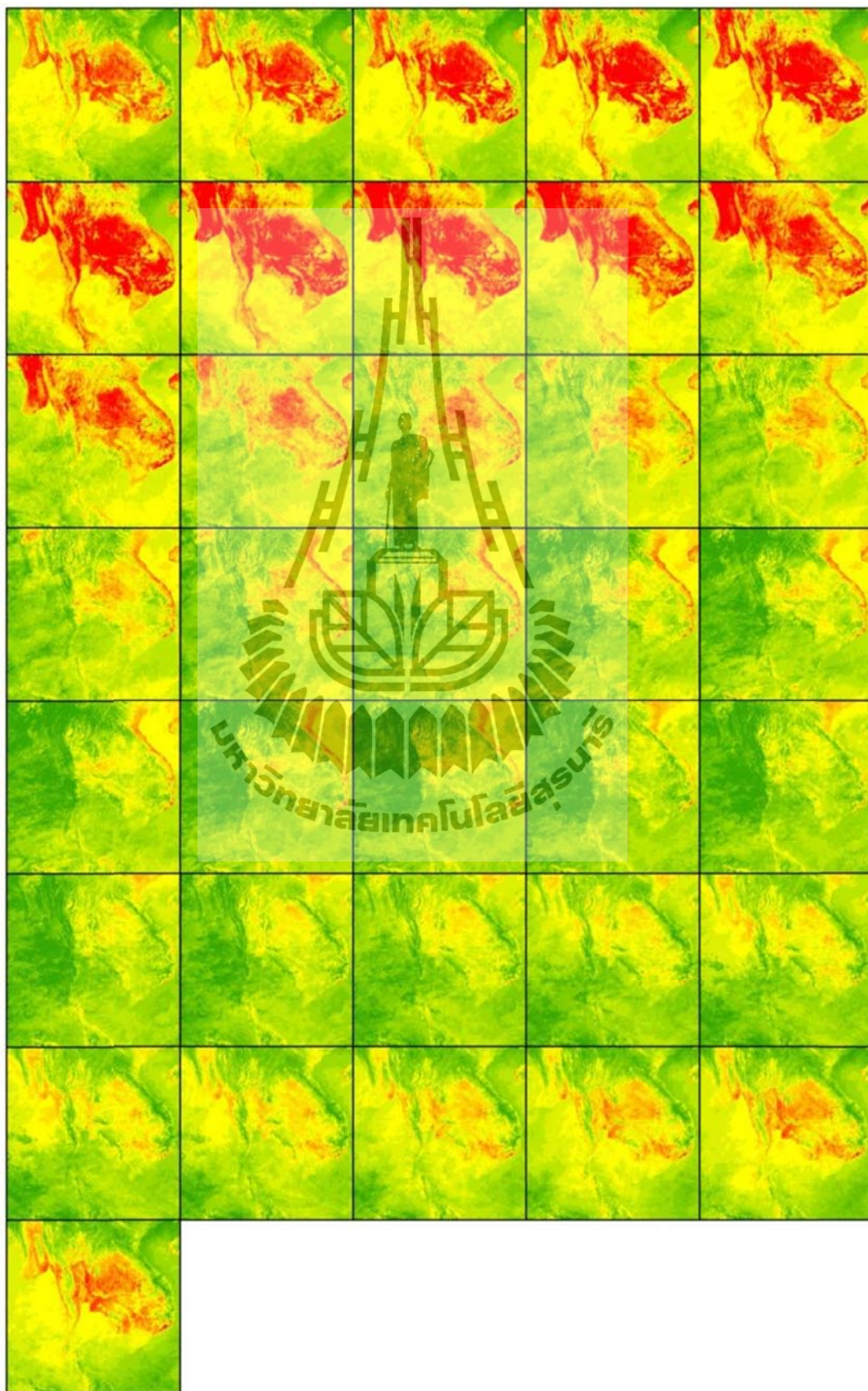
#### 4.1.11 การสร้างข้อมูลใหม่

การสร้างข้อมูลใหม่ เป็นการนำภาพพารามิเตอร์แต่ละภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก คือ แอดดิทีฟ 1 ภาพ แมกนิจูด 6 ภาพ และเฟส 6 ภาพ นำกลับไปสร้างเป็นข้อมูลภาพใหม่ ให้กับข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และค่าอนุหภูมิความสว่างทั้ง 36 ภาพ ในแต่ละปีที่ศึกษา โดยอาศัยสมการ 3.13 ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.22 และภาพที่ 4.23



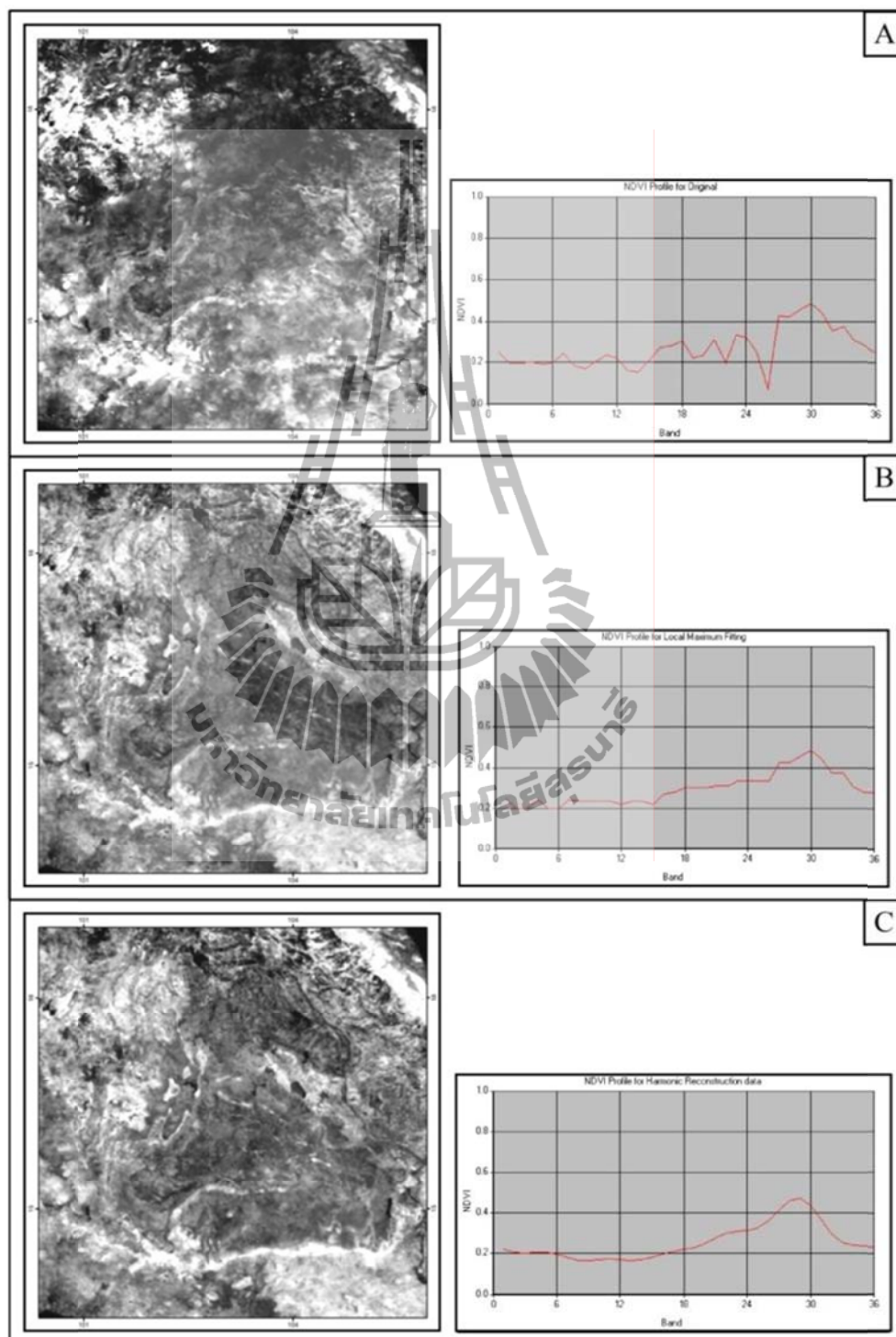
ภาพที่ 4.22 ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างข้อมูลใหม่





ภาพที่ 4.23 ข้อมูลค่าอนุหภูมิความสว่าง ปี พ.ศ. 2551 หลังการสร้างข้อมูลใหม่

การเปรียบเทียบข้อมูลดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ก่อนและหลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ และหลังการสร้างข้อมูลใหม่ แสดงไว้ในภาพที่ 4.24



ภาพที่ 4.24 การเปรียบเทียบดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ คาบที่ 19 ปี พ.ศ. 2551 ก่อนการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ (ภาพ 4.24A) หลังการสร้างความเหมาะสมสูงสุดเฉพาะที่ (ภาพ 4.24B) และหลังการสร้างข้อมูลใหม่ (ภาพ 4.24C)

## 4.2 การสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับใช้ในการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร

ในการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่พื้นที่ที่เกิดภัยแล้งทางด้านการเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้ดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งสร้างจากขั้นตอนการรวบรวมและจัดการข้อมูล ประกอบด้วย ดัชนีสถานะพืชพรรณ (VCI) ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (TCI) และดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI)

### 4.2.1 ดัชนีสถานะพืชพรรณ (VCI)

ดัชนีสถานะพืชพรรณ (Vegetation Condition Index) เป็นดัชนีที่เกิดจากการนอร์มัลไลซ์ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ในแต่ละจุดภาพและคาบเวลา โดยอาศัยค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์สูงสุดและต่ำสุด จากข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ในระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2540 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 โดยอาศัยสมการ 3.14 เพื่อประเมินค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.25 แสดงผลการคำนวณดัชนีสถานะพืชพรรณในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541

### 4.2.2 ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (TCI)

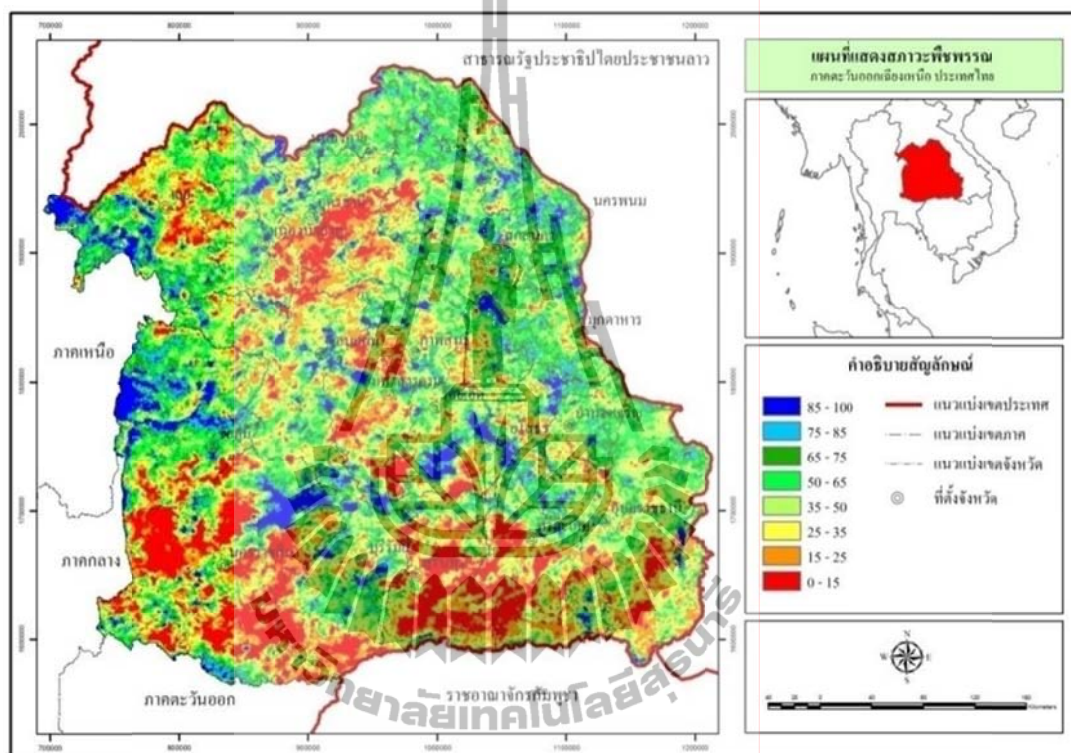
ดัชนีสถานะอุณหภูมิ (Temperature Condition Index) เป็นดัชนีที่เกิดจากการนอร์มัลไลซ์ค่าอุณหภูมิความสว่างในแต่ละจุดภาพและคาบเวลา โดยอาศัยค่าอุณหภูมิความสว่างสูงสุดและต่ำสุด จากข้อมูลภาพ AVHRR ของดาวเทียม NOAA-14 NOAA-16 และ NOAA-17 ในระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2540 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2548 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2551 โดยอาศัยสมการ 3.15 เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนในการวิเคราะห์ ค้นหาและสร้างแผนที่ภัยแล้งให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4.26 แสดงผลการคำนวณดัชนีสถานะอุณหภูมิในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541

### 4.2.3 ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (VHI)

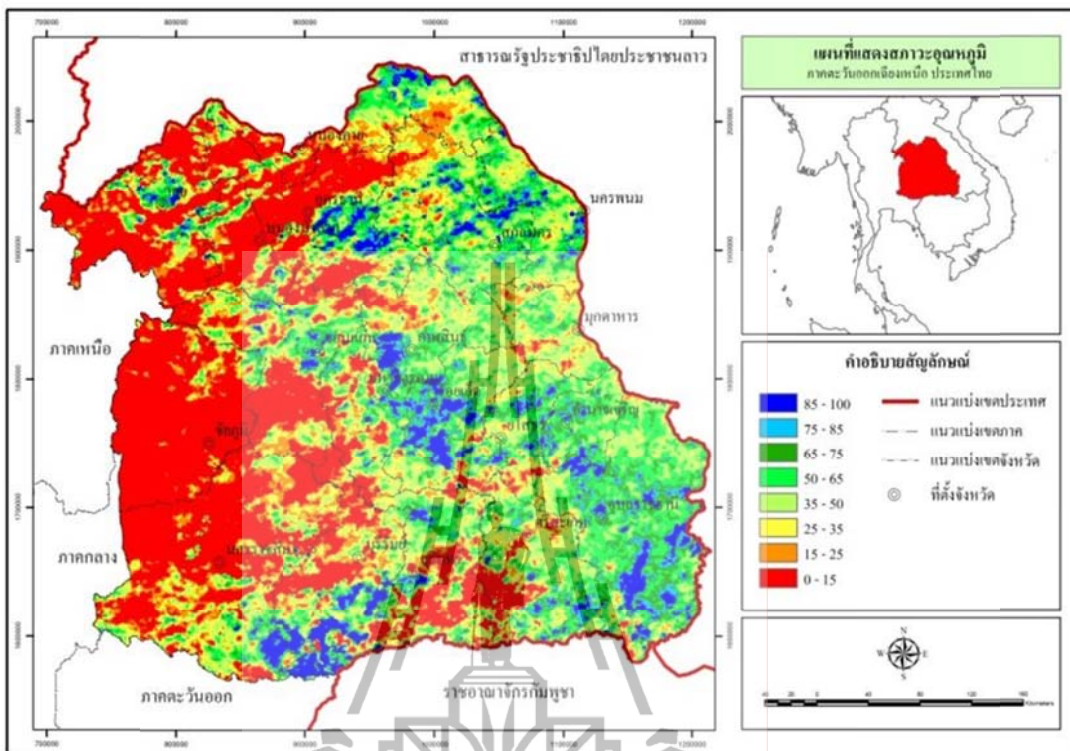
ดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ (Vegetation Health Index) เป็นดัชนีที่เกิดจากการรวมดัชนีสถานะพืชพรรณ และดัชนีสถานะอุณหภูมิเข้าด้วยกัน เพื่อใช้ติดตามความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ความชื้น และสภาพการแผ่ความร้อน ซึ่งสามารถใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากภัยแล้ง โดยอาศัยสมการ 3.16 ดังตัวอย่างผลการคำนวณดัชนีความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ที่กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ของดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ เท่ากับ 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ ในภาพที่ 4.27

ผลการคำนวณดัชนีทางสิ่งแวดล้อม พบว่า ดัชนีสถานะพืชพรรณสามารถค้นหาปีที่เกิดภัยแล้งและไม่เกิดภัยแล้งได้ ซึ่งสามารถบ่งชี้ข้อมูลทางกายภาพของภัยแล้งได้ ประกอบด้วย ขอบเขต

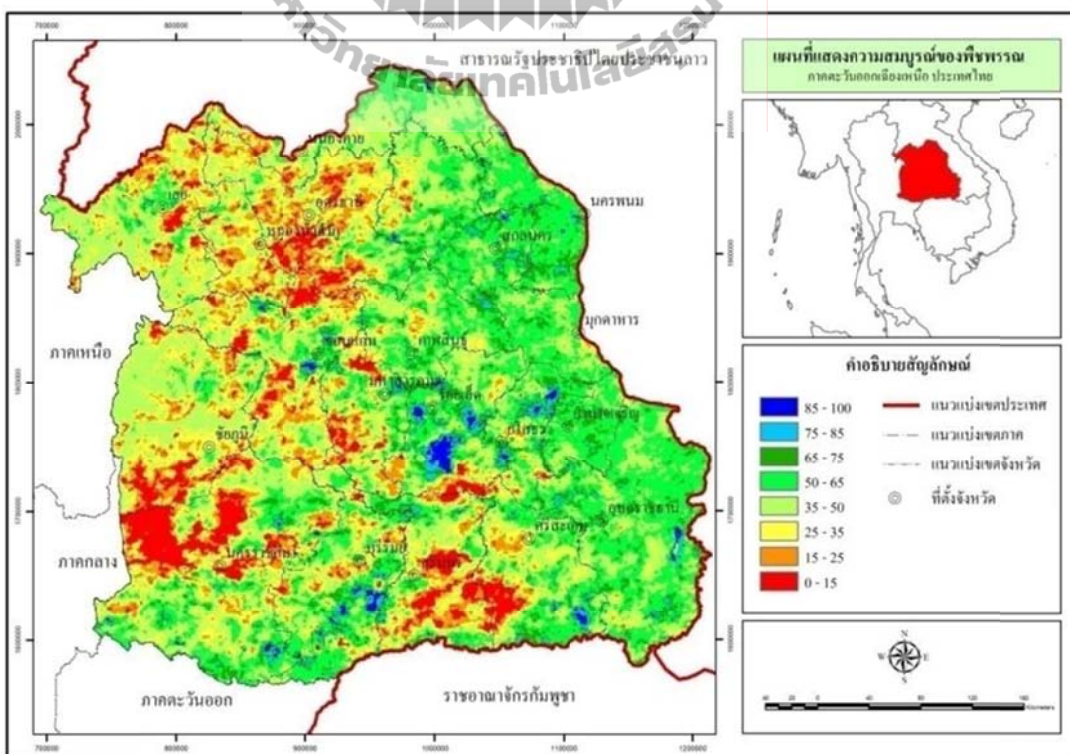
ของภัยแล้ง ระยะเวลาการเกิดภัยแล้ง ความสัมพันธ์ระหว่างภัยแล้งกับพฤติกรรมการเพาะปลูกทางการเกษตร พลวัตและความรุนแรงของภัยแล้ง ในขณะเดียวกัน ดัชนีสถานะอุณหภูมิ เป็นข้อมูลที่จะช่วยสนับสนุนได้เป็นอย่างดี ในการบ่งชี้พืชพรรณที่เกิดความเค้น อันเนื่องมาจากความแห้งแล้งและความชื้นที่มีมากเกินไป



ภาพที่ 4.25 แผนที่แสดงสถานะพืชพรรณ ในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541



ภาพที่ 4.26 แผนที่แสดงสภาวะอุณหภูมิ ในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541



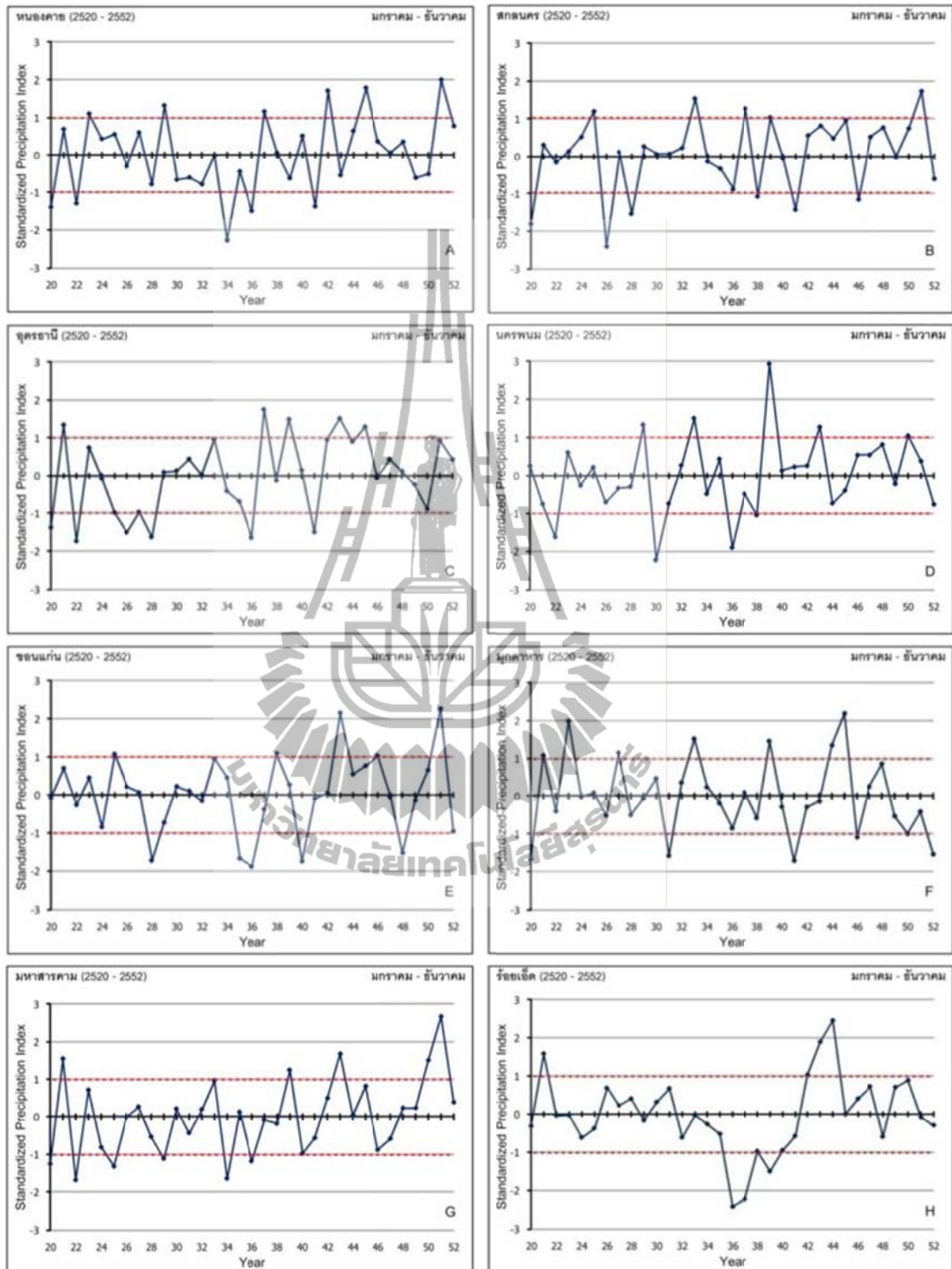
ภาพที่ 4.27 แผนที่แสดงความสมบูรณ์ของพืชพรรณ ในคาบเวลาที่ 20 ของปี พ.ศ. 2541

### 4.3 การศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน

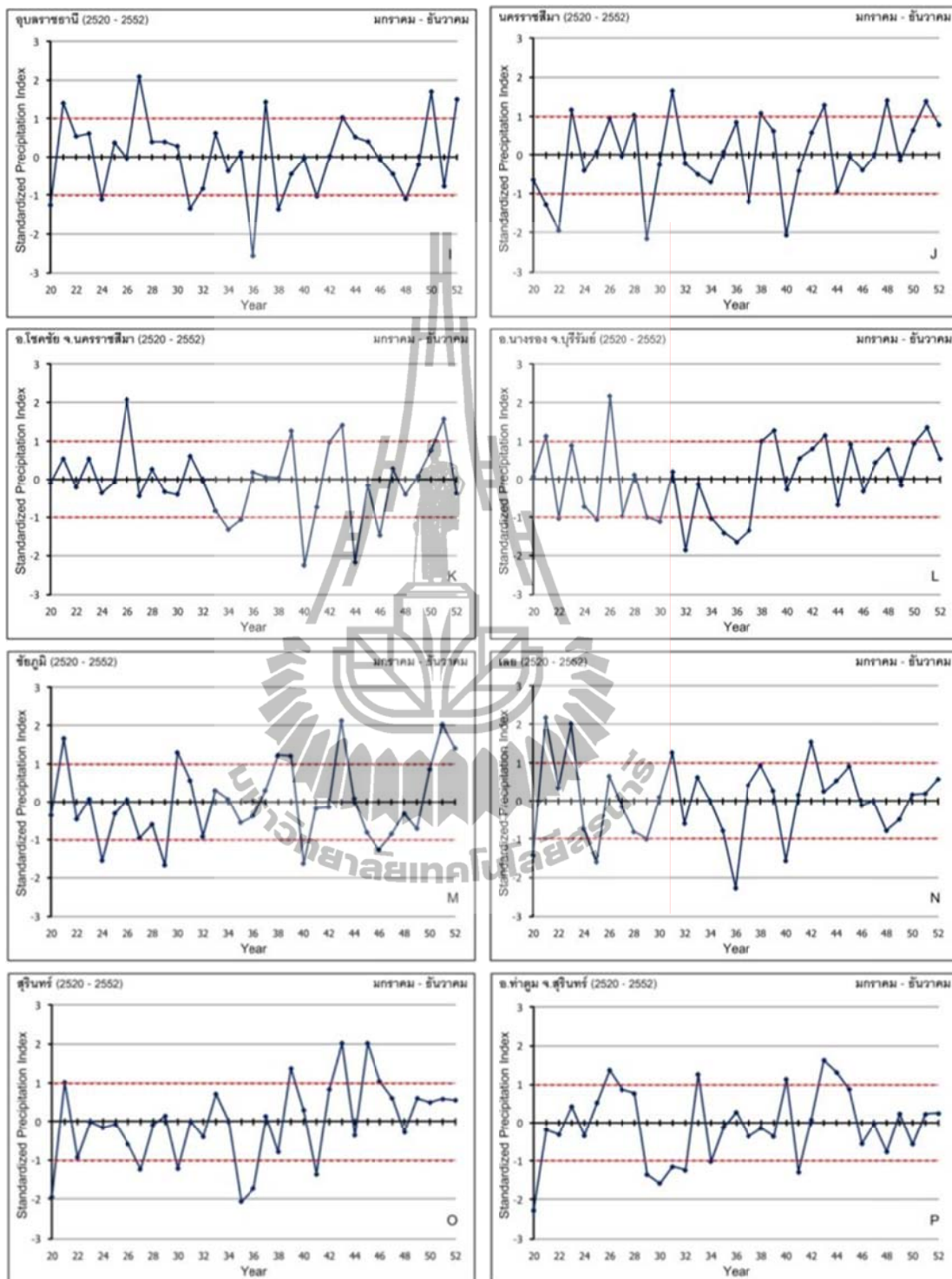
ในการประเมินศักยภาพของดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิกับการเกิดภัยแล้งทางด้านการเกษตรนั้น จำเป็นต้องพิสูจน์ได้กับข้อมูลภาคสนาม เช่น ข้อมูลผลผลิตทางการเกษตร และข้อมูลปริมาณน้ำฝน เนื่องจาก พฤติกรรมการเกิดภัยแล้งทางด้านการเกษตรมีความซับซ้อนสูง ตัวอย่างเช่น เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าปกติอาจไม่ส่งผลต่อพืชพรรณในทันทีทันใด ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่คำนวณในรูปแบบของ Standardized Precipitation Index (SPI) ในสเกลเวลาที่แตกต่างกัน คือ 1 3 6 และ 12 เดือน ซึ่งใช้อธิบายความผิดปกติของปริมาณน้ำฝน เพื่อนำมาหารูปแบบความสัมพันธ์กับดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ ในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปี ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (คาบเวลาที่ 13-30) เนื่องจากข้าวนาปีซึ่งเป็นพืชเกษตรหลักทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกกว้างใหญ่ และมีฤดูการเพาะปลูกที่ค่อนข้างแน่นอน

#### 4.3.1 การประเมินสภาวะภัยแล้งจากข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ผลจากการคำนวณความผิดปกติของปริมาณน้ำฝนสะสม 1 3 6 และ 12 เดือน ในรูปของ SPI ในระหว่างปี พ.ศ. 2520-2552 ของแต่ละสถานีหลักด้านอุตุนิยมหาวิทยาลัย 16 สถานี ในพื้นที่ศึกษา ในช่วงปีที่ศึกษา (พ.ศ. 2540-2543 และ พ.ศ. 2548-2552) ดังแสดงในภาพที่ 4.28 โดยพบว่า ในปี พ.ศ. 2540 และ ปี พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำฝนสะสมต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนปกติ ซึ่งค่า SPI ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 12 เดือน (เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม) มีค่าต่ำกว่า -1 ในเกือบทุกสถานีหลัก ซึ่งบ่งชี้ว่ามีการเกิดสภาวะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพบว่า ในปี พ.ศ. 2542 พ.ศ. 2548 พ.ศ. 2549 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2552 ค่า SPI ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 12 เดือน (เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม) มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งเป็นค่าของปริมาณน้ำฝนปกติและบ่งชี้ว่าไม่มีการเกิดสภาวะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพบว่า ในปี พ.ศ. 2543 และ ปี พ.ศ. 2551 ค่า SPI ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 12 เดือน (เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม) มีค่ามากกว่า 1 ในเกือบทุกสถานีหลัก และมีความมากกว่า 1 ในสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัย 9 สถานี ได้แก่ สถานีจังหวัดหนองคาย สถานีจังหวัดสกลนคร สถานีจังหวัดขอนแก่น สถานีจังหวัดมหาสารคาม สถานีจังหวัดร้อยเอ็ด สถานีอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ สถานีอำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา สถานีจังหวัดนครราชสีมา และสถานีจังหวัดชัยภูมิ ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำฝนที่มากกว่าปกติ



ภาพที่ 4.28 กราฟ SPI-12 ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.หนองคาย (4.28A) จ.สกลนคร (4.28B) จ.อุดรธานี (4.28C) จ.นครพนม (4.28D) จ.ขอนแก่น (4.28E) จ.มุกดาหาร (4.28F) จ.มหาสารคาม (4.28G) จ.ร้อยเอ็ด (4.28H)



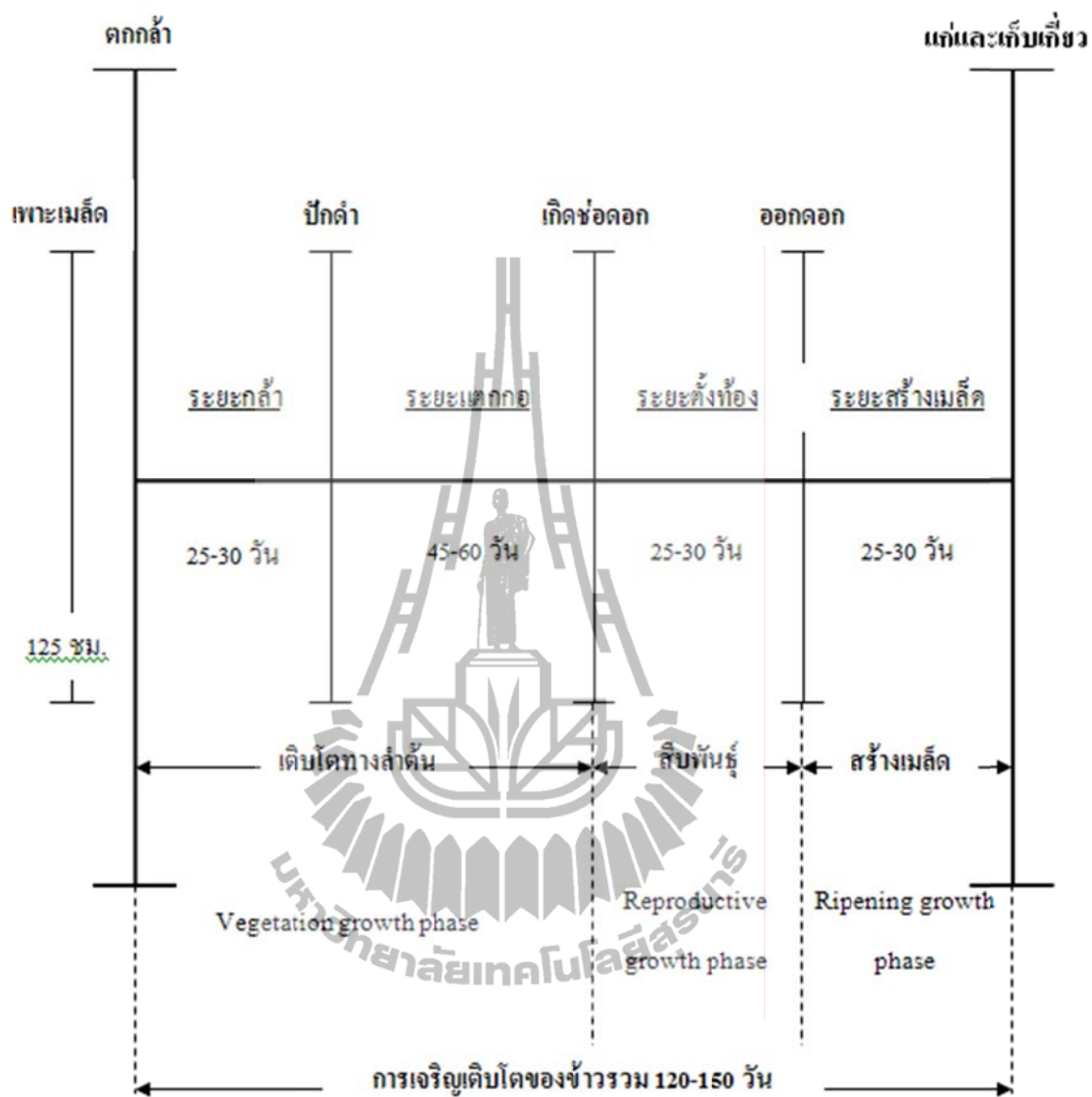
ภาพที่ 4.28 กราฟ SPI-12 ระหว่างเดือนมกราคม-ธันวาคม สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.อุบลราชธานี (4.28I) จ.นครราชสีมา (4.28J) อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา (4.28K) อ.นางรอง จ.บุรีรัมย์ (4.28L) จ.ชัยภูมิ (4.28M) จ.เลย (4.28N) จ.สุรินทร์ (4.28O) อ.ท่าตูม จ.สุรินทร์ (4.28P) (ต่อ)



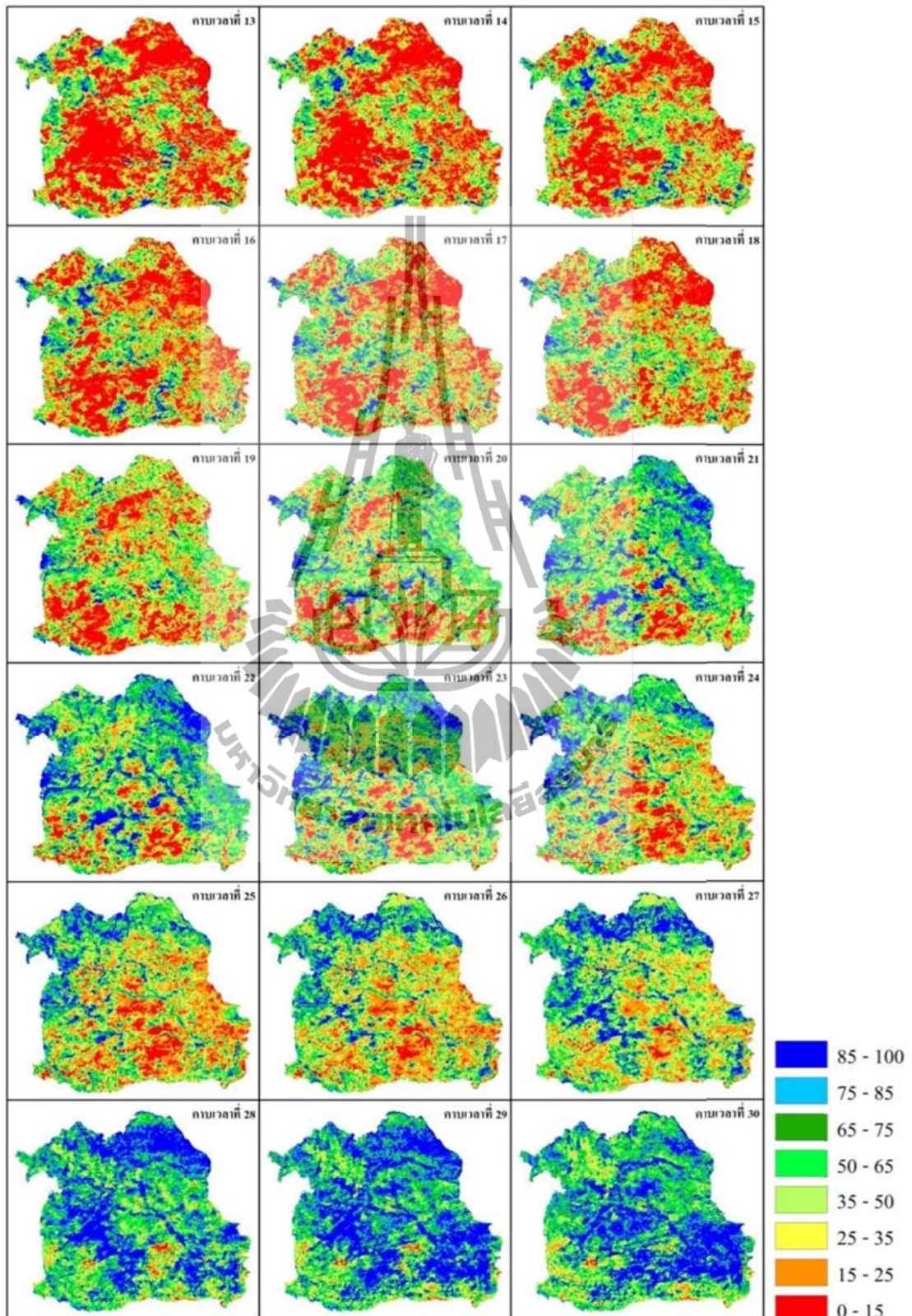
#### 4.3.2 การประเมินสภาวะภัยแล้งจากค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อม

โดยทั่วไป การประเมินสภาวะภัยแล้งจากค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูล NOAA-AVHRR จะพิจารณาจากค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ จำนวน 36 คาบเวลาต่อปีในแต่ละข้อมูล ร่วมกับระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวนาปี (ภาพที่ 4.29) จากการศึกษพบว่า ในปี พ.ศ. 2541 เป็นปีที่เกิดภัยแล้ง โดยค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาวะพืชพรรณเกือบทุกจังหวัด คาบเวลาที่ 13-18 ซึ่งตรงกันกับช่วง 2 เดือนแรกของฤดูการเพาะปลูก (วันที่ 1-10 เดือนพฤษภาคม ถึงวันที่ 21-30 เดือนมิถุนายน) มีค่าต่ำกว่า 35 และคาบเวลาที่ 19-22 (วันที่ 1-10 เดือนกรกฎาคม ถึงวันที่ 1-10 เดือนสิงหาคม) ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยจาก 35-65 และเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 65-40 ในระหว่างคาบเวลาที่ 23-26 (วันที่ 11-20 เดือนสิงหาคม ถึงวันที่ 11-20 เดือนกันยายน) ซึ่งอยู่ในช่วงกลางของฤดูการเพาะปลูก หลังจากนั้นค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณเพิ่มสูงขึ้นจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาวะอุณหภูมิมาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ตั้งแต่คาบเวลาที่ 1-13 (วันที่ 1-10 มกราคม ถึงวันที่ 1-10 เดือนพฤษภาคม) มีค่าต่ำกว่า 30 ในทุกจังหวัด และคาบเวลาที่ 14-17 (วันที่ 11-20 เดือนพฤษภาคม ถึงวันที่ 11-20 เดือนมิถุนายน) ค่าดัชนีสภาวะอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องในระหว่างคาบเวลาที่ 18-25 (วันที่ 21-30 เดือนมิถุนายน ถึงวันที่ 1-10 เดือนกันยายน) จากการพิจารณาค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปี พบว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณมีค่าต่ำใน 2 ช่วงเวลา คือ คาบเวลาที่ 13-18 และคาบเวลาที่ 22-26 และดัชนีสภาวะอุณหภูมิมุ่งชี้ถึงการมีอุณหภูมิสูงในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปี พ.ศ. 2541 พืชพรรณไม่มีความสมบูรณ์ เนื่องจากสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม คือ มีอุณหภูมิสูง ในช่วงเริ่มและกลางฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปี ซึ่งบ่งบอกการเกิดภัยแล้ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.30 และ ภาพที่ 4.31

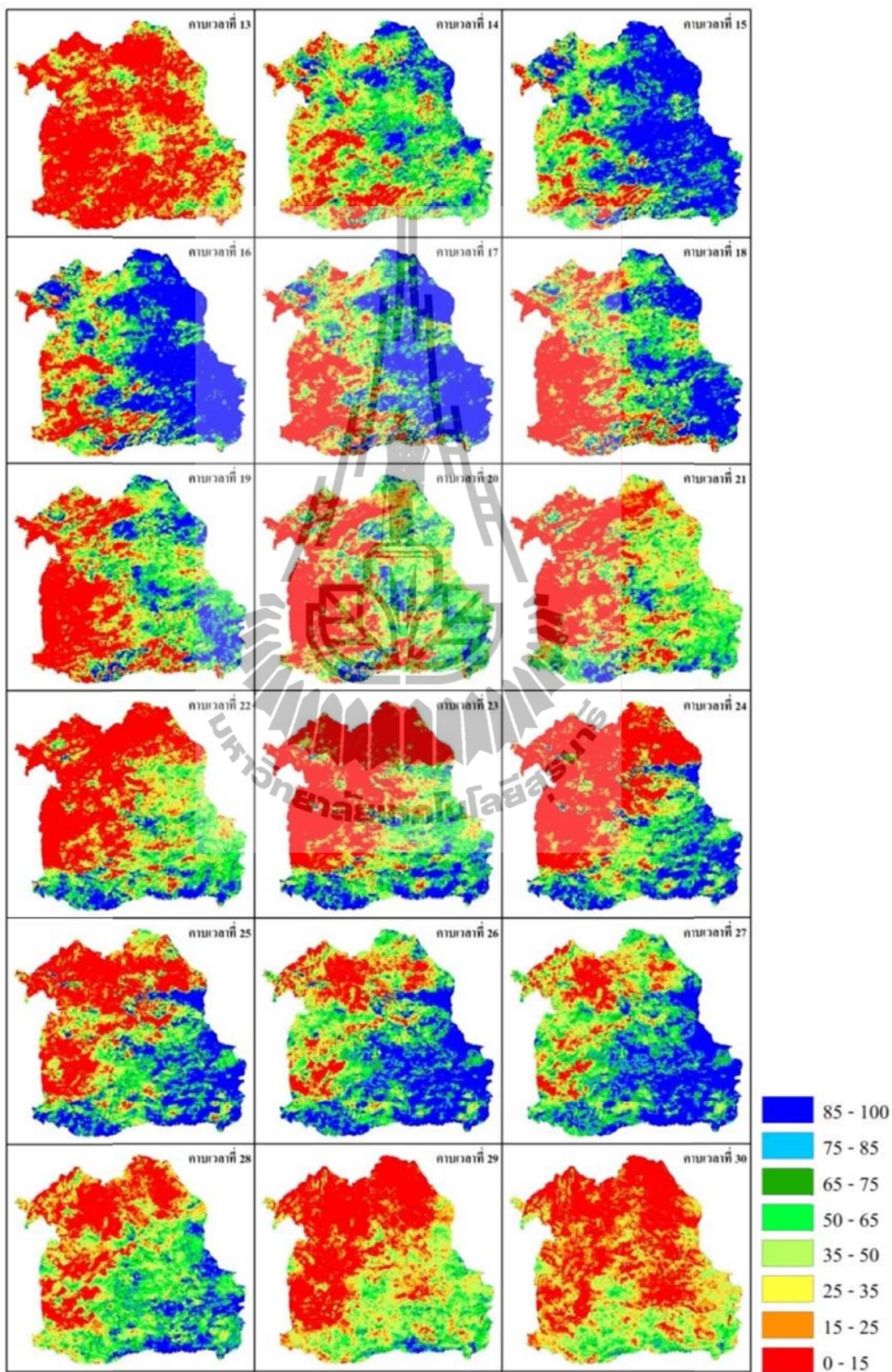
นอกจากนี้ เมื่อนำค่า SPI-6 มาพิจารณาปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงเวลาเดียวกันที่ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมแสดงการเกิดสภาวะภัยแล้ง คือ เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2541 พบว่า ค่า SPI ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 6 เดือน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) จากปี พ.ศ. 2520-2552 มีค่าต่ำกว่า -1 ในสถานีอุตุนิยมวิทยา 9 สถานี ประกอบด้วย สถานีจังหวัดหนองคาย สถานีจังหวัดสกลนคร สถานีจังหวัดอุดรธานี สถานีจังหวัดนครพนม สถานีจังหวัดมุกดาหาร สถานีจังหวัดอุบลราชธานี สถานีจังหวัดนครราชสีมา สถานีจังหวัดสุรินทร์ สถานีอำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก ซึ่งบ่งบอกการเกิดภัยแล้ง



ภาพที่ 4.29 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวนาปี



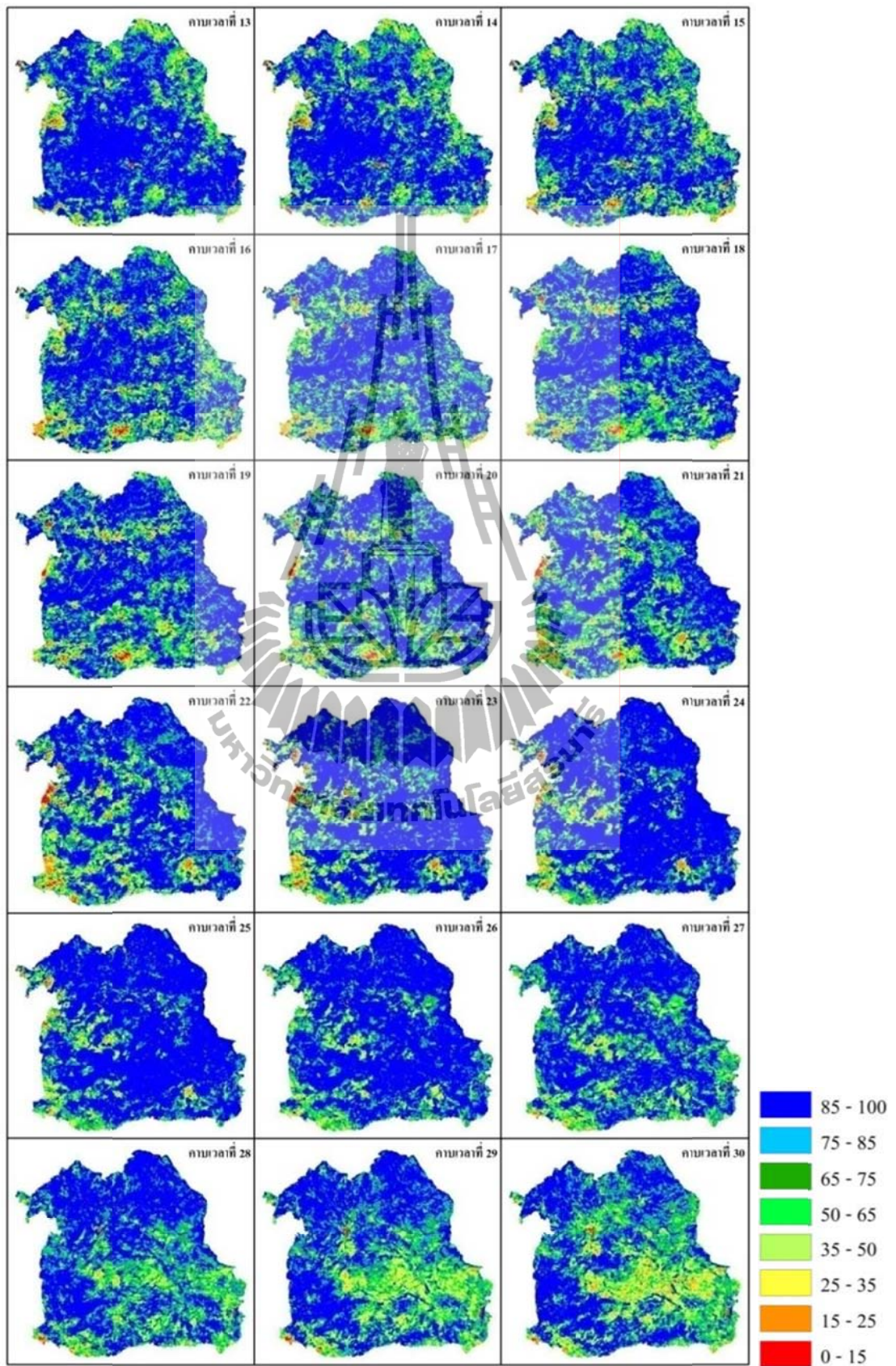
ภาพที่ 4.30 ดัชนีสถานะพืชพรรณ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2541



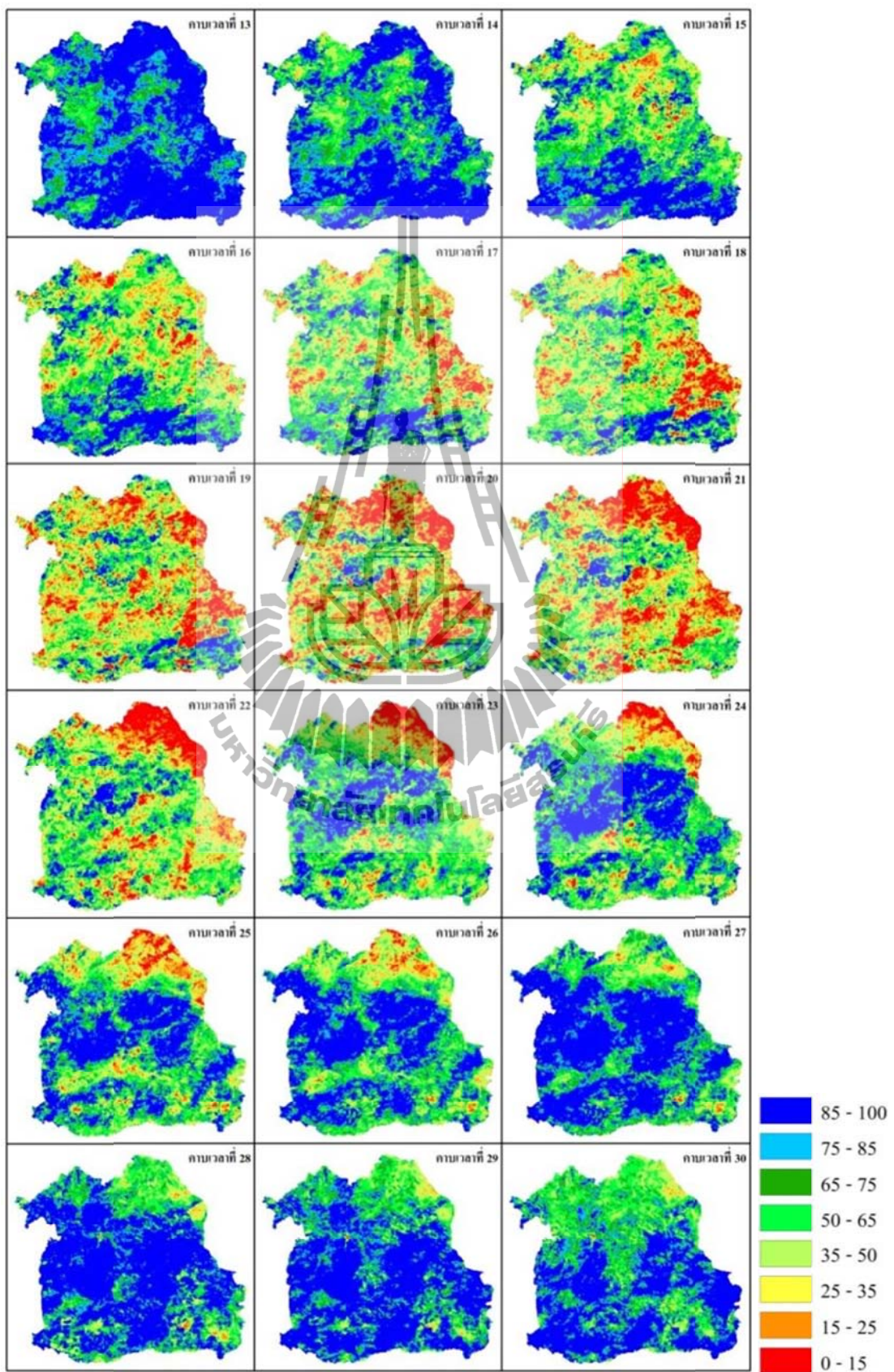
ภาพที่ 4.31 ดัชนีสภาวะอุณหภูมิ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2541

ในทางตรงกันข้าม พบว่า ในปี พ.ศ. 2542 เป็นปีที่สภาพอากาศเป็นปกติ โดยค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณมีค่าสูงกว่า 70 กระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในช่วงฤดูกลางเพาะปลูกจำนวนปี ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม (คาบเวลาที่ 13-30) และดัชนีสภาวะอุณหภูมิในช่วงเริ่มต้นและกลางฤดูกลางเพาะปลูก มีค่าสูงกว่า 70 ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่า พืชพรรณมีความสมบูรณ์ เนื่องจากสภาพอากาศที่เหมาะสมในช่วงฤดูกลางเพาะปลูกจำนวนปี ซึ่งบ่งบอกการไม่เกิดภัยแล้ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.32 และภาพที่ 4.33 และเมื่อนำค่า SPI-6 ในช่วงเวลาเดียวกันที่ดัชนีทางสิ่งแวดล้อมแสดงการไม่เกิดสภาวะภัยแล้งทางด้านการเกษตร (เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่ามีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ในเกือบทุกสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนสะสมเป็นปกติ

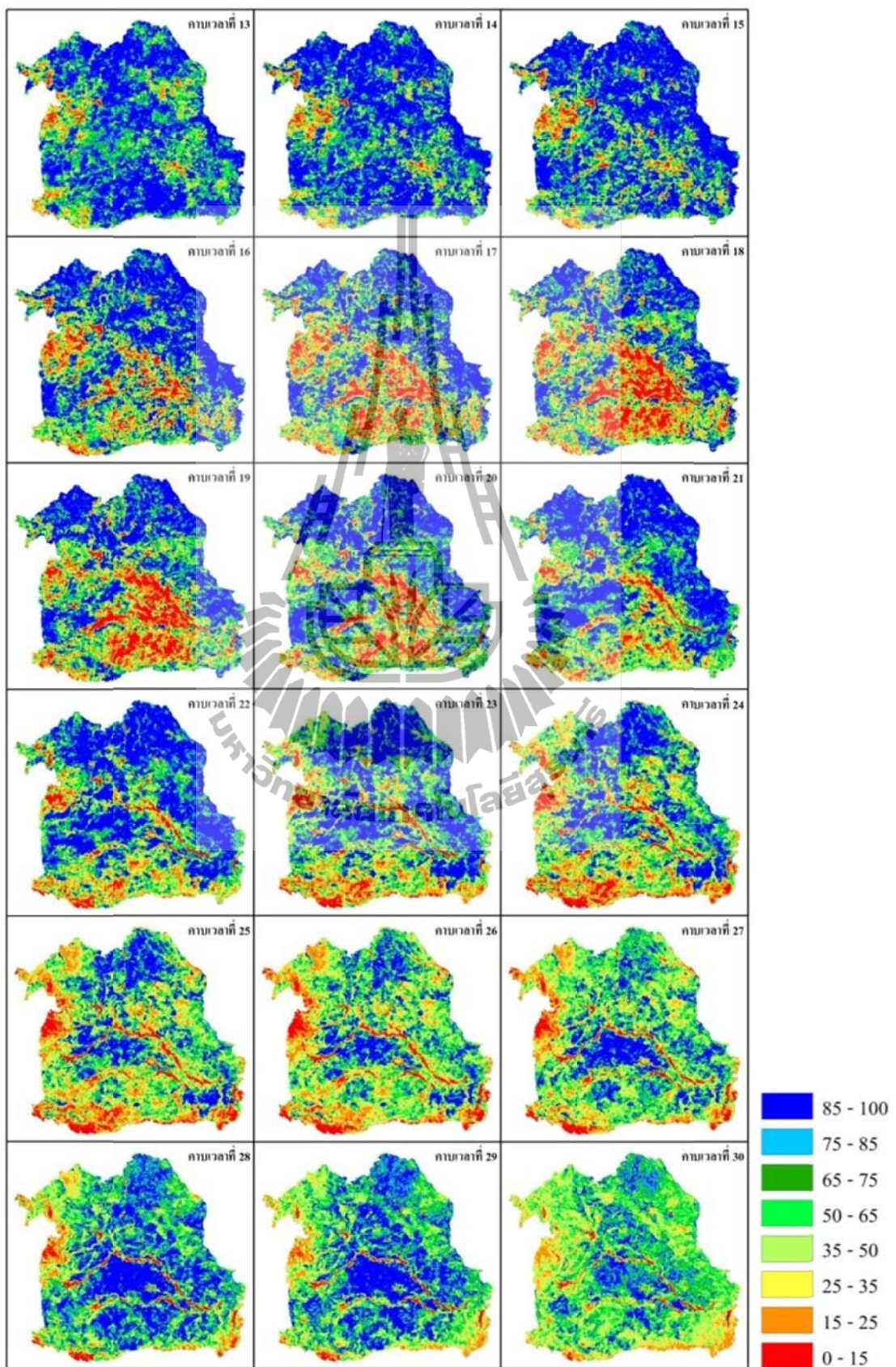
นอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2543 เป็นปีที่พืชพรรณทางด้านการเกษตรเกิดความแล้ง อันเนื่องมาจากความชื้นที่มีมากเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงต้นของฤดูกลางเพาะปลูกในคาบเวลาที่ 16-20 (วันที่ 1-10 เดือนมิถุนายน ถึงวันที่ 11-20 เดือนกรกฎาคม) ดัชนีสภาวะพืชพรรณมีค่าลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจากค่าเริ่มต้น 70 ลดลงเหลือ 40 ในพื้นที่ซึ่งตั้งอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำมูล และลุ่มแม่น้ำชี ประกอบด้วย จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดอุบลราชธานี และในขณะเดียวกัน ดัชนีสภาวะอุณหภูมิมิมีค่าสูงกว่า 70 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า พืชพรรณไม่มีความสมบูรณ์ เนื่องจากเกิดความแล้งจากความชื้นและน้ำท่วม จึงมีผลทำให้ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณแสดงสภาวะไม่เหมาะสม ในขณะเดียวกัน ค่าดัชนีสภาวะอุณหภูมิในช่วงเดียวกันแสดงสภาวะเหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ดัชนีสภาวะอุณหภูมิตสามารถใช้อธิบายภาวะความแล้งของพืชพรรณ ที่เกิดจากความแห้งแล้งหรือความชื้นที่มีมากเกินไปได้ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.34 และ ภาพที่ 4.35 และเมื่อนำค่า SPI ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 3 เดือน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม) ระหว่างปี พ.ศ. 2520-2552 (ภาคผนวก ก) พบว่า ในปี พ.ศ. 2543 ปริมาณน้ำฝนสะสมเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีมากกว่าปกติ และมีจังหวัดที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าปกติ (ค่า SPI มากกว่า 1) ประกอบด้วย จังหวัดหนองคาย จังหวัดสกลนคร จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดสุรินทร์ สอดคล้องกับรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2544 กล่าวคือ ในระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน พ.ศ. 2543 ได้มีฝนตกหนักเกิดจากพายุ ประกอบด้วย (1) พายุดีเปรสชัน “เกมิ” เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 22-25 เดือนกรกฎาคม (2) พายุดีเปรสชัน “มาเรีย” เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 30 สิงหาคม - 2 กันยายน (3) พายุโซนร้อน “หวู่คง” เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 9-13 เดือนกันยายน (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับดัชนีทางสิ่งแวดล้อมดังกล่าวข้างต้น



ภาพที่ 4.32 ดัชนีสถานะพืชพรรณ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2542

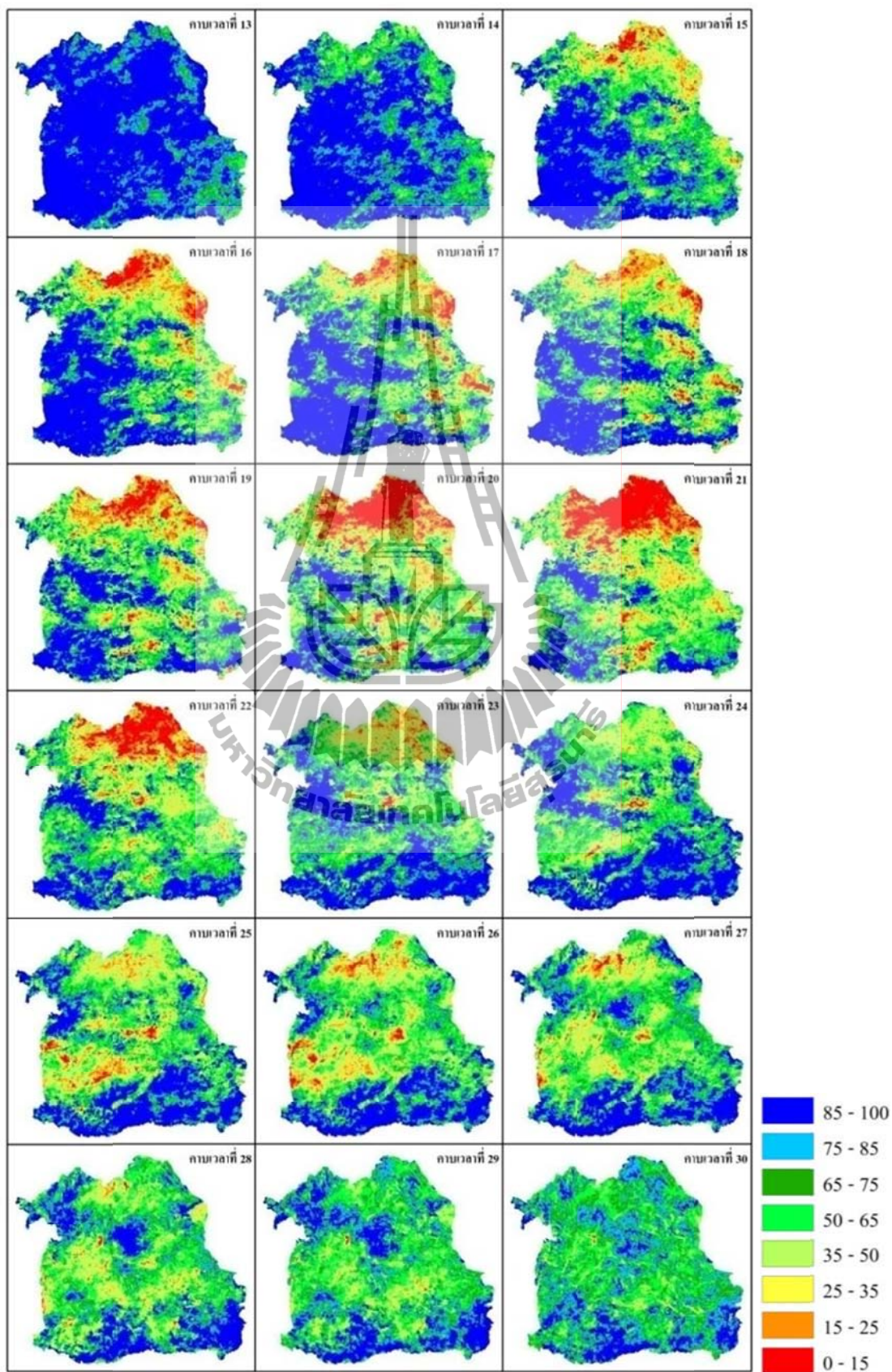


ภาพที่ 4.33 ดัชนีสถานะออกซอเจน คาบเวลา 16-30 ในปี พ.ศ. 2542



ภาพที่ 4.34 ดัชนีสถานะพืชพรรณ คาบเวลาที่ 16-30 ในปี พ.ศ. 2543





ภาพที่ 4.35 ดัชนีสภาวะอุณหภูมิกาลเวลา 16-30 ในปี พ.ศ. 2543

#### 4.4 การประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีจากข้อมูล NOAA-AVHRR

การประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี ได้นำดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม AVHRR-NOAA มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทางสถิติกับผลผลิตข้าวนาปี เพื่อให้ได้มาซึ่งสมการในการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีในแต่ละจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ดำเนินการเฉพาะจังหวัดซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ปลูกข้าวนาปีต่อพื้นที่จังหวัดสูง และพื้นที่เพาะปลูกข้าวกระจายทั่วพื้นที่ ประกอบด้วย จังหวัดหนองคาย สกลนคร อุดรธานี นครพนม หนองบัวลำภู กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มุกดาหาร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี นครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และสุรินทร์

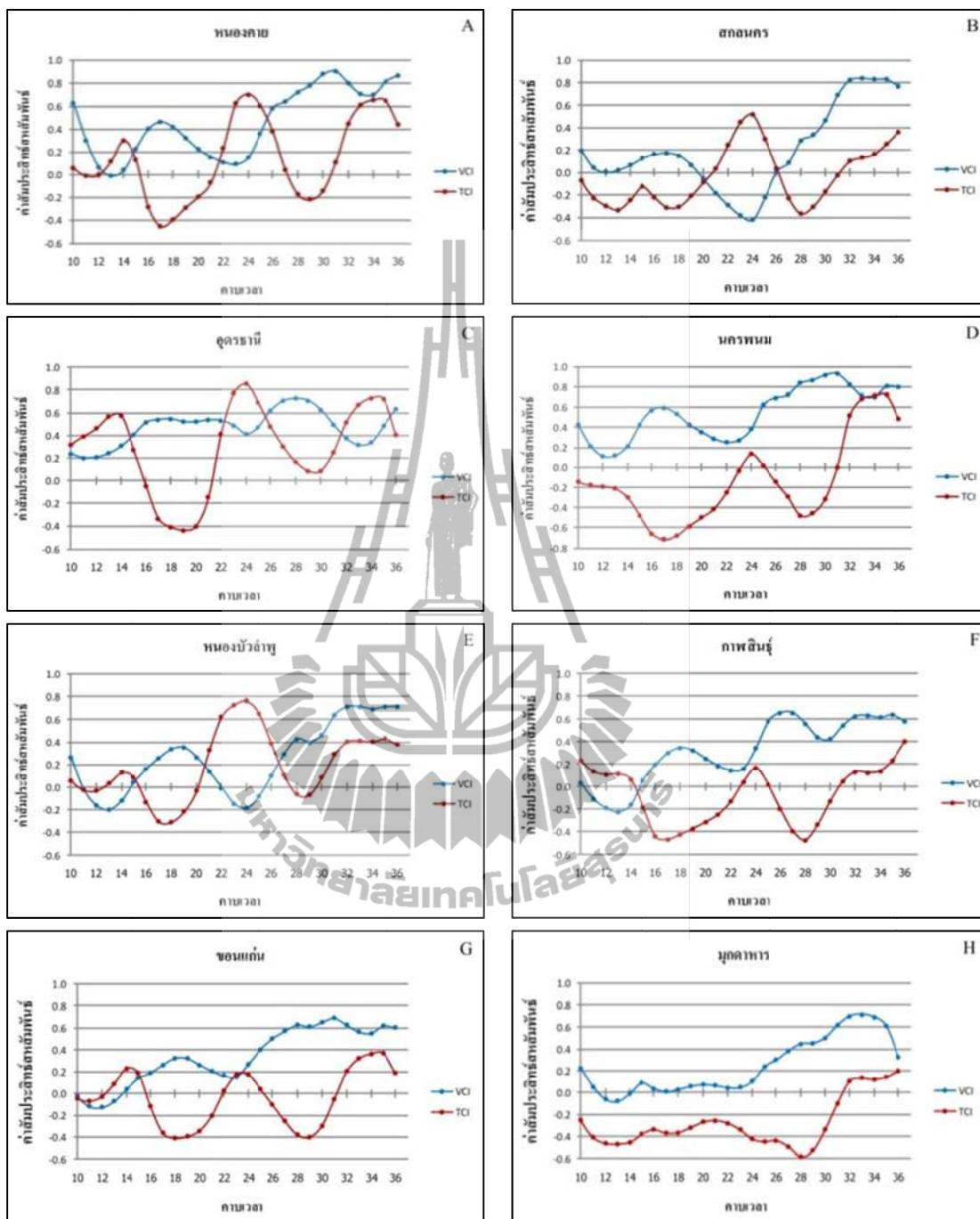
##### 4.4.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับผลผลิตข้าว

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ จะประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ ใน 36 คาบเวลาของแต่ละจังหวัด กับอัตราร้อยละของค่าปกติของผลผลิตข้าวรายจังหวัด ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2543 และ พ.ศ. 2548-2551 เพื่อหาคาบเวลาของดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด ซึ่งบ่งชี้ถึงช่วงเวลาของข้าวนาปีที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

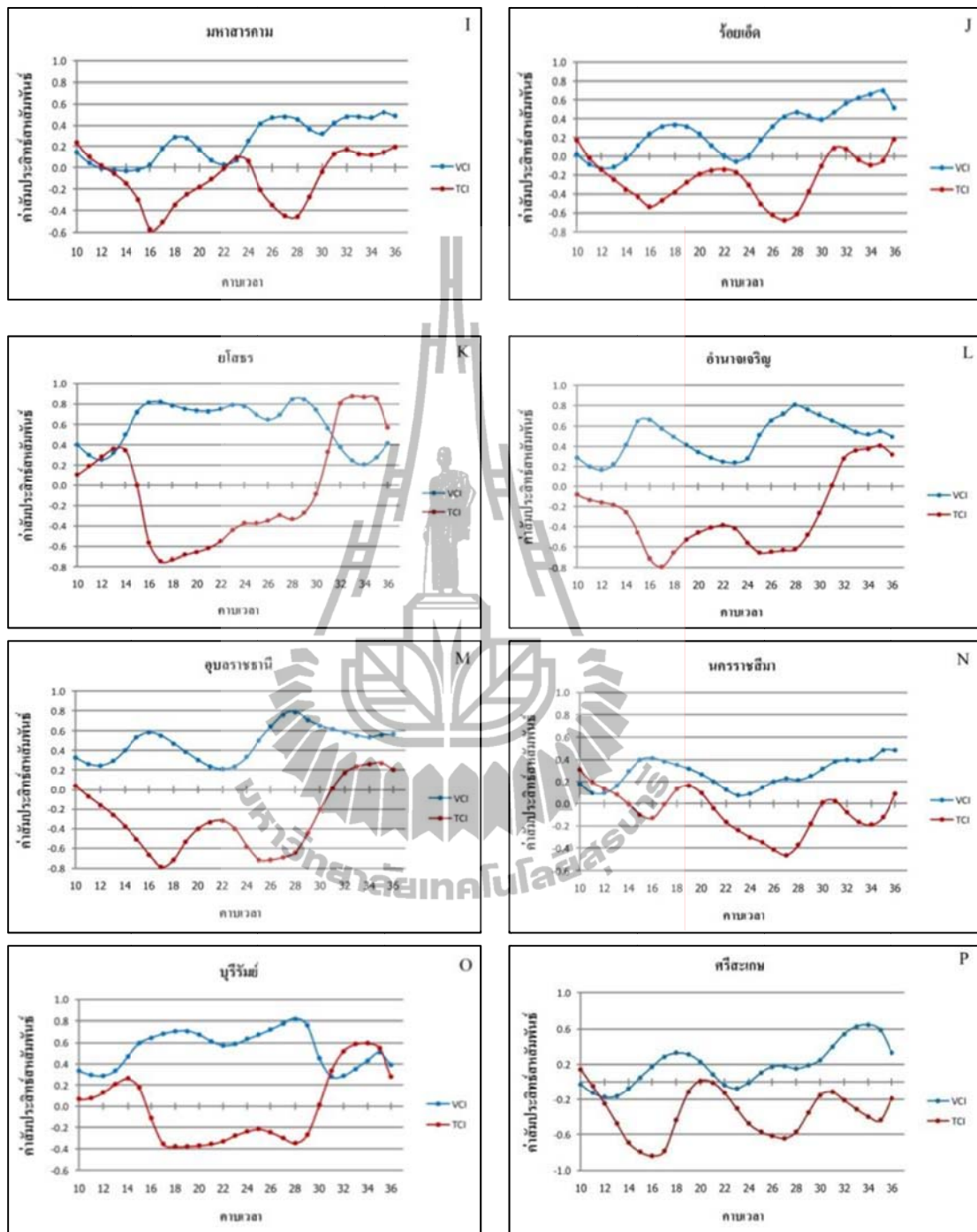
ผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสภาวะพืชพรรณ กับผลผลิตข้าวนาปี ของแต่ละจังหวัด จะมีค่าสูงสุดในทิศทางบวกระหว่างคาบเวลาที่ 27-35 และค่าสูงสุดที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0.4-0.9 ซึ่งถือได้ว่าเป็นช่วงเวลาที่ข้าวมีความอ่อนไหวสูง และต้องเฝ้าระวัง เพราะข้าวอยู่ในช่วงระยะตั้งท้อง และระยะสร้างเมล็ด ในทางตรงกันข้าม พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสภาวะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวนาปี ของแต่ละจังหวัด จะมีค่าสูงสุดในหลากหลายคาบเวลา ประกอบด้วย คาบเวลาที่ 16-18 จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดในทิศทางลบระหว่าง -0.4 ถึง -0.8 คาบเวลาที่ 24 จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดในทิศทางบวกระหว่าง 0.5 ถึง 0.8 คาบเวลาที่ 27-28 จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดในทิศทางลบระหว่าง -0.4 ถึง -0.7 และคาบที่ 33 จะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดในทิศทางบวกระหว่าง 0.5 ถึง 0.8 ดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.2 รูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวนาปีของแต่ละจังหวัด ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก แสดงไว้ในภาพที่ 4.36

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะ  
อุณหภูมิกับผลผลิตข้าวในปี

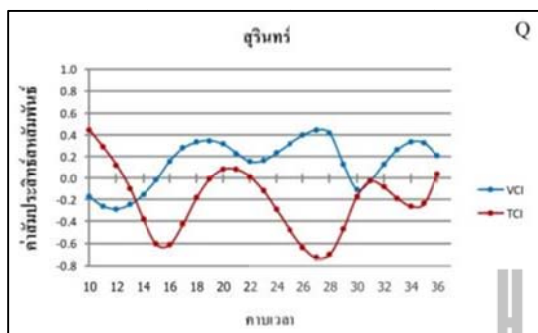
จังหวัด	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และคาบเวลา			
	ดัชนีสภาวะพืชพรรณ		ดัชนีสภาวะอุณหภูมิก	
หนองคาย	0.903	31	0.70	24
สกลนคร	0.837	33	0.52	24
อุดรธานี	0.728	28	0.85	24
นครพนม	0.932	31	-0.72	17
หนองบัวลำภู	0.714	32	0.76	24
กาฬสินธุ์	0.658	27	-0.48	28
ขอนแก่น	0.693	31	-0.41	18
มุกดาหาร	0.717	33	-0.58	28
มหาสารคาม	0.521	35	-0.57	16
ร้อยเอ็ด	0.698	35	-0.68	27
ยโสธร	0.844	29	0.87	33
อำนาจเจริญ	0.805	28	-0.79	17
อุบลราชธานี	0.790	28	-0.79	17
นครราชสีมา	0.488	35	-0.46	27
บุรีรัมย์	0.819	28	0.59	33
ศรีสะเกษ	0.647	34	-0.84	16
สุรินทร์	0.446	27	-0.73	27



ภาพที่ 4.36 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนปี ในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าว (คาบเวลาที่ 13-30) จ.หนองคาย (4.36A) จ.สกนกร (4.36B) จ.อูครธานี (4.36C) จ.นครพนม (4.36D) จ.หนองบัวลำพู (4.36E) จ.กาศินธุ์ (4.36F) จ.ขอนแก่น (4.36G) จ.มุกดาหาร (4.36H)



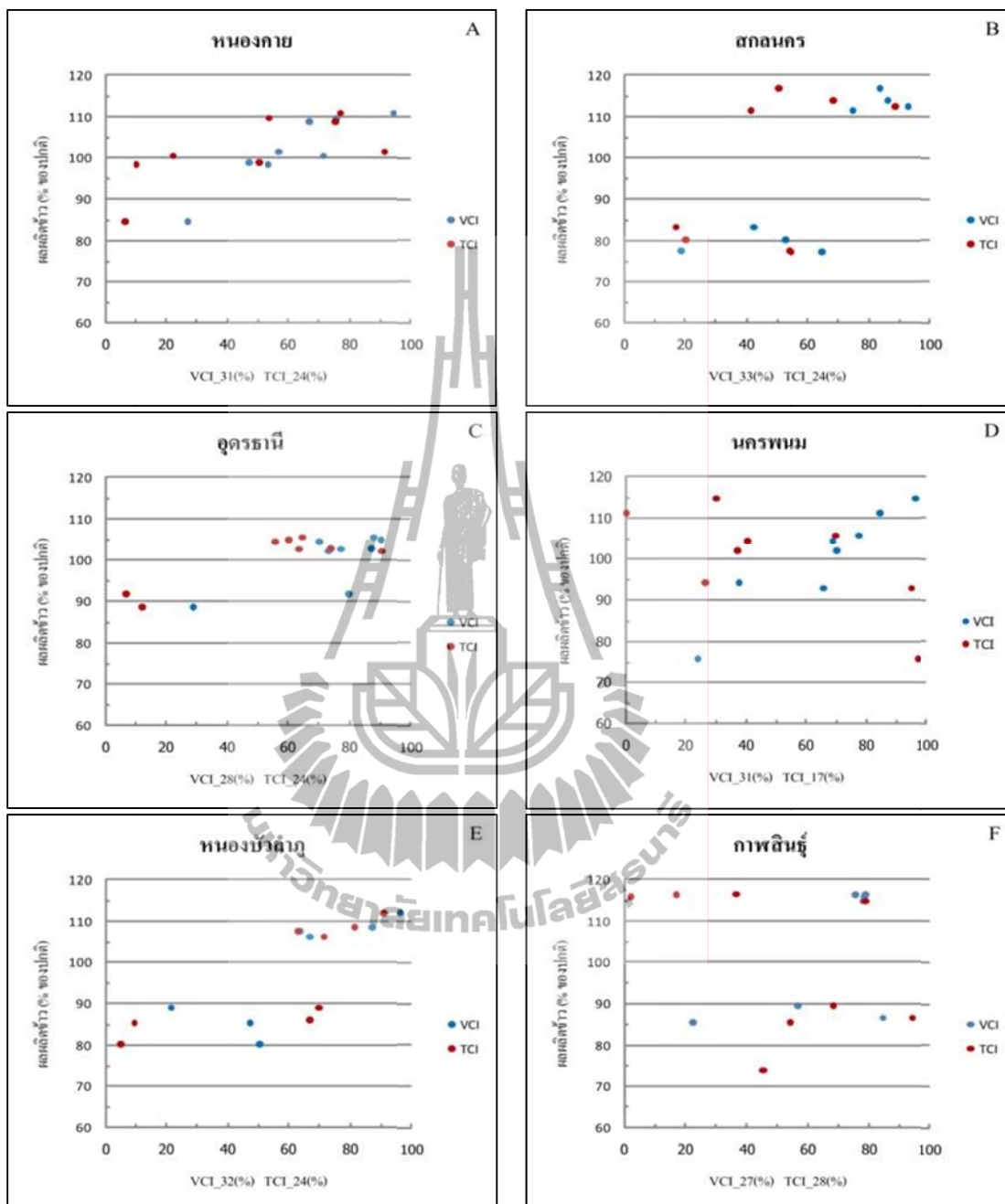
ภาพที่ 4.36 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตับผลผลิตข้าวนาปี ในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าว (คาบเวลาที่ 13-30) จ.มหาสารคาม (4.36I) จ.ร้อยเอ็ด (4.36J) จ.ยโสธร (4.36K) จ.อำนาจเจริญ (4.36L) จ. อุบลราชธานี (4.36M) จ. นครราชสีมา (4.36N) จ.บุรีรัมย์ (4.36O) จ.ศรีสะเกษ (4.36P) (ต่อ)



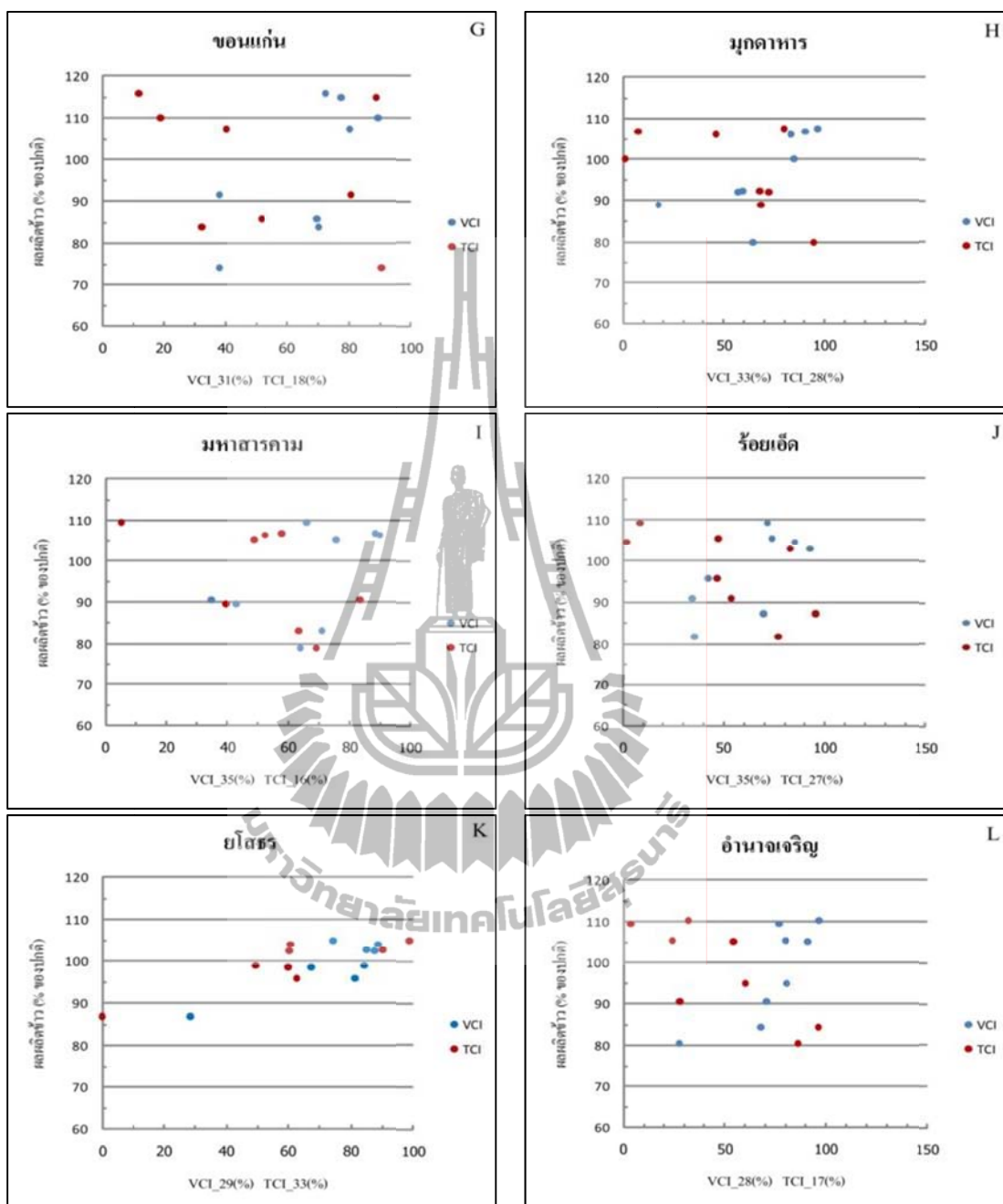
ภาพที่ 4.36 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวในปี ในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกข้าว (คาบเวลาที่ 13-30) จ.สุรินทร์ (4.36Q) (ต่อ)

ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวในปี ใน 36 คาบเวลา ของแต่ละจังหวัด เพื่อหาคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด แสดงโดยการภาพวาดการกระจาย (scatter plot) ดังผลลัพธ์แสดงไว้ในภาพที่ 4.37

ความผันแปรในแต่ละปีของดัชนีสถานะพืชพรรณ และผลผลิตข้าวปีเฉลี่ยรายปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด สำหรับแต่ละจังหวัด ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4.38 ซึ่งรูปแบบความผันแปรของดัชนีสถานะพืชพรรณ และผลผลิตข้าวในแต่ละปี โดยส่วนใหญ่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อผลผลิตข้าวสูง ค่าดัชนีสถานะพืชพรรณก็จะมีค่าสูง ในทางตรงกันข้าม เมื่อผลผลิตข้าวต่ำ ค่าดัชนีสถานะพืชพรรณก็จะมีค่าต่ำ ดังนั้น การที่รูปแบบความผันแปรของดัชนีสถานะพืชพรรณ และผลผลิตข้าวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จะเป็นตัวช่วยสนับสนุนความสามารถในการทำนายผลผลิตข้าวโดยใช้ดัชนีสถานะพืชพรรณ และสามารถสังเกตเห็นสถานะการเปลี่ยนแปลงของข้าว ในช่วงเวลาที่ข้าวมีความอ่อนไหวสูงต่อสภาพอากาศในรอบฤดูกาลเพาะปลูกของแต่ละปี

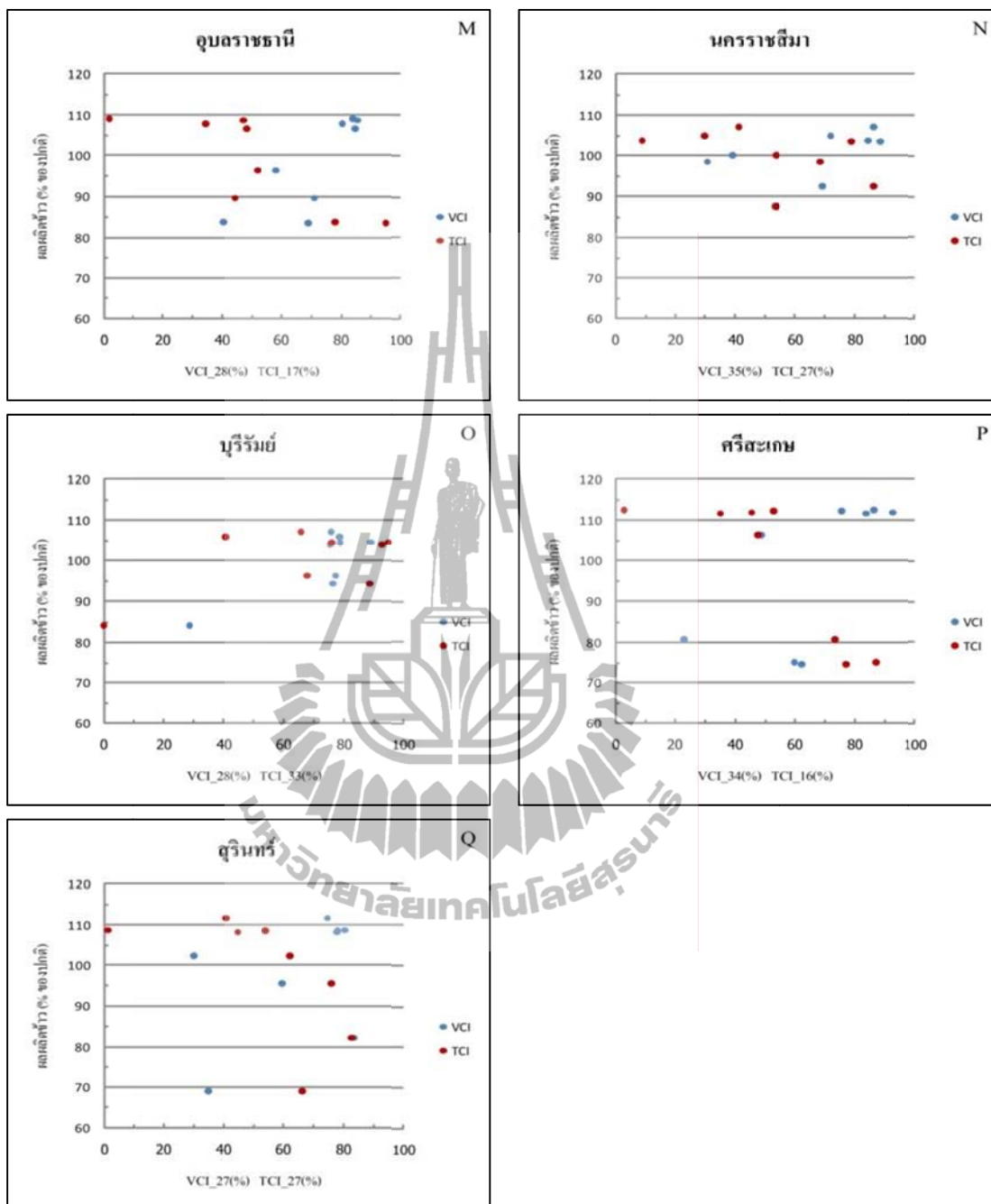


ภาพที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้งกับผลผลิตข้าวรายปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด จ.หนองคาย (4.37A) จ.สกลนคร (4.37B) จ.อุดรธานี (4.37C) จ.นครพนม (4.37D) จ.หนองบัวลำภู (4.37E) จ.กาฬสินธุ์ (4.37F)

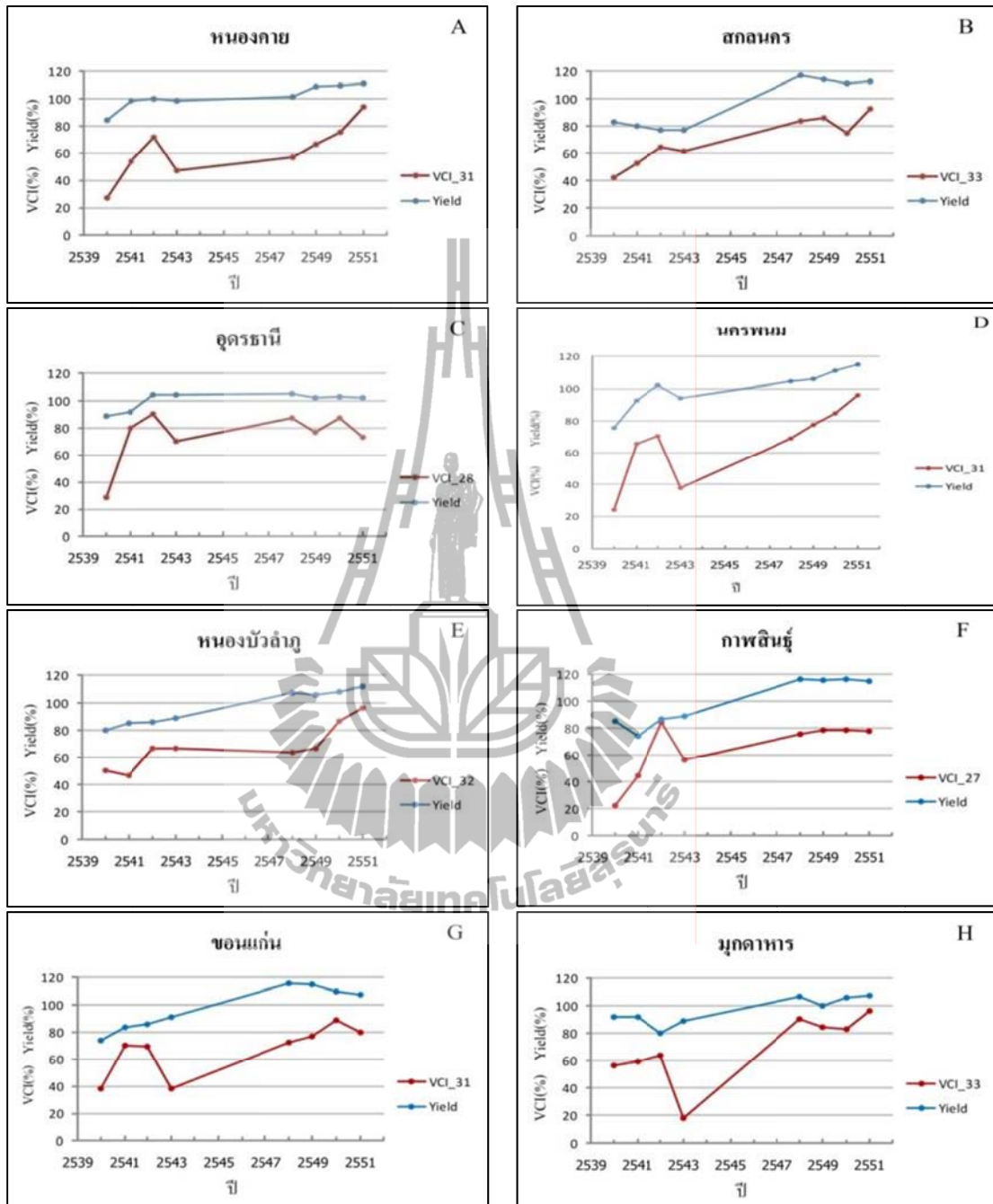


ภาพที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้งกับผลผลิตข้าวนาปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด จ.ขอนแก่น (4.37G) จ.มุกดาหาร (4.37H) จ.มหาสารคาม (4.37I) จ.ร้อยเอ็ด (4.37J) จ.ยโสธร (4.37K) จ.อำนาจเจริญ (4.37L) (ต่อ)

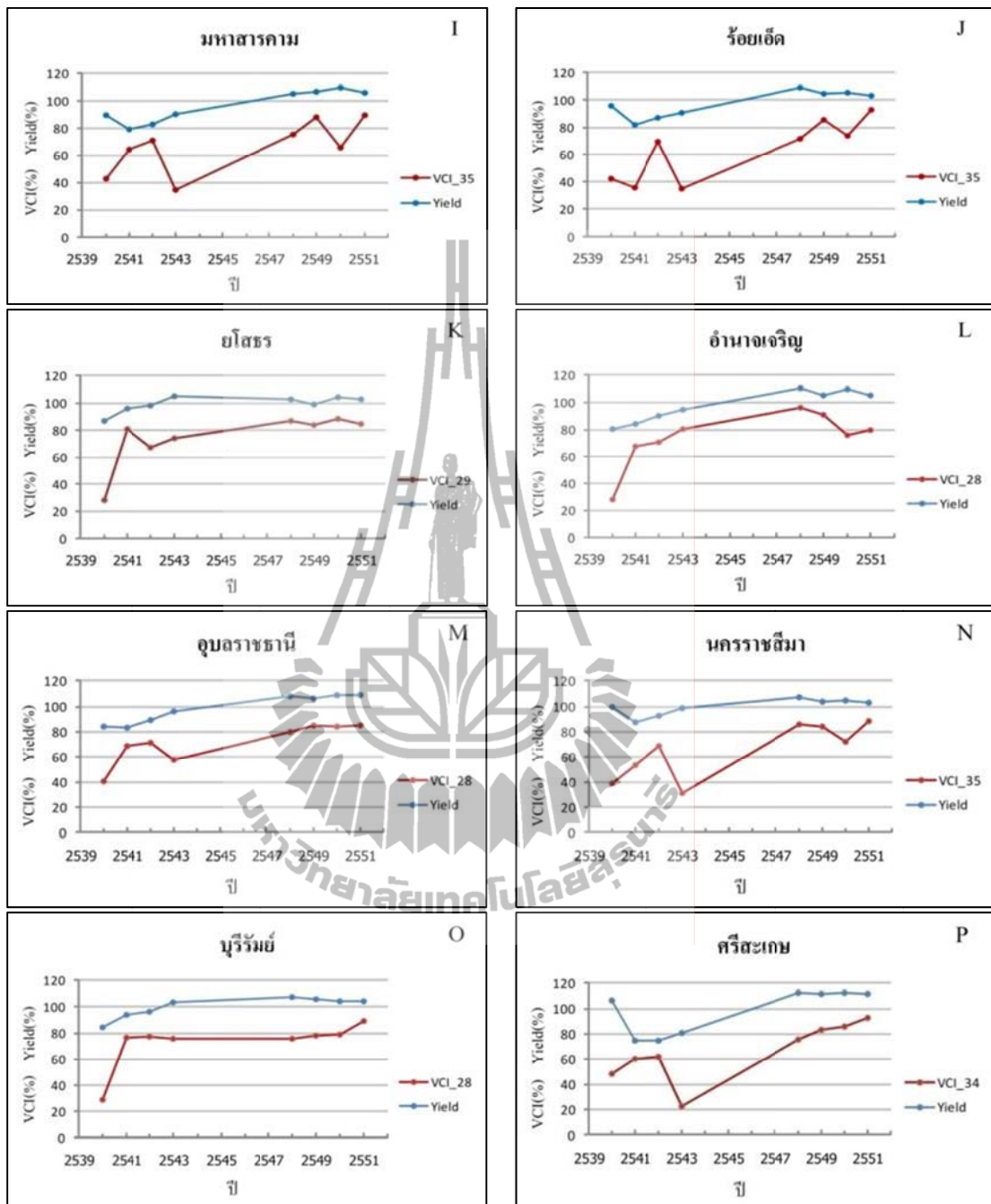




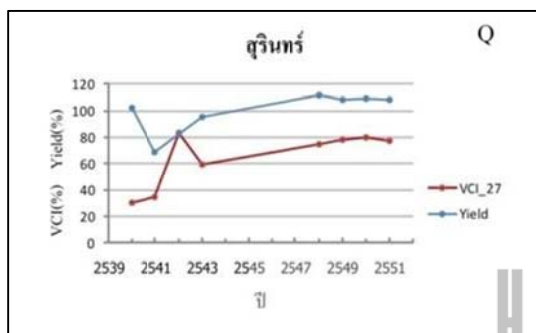
ภาพที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิ กับผลผลิตข้าวรายปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด จ. อุบลราชธานี (4.37M) จ.นครราชสีมา (4.37N) จ.บุรีรัมย์ (4.37O) จ.ศรีสะเกษ (4.37P) และ จ.สุรินทร์ (4.37Q) (ต่อ)



ภาพที่ 4.38 ความผันแปรในแต่ละปีของดัชนีสภาวะพืชพรรณ และผลผลิตข้าวนาปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด จ.หนองคาย (4.38A) จ.สกลนคร (4.38B) จ.อุดรธานี (4.38C) จ.นครพนม (4.38D) จ.หนองบัวลำภู (4.38E) จ.กาฬสินธุ์ (4.38F) จ.ขอนแก่น (4.38G) จ.มุกดาหาร (4.38H)



ภาพที่ 4.38 ความผันแปรในแต่ละปีของดัชนีสภาวะพืชพรรณ และผลผลิตข้าวนาปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด จ.มหาสารคาม (4.38I) จ.ร้อยเอ็ด (4.38J) จ.ยโสธร (4.38K) จ.อำนาจเจริญ (4.38L) จ. อุบลราชธานี (4.38M) จ.นครราชสีมา (4.38N) จ.บุรีรัมย์ (4.38O) จ.ศรีสะเกษ (4.38P) (ต่อ)



ภาพที่ 4.38 ความผันแปรในแต่ละปีของดัชนีสถานะพืชพรรณ และผลผลิตข้าวนาปี ในคาบเวลาที่มีความสัมพันธ์สูงสุด จ.สุรินทร์ (4.38Q) (ต่อ)

#### 4.4.2 การสร้างแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าว

ในการสร้างแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวที่เลือกใช้คาบเวลาที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้งกับผลผลิตข้าวนาปีสำหรับแต่ละจังหวัด และนำค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมในคาบเวลาที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดไปวิเคราะห์สมการถดถอยแบบเชิงเส้นตรง 2 รูป คือ (1) ผลผลิตข้าวนาปีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้ง และ (2) ผลผลิตข้าวนาปีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับดัชนีสถานะพืชพรรณ เพื่อหาแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีที่เหมาะสม

##### 4.4.2.1 การประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้ง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลผลิตข้าวนาปีกับค่าดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้ง โดยการใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุนามเชิงเส้น พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ ( $R^2$ ) มีค่ามากกว่า 0.7 เป็นส่วนใหญ่ โดยจังหวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจสูงสุด คือ จังหวัดนครพนม มีค่าเท่ากับ 0.967 รองลงมาคือ จังหวัดหนองคาย มีค่าเท่ากับ 0.886 และจังหวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจต่ำที่สุด คือ จังหวัดนครราชสีมา มีค่าเท่ากับ 0.356 ดังรายละเอียดของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี ที่ประเมินผลลัพธ์ในรูปแบบของร้อยละของค่าปกติ สรุปไว้ในตารางที่ 4.3

จากสมการที่ได้รับข้างต้น สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีของแต่ละจังหวัดโดยอาศัยสมการทั่วไป คือ  $Yield_{(Ton)} = (Yield_{(%)}) \times Yield_{(Normal)} \div 100$  โดยที่  $Yield_{(Ton)}$  คือ ปริมาณผลผลิตจริงหน่วยเป็นตัน  $Yield_{(%)}$  คือ ปริมาณผลผลิตจากแบบจำลองหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ และ  $Yield_{(Normal)}$  คือ ปริมาณผลผลิตปกติหน่วยตัน ดังตัวอย่างการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปีของแต่ละจังหวัดในปี พ.ศ. 2552 สรุปไว้ในตารางที่ 4.4

สำหรับผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองที่ได้รับ ที่อาศัยการเปรียบเทียบผลผลิตข้าวนาในปี พ.ศ. 2552 ที่ประเมินจากแบบจำลองของแต่ละจังหวัดกับผลผลิตข้าวนาปีของแต่ละจังหวัด ในปี พ.ศ. 2552 จากศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMS error) ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของค่าปกติของข้าวนาปีกับเปอร์เซ็นต์ของข้าวนาปีที่ได้จากการทำนาย ในปี พ.ศ. 2552 ของทุกจังหวัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.326 โดยจังหวัดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ จังหวัดหนองคาย มีค่าเท่ากับ 1.655 รองลงมาคือ จังหวัดมุกดาหาร มีค่าเท่ากับ 2.343 และจังหวัดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมากที่สุดคือ จังหวัดหนองบัวลำพู มีค่าเท่ากับ 13.942 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5



ตารางที่ 4.3 แบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิจังหวัด

จังหวัด	แบบจำลองสมการถดถอย	สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ
หนองคาย	$Yield = 78.448 + 0.311 \times VCI_{31} + 0.0833 \times TCI_{24}$	0.886
สกลนคร	$Yield = 56.281 + 0.581 \times VCI_{33} + 0.059 \times TCI_{24}$	0.675
อุดรธานี	$Yield = 83.320 + 0.126 \times VCI_{28} + 0.143 \times TCI_{24}$	0.835
นครพนม	$Yield = 80.371 + 0.398 \times VCI_{31} - 0.127 \times TCI_{17}$	0.967
หนองบัวลำภู	$Yield = 69.459 + 0.242 \times VCI_{32} + 0.215 \times TCI_{24}$	0.724
กาฬสินธุ์	$Yield = 78.832 + 0.521 \times VCI_{27} - 0.258 \times TCI_{28}$	0.636
ขอนแก่น	$Yield = 53.074 + 0.637 \times VCI_{31} + 0.045 \times TCI_{18}$	0.484
มุกดาหาร	$Yield = 86.662 + 0.227 \times VCI_{33} - 0.102 \times TCI_{18}$	0.611
มหาสารคาม	$Yield = 91.882 + 0.268 \times VCI_{35} - 0.256 \times TCI_{16}$	0.510
ร้อยเอ็ด	$Yield = 89.547 + 0.259 \times VCI_{35} - 0.168 \times TCI_{27}$	0.806
ยโสธร	$Yield = 82.917 + 0.131 \times VCI_{29} + 0.110 \times TCI_{33}$	0.856
อำนาจเจริญ	$Yield = 84.216 + 0.301 \times VCI_{28} - 0.184 \times TCI_{17}$	0.835
อุบลราชธานี	$Yield = 82.705 + 0.357 \times VCI_{28} - 0.201 \times TCI_{17}$	0.785
นครราชสีมา	$Yield = 96.838 + 0.119 \times VCI_{35} - 0.092 \times TCI_{27}$	0.356
บุรีรัมย์	$Yield = 70.341 + 0.496 \times VCI_{28} - 0.094 \times TCI_{33}$	0.711
ศรีสะเกษ	$Yield = 111.363 + 0.172 \times VCI_{34} - 0.469 \times TCI_{16}$	0.735
สุรินทร์	$Yield = 103.226 + 0.176 \times VCI_{27} - 0.316 \times TCI_{27}$	0.593

หมายเหตุ Yield คือ เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตข้าวในปีเฉลี่ยในคาบ 12 ปี (%)  
VCI<sub>29</sub> คือ ดัชนีสภาวะพืชพรรณเฉลี่ยในคาบที่ 29 (%)  
TCI<sub>33</sub> คือ ดัชนีสภาวะอุณหภูมิจังหวัดเฉลี่ยในคาบที่ 33 (%)

ตารางที่ 4.4 ผลการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี ในปี พ.ศ. 2552 จากแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิต

จังหวัด	ปริมาณผลผลิตจาก สศก.	ปริมาณผลผลิตจากแบบจำลอง	ความแตกต่าง
หนองคาย	335,271	330,261	5,010
สกลนคร	557,393	526,664	30,729
อุดรธานี	557,489	540,449	17,040
นครพนม	311,494	294,197	17,297
หนองบัวลำพู	278,786	243,655	35,131
กาฬสินธุ์	466,778	479,597	-12,819
ขอนแก่น	665,701	731,847	-66,146
มุกดาหาร	109,950	107,375	2,575
มหาสารคาม	582,209	515,176	67,033
ร้อยเอ็ด	841,466	863,729	-22,263
ยโสธร	304,894	294,563	10,331
อำนาจเจริญ	283,997	264,808	19,189
อุบลราชธานี	970,622	906,890	63,732
นครราชสีมา	900,158	925,482	-25,324
บุรีรัมย์	885,061	943,860	-58,799
ศรีสะเกษ	834,694	748,069	86,625
สุรินทร์	973,735	1,014,201	-40,466
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>			<b>42,082</b>

ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิต

จังหวัด	% ของค่าปกติของค่าจริง	% ของค่าปกติของค่าทำนาย	ค่าคงเหลือ
หนองคาย	110.724	109.070	1.654
สกลนคร	112.156	105.973	6.183
อุดรธานี	101.615	98.509	3.106
นครพนม	115.754	109.326	6.428
หนองบัวลำพู	110.638	96.696	13.942
กาฬสินธุ์	116.647	119.851	-3.204
ขอนแก่น	105.254	115.712	-10.458
มุกดาหาร	100.041	97.699	2.342
มหาสารคาม	109.267	96.687	12.580
ร้อยเอ็ด	107.542	110.388	-2.846
ยโสธร	103.288	99.788	3.500
อำนาจเจริญ	108.356	101.035	7.321
อุบลราชธานี	109.105	101.941	7.164
นครราชสีมา	101.750	104.613	-2.863
บุรีรัมย์	104.971	111.944	-6.973
ศรีสะเกษ	113.838	102.024	11.814
สุรินทร์	110.547	115.141	-4.594
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>			<b>7.326</b>



#### 4.4.2.2 การประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลผลิตข้าววนาปีกับค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณ โดยการวิเคราะห์หาค่าถดถอยเส้นตรง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ ( $R^2$ ) มีค่าระหว่าง 0.199-0.869 โดยจังหวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจสูงสุด คือ จังหวัดนครพนม มีค่าเท่ากับ 0.869 รองลงมาคือ จังหวัดหนองคาย มีค่าเท่ากับ 0.814 และจังหวัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจต่ำที่สุด คือ จังหวัดสุรินทร์ มีค่าเท่ากับ 0.199 ดังรายละเอียดของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าววนาปีสรุปไว้ในตารางที่ 4.6 ผลการประมาณค่าผลผลิตข้าววนาปีของแต่ละจังหวัดในปี พ.ศ. 2552 สรุปไว้ในตารางที่ 4.7

สำหรับผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองที่ได้รับ ที่อาศัยการเปรียบเทียบผลผลิตข้าววนาปี พ.ศ. 2552 ที่ประเมินจากแบบจำลองของแต่ละจังหวัด กับผลผลิตข้าววนาปีของแต่ละจังหวัด ในปี พ.ศ. 2552 จากศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างเปอร์เซ็นต์ของค่าปกติของข้าววนาปีกับเปอร์เซ็นต์ของข้าววนาปีที่ได้จากการทำนาย ในปี พ.ศ. 2552 ของทุกจังหวัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.204 โดยจังหวัดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ จังหวัดยโสธร มีค่าเท่ากับ 1.055 รองลงมาคือ จังหวัดนครราชสีมา มีค่าเท่ากับ 1.206 และจังหวัดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ จังหวัดมหาสารคาม มีค่าเท่ากับ 10.904 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.8

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณที่ได้รับข้างต้น หากนำไปเปรียบเทียบกับค่าความถูกต้องแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณมีค่าน้อยกว่า ดังนั้น แบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณจึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน

ตารางที่ 4.6 แบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณ

จังหวัด	แบบจำลองสมการถดถอย	สัมประสิทธิ์ของการตัดสิ้นใจ
หนองคาย	$Yield = 78.171 + 0.381 \times VCI_{31}$	0.814
สกลนคร	$Yield = 57.220 + 0.612 \times VCI_{33}$	0.701
อุดรธานี	$Yield = 82.661 + 0.238 \times VCI_{28}$	0.531
นครพนม	$Yield = 68.365 + 0.484 \times VCI_{31}$	0.869
หนองบัวลำพู	$Yield = 72.357 + 0.392 \times VCI_{32}$	0.510
กาฬสินธุ์	$Yield = 65.135 + 0.534 \times VCI_{27}$	0.432
ขอนแก่น	$Yield = 58.679 + 0.588 \times VCI_{31}$	0.480
มุกดาหาร	$Yield = 77.199 + 0.283 \times VCI_{33}$	0.514
มหาสารคาม	$Yield = 74.999 + 0.320 \times VCI_{35}$	0.271
ร้อยเอ็ด	$Yield = 78.058 + 0.304 \times VCI_{35}$	0.487
ยโสธร	$Yield = 80.745 + 0.249 \times VCI_{29}$	0.712
อำนาจเจริญ	$Yield = 64.647 + 0.447 \times VCI_{28}$	0.648
อุบลราชธานี	$Yield = 57.835 + 0.564 \times VCI_{28}$	0.624
นครราชสีมา	$Yield = 90.061 + 0.148 \times VCI_{35}$	0.238
บุรีรัมย์	$Yield = 74.272 + 0.356 \times VCI_{28}$	0.670
ศรีสะเกษ	$Yield = 64.840 + 0.502 \times VCI_{34}$	0.419
สุรินทร์	$Yield = 77.452 + 0.321 \times VCI_{27}$	0.199

ตารางที่ 4.7 ผลการประมาณค่าผลผลิตข้าวนาปี ในปี พ.ศ. 2552 จากแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนีสภาวะพืชพรรณ

จังหวัด	ปริมาณผลผลิตจาก สศก.	ปริมาณผลผลิตจากแบบจำลอง	ความแตกต่าง
หนองคาย	335,271	344,617	-9,346
สกลนคร	557,393	542,469	14,924
อุดรธานี	557,489	567,471	-9,982
นครพนม	311,494	301,627	9,867
หนองบัวลำพู	278,786	260,285	18,501
กาฬสินธุ์	466,778	436,680	30,098
ขอนแก่น	665,701	721,632	-55,931
มุกดาหาร	109,950	108,473	1,477
มหาสารคาม	582,209	524,110	58,099
ร้อยเอ็ด	841,466	802,773	38,693
ยโสธร	304,894	308,009	-3,115
อำนาจเจริญ	283,997	271,647	12,350
อุบลราชธานี	970,622	891,779	78,843
นครราชสีมา	900,158	889,484	10,674
บุรีรัมย์	885,061	900,315	-15,254
ศรีสะเกษ	834,694	762,344	72,350
สุรินทร์	973,735	894,343	79,392
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>			<b>40,599</b>

ตารางที่ 4.8 ผลการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวโดยอาศัยดัชนี  
สภาวะพืชพรรณ

จังหวัด	% ของค่าปกติของค่าจริง	% ของค่าปกติของค่าทำนาย	ค่าคงเหลือ
หนองคาย	110.724	113.811	-3.087
สกลนคร	112.156	109.153	3.003
อุดรธานี	101.615	103.435	-1.820
นครพนม	115.754	112.087	3.667
หนองบัวลำพู	110.638	103.296	7.342
กาฬสินธุ์	116.647	109.126	7.521
ขอนแก่น	105.254	114.097	-8.843
มุกดาหาร	100.041	98.698	1.343
มหาสารคาม	109.267	98.363	10.904
ร้อยเอ็ด	107.542	102.597	4.945
ยโสธร	103.288	104.343	-1.055
อำนาจเจริญ	108.356	103.644	4.712
อุบลราชธานี	109.105	100.242	8.863
นครราชสีมา	101.750	100.544	1.206
บุรีรัมย์	104.971	106.780	-1.809
ศรีสะเกษ	113.838	103.971	9.867
สุรินทร์	110.547	101.534	9.013
<b>ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย</b>			<b>6.204</b>

## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 บทสรุป

จากการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจากข้อมูล NOAA-AVHRR ที่มีวัตถุประสงค์หลักคือ (1) เพื่อสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR สำหรับใช้ในการค้นหาติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งทางด้านการเกษตร (2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝน และข้อมูลผลผลิตข้าวในปี และ (3) เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี สามารถสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

##### 5.1.1 ผลการสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมสำหรับการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร

ผลจากการสร้างดัชนีทางสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลดาวเทียม NOAA-AVHRR สำหรับใช้ในการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร สามารถสรุปได้ว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิ สามารถใช้ในการค้นหา ติดตาม และสร้างแผนที่ภัยแล้งทางด้านการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ โดยดัชนีสภาวะพืชพรรณสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณในแต่ละปีของช่วงเวลาเดียวกัน และสามารถสร้างสารสนเทศเชิงกายภาพของภัยแล้งได้ ประกอบด้วย ขอบเขตของภัยแล้ง ระยะเวลาการเกิดภัยแล้ง และความสัมพันธ์ระหว่างภัยแล้งกับปฏิทินการเพาะปลูกทางการเกษตร

ดัชนีสภาวะพืชพรรณยังสามารถบ่งชี้ปรากฏการณ์อื่นที่เกิดขึ้นบนพื้นที่เกษตรกรรม เช่น สามารถบ่งชี้ภาวะความเค็มของพืชพรรณ อันเนื่องมาจากน้ำท่วม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณที่ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูการเพาะปลูก นอกจากนี้ ในปีที่ไม่เกิดภัยแล้งทางด้านการเกษตร ดัชนีสภาวะพืชพรรณยังสามารถอธิบายอิทธิพลของสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก เช่น สภาวะฝนทิ้งช่วง ส่งผลทำให้การเพาะปลูกต้องล่าช้ากว่าปกติ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณ ซึ่งมีค่าต่ำในช่วงแรกและมีค่าสูงในช่วงปลายของฤดูการเพาะปลูก

ในกรณีของดัชนีสภาวะอุณหภูมิ สามารถบ่งชี้พืชพรรณที่เกิดความเค็ม อันเนื่องมาจากความแห้งแล้งและความชื้นที่มีมากเกินไป และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการอธิบายภาวะความเค็มของพืชพรรณได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น ดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้ง) สามารถเป็นเครื่องมือที่ดีในการค้นหา และติดตามความผันแปรของพืชพรรณทางการเกษตร ที่ได้รับอิทธิพลของสภาพอากาศ

### 5.1.2 ผลการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับปริมาณน้ำฝน

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่ประกอบด้วย ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งกับปริมาณน้ำฝนที่คำนวณในรูปแบบของ Standardized Precipitation Index (SPI) ในสเกลเวลาที่แตกต่างกันคือ 1 3 6 และ 12 เดือน สามารถสรุปได้ว่า ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งที่บ่งชี้ขอบเขตและระยะเวลาการเกิดภัยแล้ง และการเกิดความเค็มของพืชพรรณอันเนื่องมาจากน้ำท่วมในช่วงฤดูการเพาะปลูกข้าวนาปี จะมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันกับค่า SPI ในสเกลเวลา 3, 6 และ 12 เดือน โดยพบว่า ในปี พ.ศ. 2541 ซึ่งเป็นปีที่เกิดภัยแล้ง ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งในช่วงฤดูการเพาะปลูกจะมีค่าต่ำ ในเวลาเดียวกัน SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 จะมีค่าต่ำกว่า -1 ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำฝนสะสมที่น้อยกว่าปกติ และพบว่า ในปี พ.ศ. 2542 ซึ่งเป็นปีที่ไม่เกิดภัยแล้ง ดัชนีสภาวะพืชพรรณ และดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งในช่วงฤดูการเพาะปลูกจะมีค่าค่อนข้างสูง ในขณะเดียวกัน SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำฝนสะสมที่เป็นปกติ และพบว่า ในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2543 ดัชนีสภาวะพืชพรรณมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว จากค่าเริ่มต้นร้อยละ 70 เหลือเพียงร้อยละ 40 และดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งมีค่าสูง และ SPI-3 ในช่วงเวลาเดียวกัน มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งเป็นค่าปริมาณน้ำฝนสะสมที่มากกว่าปกติ

ดังนั้น รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อม (ดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้ง) กับปริมาณน้ำฝน (SPI-3 SPI-6 และ SPI-12) จะสัมพันธ์กันแบบทิศทางเดียวกันหรือสัมพันธ์กันแบบตรงกันข้ามกัน

### 5.1.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับผลผลิตข้าวนาปี

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีทางสิ่งแวดล้อมกับผลผลิตข้าวนาปีที่อาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าเฉลี่ยของดัชนีสภาวะพืชพรรณและดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งใน 36 คาบเวลา (1 ปี) กับค่าปกติของผลผลิตข้าวนาปี ของแต่ละจังหวัดซึ่งประกอบด้วย จังหวัดหนองคาย สกลนคร อุดรธานี นครพนม หนองบัวลำภู กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มุกดาหาร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี นครราชสีมา บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และ สุรินทร์ ในระหว่างปี พ.ศ. 2540-2543 และ พ.ศ. 2548-2551 สามารถสรุปได้ว่า ค่าดัชนีสภาวะพืชพรรณในคาบเวลาจำเพาะจะสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวนาปีแบบเชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกัน ในขณะที่ค่าดัชนีสภาวะอุณหภูมิตั้งในหลายคาบเวลาจำเพาะจะสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวนาปีแบบเชิงเส้นตรงในหลายทิศทาง โดยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ระหว่างดัชนีสภาวะพืช

พรรณใน 36 คาบเวลากับค่าปกติของผลผลิตข้าวในปี จะให้ค่าสูงสุดเป็นบวกระหว่างคาบเวลาที่ 27 ถึง 35 และมีค่า R สูงสุด อยู่ระหว่าง 0.4-0.9 และพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้งใน 36 คาบเวลากับค่าปกติของผลผลิตข้าวในปีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดในหลากหลายคาบเวลา ประกอบด้วย คาบเวลาที่ 16-18 จะมีค่า R สูงสุด เป็นลบระหว่าง -0.4 ถึง -0.8 คาบเวลาที่ 24 จะมีค่า R สูงสุด เป็นบวกระหว่าง 0.5 ถึง 0.8 คาบเวลาที่ 27-28 จะมีค่า R สูงสุด เป็นลบระหว่าง -0.4 ถึง -0.7 และคาบที่ 33 จะมีค่า R สูงสุด เป็นบวกระหว่าง 0.5 ถึง 0.8

ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะพืชพรรณกับผลผลิตข้าวในคาบเวลา 27 ถึง 35 ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่ข้าวปีตั้งท้องและสร้างเมล็ด จะสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นตรง ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้งกับผลผลิตข้าวจะไม่มีรูปแบบความสัมพันธ์ที่ชัดเจน

#### 5.1.4 ผลการสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปี

ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปีอาศัยการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบเชิงเส้นตรงใน 2 รูป คือ (1) ผลผลิตข้าวปีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้ง และ (2) ผลผลิตข้าวปีมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับดัชนีสถานะพืชพรรณ เพื่อหาแบบจำลองการประเมินผลผลิตข้าวปีที่เหมาะสม สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองการประเมินผลผลิตข้าวที่ใช้ดัชนีสถานะพืชพรรณมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน โดยพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMS error) ระหว่างเปอร์เซ็นต์ของค่าปกติของข้าวปีกับเปอร์เซ็นต์ของข้าวปีที่ได้จากการทำนาย ในปี พ.ศ. 2552 ของทุกจังหวัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.024 ซึ่งน้อยกว่าแบบจำลองการประเมินผลผลิตข้าวที่อาศัยดัชนีสถานะพืชพรรณและดัชนีสถานะอุณหภูมิตั้ง ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของทุกจังหวัดเท่ากับ 7.326

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรและการประมาณค่าผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ควรพิจารณานำข้อมูลดาวเทียมที่มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีแบบอัตโนมัติ และมีความละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงเวลาสูง มาใช้ในการติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตร เช่น MODIS
2. ควรพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมที่มีพื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณกลางภาพ (ถ้าเป็นไปได้) เนื่องจากค่าการสะท้อนและความแผ่รังสีของพื้นผิวโลกจะมีความถูกต้องสูง

3. ควรหลีกเลี่ยงการใช้ภาพดาวเทียมช่วงคลื่นแสงขาวและอินฟราเรดที่บันทึกข้อมูล ในขณะที่มีแสงน้อย เนื่องจากข้อมูลภาพดาวเทียมจะได้รับผลกระทบจากเงา ซึ่งอาจส่งผลทำให้การนำไปวิเคราะห์ผลเกิดความผิดพลาดได้

4. ควรพิจารณาเลือกใช้ภาพดาวเทียมช่วงคลื่นแผ่ความร้อนที่บันทึกข้อมูลในช่วงตอนบ่าย หรือเวลาที่ใกล้เคียงกัน เพราะจะได้รับข้อมูลที่ให้ค่าการแผ่ความร้อนปริมาณสูง

5. ในการนำดัชนีทางสิ่งแวดล้อมไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ ที่เกิดขึ้นภายใน 1 ปีหรือระหว่างปี เนื่องจากสาเหตุสภาพอากาศที่ผันแปรหรือผิดปกติ ควรใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่มีความละเอียดสูงมาตรวจสอบความสมเหตุสมผลของผลที่ได้รับจากดัชนีทางสิ่งแวดล้อมข้างต้น

6. หากต้องการนำดัชนีทางสิ่งแวดล้อมที่บ่งชี้สภาวะภัยแล้งทางด้านการเกษตรไปใช้งาน ควรตรวจสอบความถูกต้องทางภาคพื้นดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อยืนยันความถูกต้องของดัชนีทางสิ่งแวดล้อม

7. ควรทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานดัชนีทางสิ่งแวดล้อม ในการค้นหา ติดตามภัยแล้งทางการเกษตร โดยนำดัชนีทางสิ่งแวดล้อมไปประยุกต์ในพื้นที่ที่มีระบบนิเวศ และสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

8. หน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องกับการประมาณผลผลิต ควรพิจารณานำแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตข้าวในปีที่ได้รับจากการศึกษาไปใช้ประกอบในการประมาณค่าผลผลิต รวมทั้งการนำแบบจำลองไปปรับปรุง เพื่อเพิ่มความแม่นยำ

9. ควรนำแบบจำลองการประมาณค่าผลผลิตไปปรับใช้กับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย เป็นต้น





รายการอ้างอิง

## รายการอ้างอิง

- กรมการปกครอง. (2553ก). จำนวนประชากรประจำปี [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://203.113.86.149/stat/y\\_stat53.html](http://203.113.86.149/stat/y_stat53.html).
- กรมการปกครอง. (2553ข). สถิติข้อมูลจังหวัด/อำเภอ [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.dopa.go.th/padmic/jungwad76/jungwad76.htm>.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2544). ธรณีวิทยาประเทศไทย [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr\\_web/main.php?filename=index\\_geo](http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/main.php?filename=index_geo).
- กรมทรัพยากรน้ำ.(2550). การบริหารจัดการภัยแล้ง ปี 2550 (11 พ.ค. 50) [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://www.dwr.go.th/contents/content/files/001003/0003750\\_1.pdf](http://www.dwr.go.th/contents/content/files/001003/0003750_1.pdf).
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2550ก). ภัยธรรมชาติ [ออนไลน์]. ได้จาก:<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71>.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2550ข). ภัยธรรมชาติในประเทศไทย [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.tmd.go.th/info/risk.pdf>.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2552). ภูมิอากาศของประเทศไทย [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://www.tmd.go.th/info/knowledge\\_weather01\\_n.html](http://www.tmd.go.th/info/knowledge_weather01_n.html).
- ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (2549). ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศักยภาพเชิงพื้นที่เพื่อการพัฒนา. จำนวน 1000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ขอนแก่นการพิมพ์.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2554). ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด 2552 [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=96>.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2544). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2544 [ออนไลน์]. ได้จาก:<http://www.onep.go.th/download/soe44dl.html>.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2553). ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553 [ออนไลน์]. ได้จาก: [http://www.oae.go.th/download/download\\_journal/fundamation-2553.pdf](http://www.oae.go.th/download/download_journal/fundamation-2553.pdf).

- Anyamba, A., and Tucker, C.J. (2005). **Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981–2003**. *Journal of Arid Environments*. 63: 596-614.
- Bajgiran, P.R., Darvishsefat, A.A., Khalili, A., and Makhdoum, M.F. (2008). **Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the Northwest of Iran**. *Journal of Arid Environments*. 72(6): 1086-1096.
- Bhuiyan, C., Singh, R.P., and Kogan, F.N. (2006). **Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data**. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 8: 289-302.
- Daleziosl, N.R., Domenikiotis, C., Loukas, A., Tzortzios, S.T., and Kalaitzidis, C. (2001). **Cotton yield estimation based on NOAA/AVHRR produced NDVI**. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*. 26(3): 247-251.
- Gallo, K., Reed, B., Owen, T., and Adegoke, J. (2005). **Characteristics of seasonal vegetation cover in the conterminous USA**. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 71(8): 959-966.
- Gitelson, A.A., Kogan, F.N., Zakarin, E., Spivak, L., and Lebed, L. (1998). **Using AVHRR data for quantitative estimation of vegetation conditions: calibration and validation**. *Advances in Space Research*. 22(5): 613-676.
- Hobbs, T.J. (1995). **The use of NOAA-AVHRR NDVI data to assess herbage production in the arid rangelands of Central Australia**. *International Journal of Remote Sensing*. 16(7) : 1289-1302. Quoted in Seiler, R.A., Kogan, F.N., Guo Wei, and Vinocur, M. (2007). **Seasonal and interannual responses of the vegetation and production of crops in Cordoba – Argentina assessed by AVHRR derived vegetation indices**. *Advances in Space Research*. 39: 88-94.
- Jensen, J.R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.
- Kogan, F.N. (1995). **Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection**. *Advances in Space Research*. 15(11): 91-100.
- Kogan, F.N. (2000). **Contribution of Remote Sensing to Drought Early Warning** [On-line]. Available: [http://www.drought.unl.edu/monitor/EWS/ch7\\_kogan.pdf](http://www.drought.unl.edu/monitor/EWS/ch7_kogan.pdf).

- Kogan, F.N., Gitelson, A., Zakarin, E., Spivak, L., and Lebed, L. (2003). **AVHRR-based spectral vegetation index for quantitative assessment of vegetation state and productivity: calibration and validation**. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 69(8): 899-906.
- Mkhabela, M.S., Mkhabela, M.S., and Mashinini N.N. (2005). **Early maize yield forecasting in the four agro-ecological regions of Swaziland using NDVI data derived from NOAA's-AVHRR**. *Agricultural and Forest Meteorology*. 129: 1-9.
- National Drought Mitigation Center. (2006). **What is Drought** [On-line]. Available: <http://drought.unl.edu/whatis/concept.htm>.
- NOAA. (1988). **NOAA Polar Orbiter Data Users Guide** [Online]. Available: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/pod-guide/ncdc/docs/intro.htm>.
- NOAA. (2009). **NOAA KLM User's Guide** [Online]. Available: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/pod-guide/ncdc/docs/intro.htm>.
- NOAA. (2011). **NOAA Satellite and Information Service** [Online]. Available: <http://www.osdpd.noaa.gov/ml/ppp/notices.html>.
- Quarmby, N.A., Milnes, M., Hindle, T.L., and Silleos, N. (1993). **The use of multi-temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction**. *International Journal of Remote Sensing*. 14: 199-210.
- Seiler, R.A., and Kogan, F.N. (2002). **Monitoring Enso cycles and their impacts on crops in Argentina from NOAA-AVHRR satellite data**. *Advances in Space Research*. 30(11): 2489-2493.
- Seiler, R.A., Kogan, F.N., and Wei, G. (2000). **Monitoring weather impact and crop yield from NOAA-AVHRR data in Argentina**. *Advances in Space Research*. 26 (7): 1177-1185.
- Seiler, R.A., Kogan, F.N., Wei, G., and Vinocur, M. (2007). **Seasonal and interannual responses of the vegetation and production of crops in Cordoba-Argentina assessed by AVHRR derived vegetation indices**. *Advances in Space Research*. 39: 88-94.
- Sergio, M., and Vicente, S. (2007). **Evaluating the impact of drought using remote sensing in a Mediterranean, semi-arid region**. *Natural Hazards*. 40: 173-208.

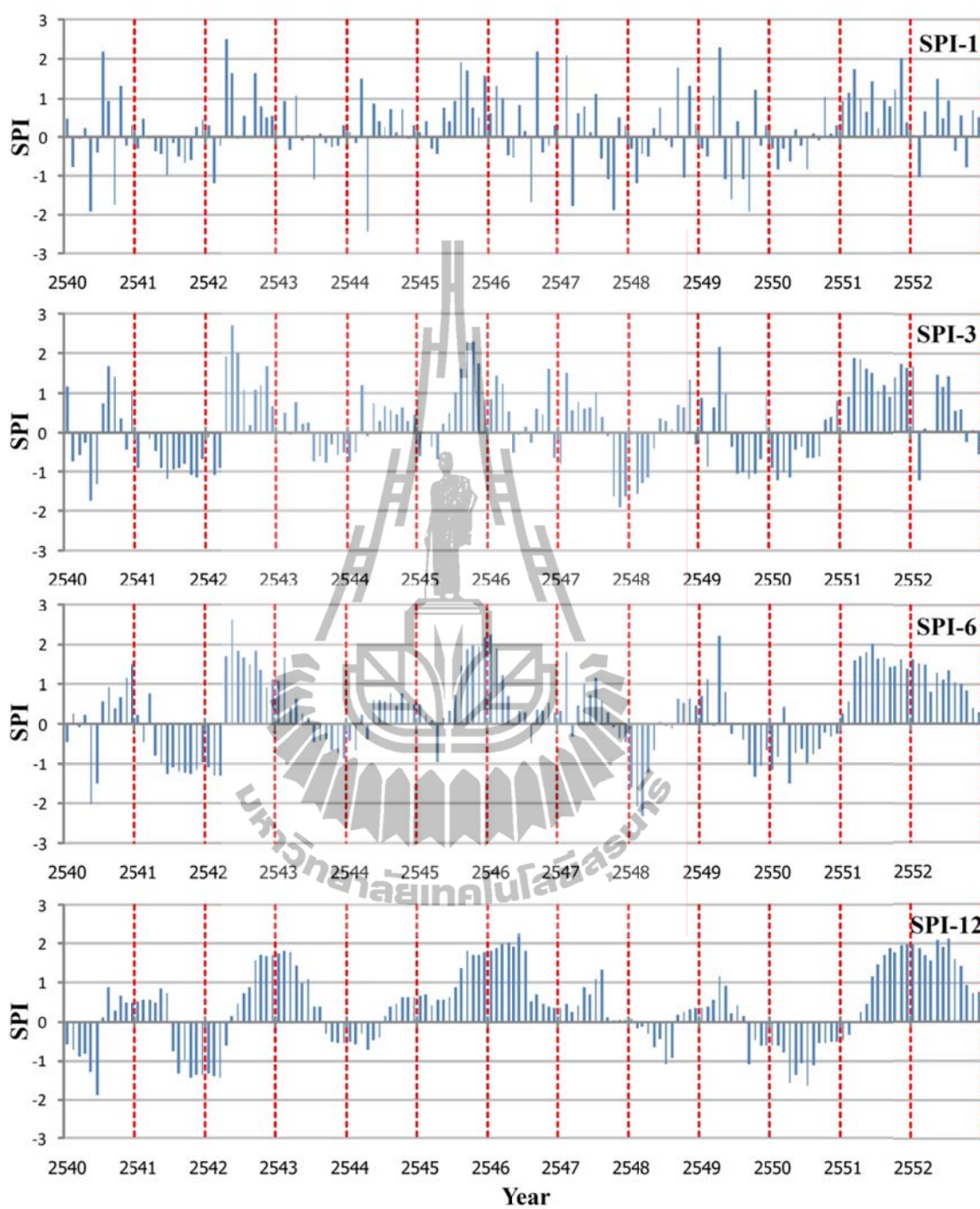
- Shinmura, Y., Kubo, M., and Muramoto, K. (n.d.). **Harmonic Analysis of Time Series NDVI Using NOAA-AVHRR Data**. [Online]. Available: <http://dSPACE.lib.kanazawau.ac.jp/dSPACE/bitstream/2297/5956/1/C0000003307-SHINMURA-Y-141.pdf>.
- Singh, R.P., Roy, S., and Kogan, F.N. (2003). **Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India**. *International Journal of Remote Sensing*. 24(22): 4393-4402.
- Tahnk, W.R., and Coakley Jr J.A. (2001). **Updated calibration coefficients for NOAA-14 AVHRR Channels 1 and 2**. *International Journal of Remote Sensing*. 22(15): 3053-3057.
- Thiruvengadachari, S., and Gopalkrishna, H.R. (1993). **An integrated PC environment for assessment of drought**. *International Journal of Remote Sensing*. 14 : 3201-3208. Quoted in Unganai, L.S., and Kogan, F.N. (1998). **Drought Monitoring and Corn Yield Estimation in Southern Africa from AVHRR Data**. *Remote Sensing of Environment* 63: 219-232.
- Tucker, C.J., and Choudhury, B.J. (1987). **Satellite remote sensing of drought conditions**. *Remote Sens. Environ.* 23: 243-251. Quoted in Unganai, L.S., and Kogan, F.N. (1998). **Drought monitoring and corn yield estimation in Southern Africa from AVHRR data**. *Remote Sensing of Environment* 63 : 219-232.
- Unganai, L.S., and Kogan, F.N. (1998). **Drought monitoring and corn yield estimation in Southern Africa from AVHRR data**. *Remote Sensing of Environment* 63: 219-232.
- Vicente-Serrano, S.M. (2007). **Evaluating the impact of drought using remote sensing in a Mediterranean, Semi-arid Region**. *Natural Hazards*. 40: 173-208.
- Wada, Y., and Ohira, W. (2004). **Reconstruction cloud free SPOT/Vegetation using harmonic analysis with local maximum fitting**. 25th ACRS 2004, Chiang Mai, Thailand. 1663-1667.
- Xiaoguang Jiang and Dan Wang. (2008). **Analyzing the vegetation cover variation of China from AVHRR-NDVI data**. *Asia-Pacific Space Outlook Magazine*. 2(17): 6-15.





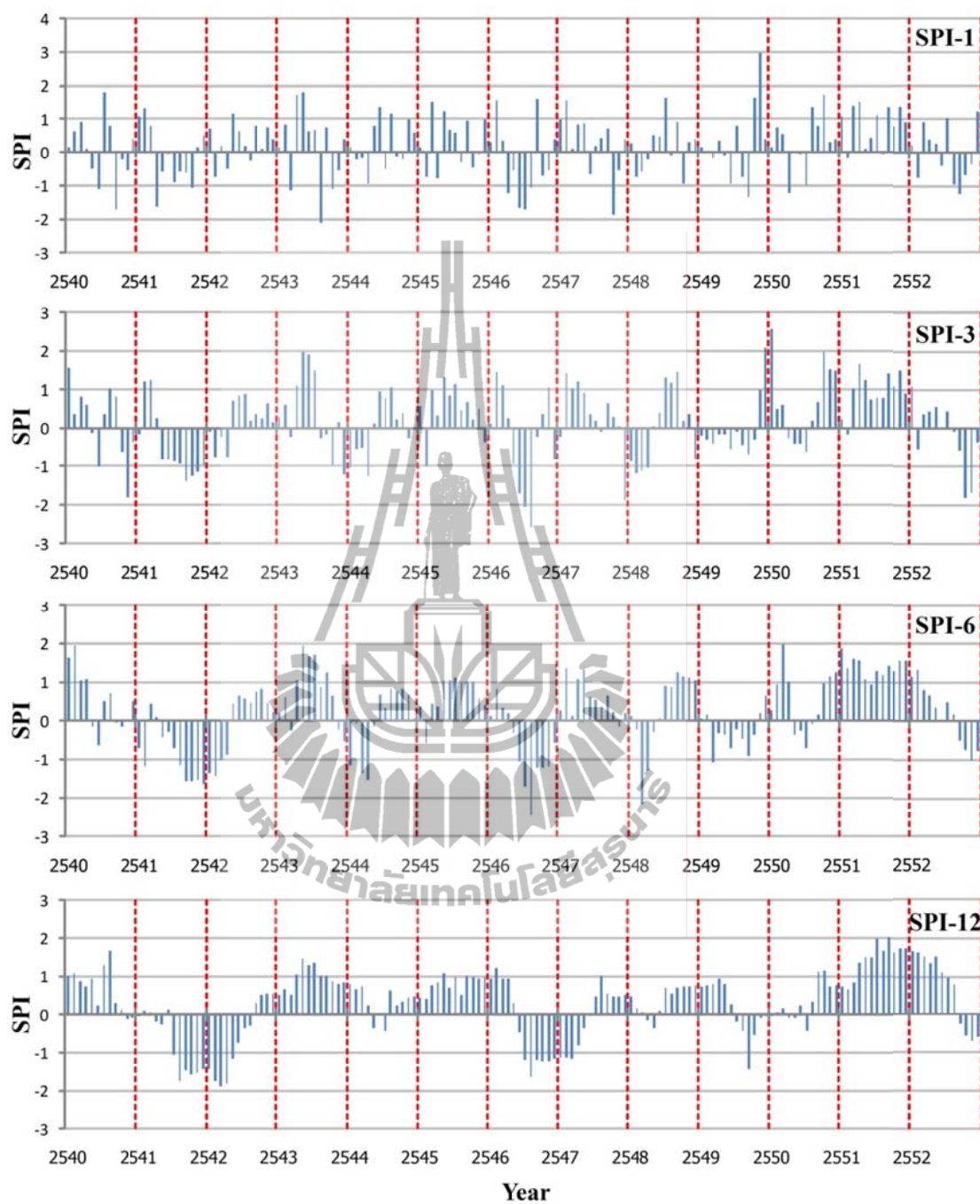
ภาคผนวก ก

การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยา  
หลัก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

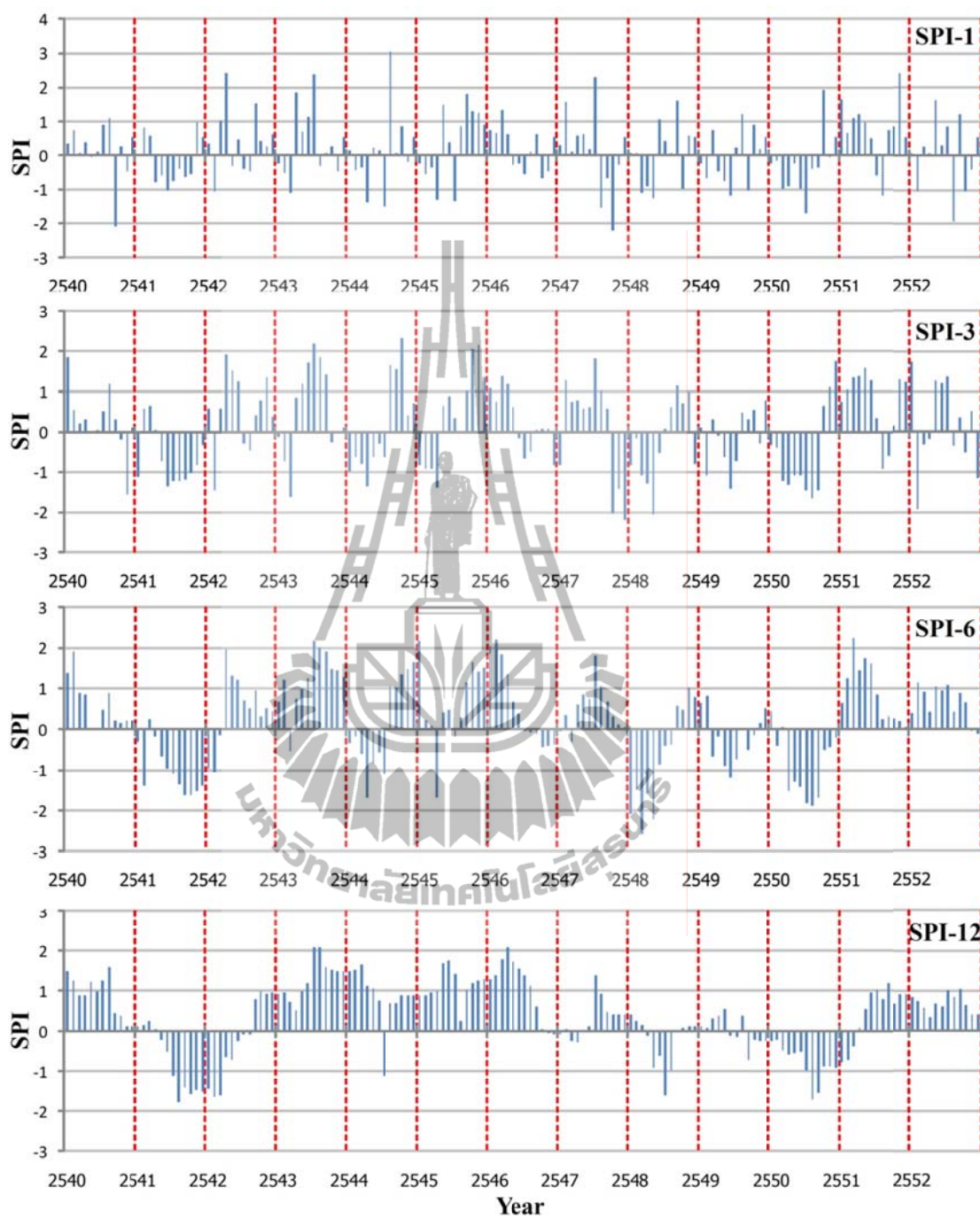


ภาพที่ ก-1 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดหนองคาย ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552

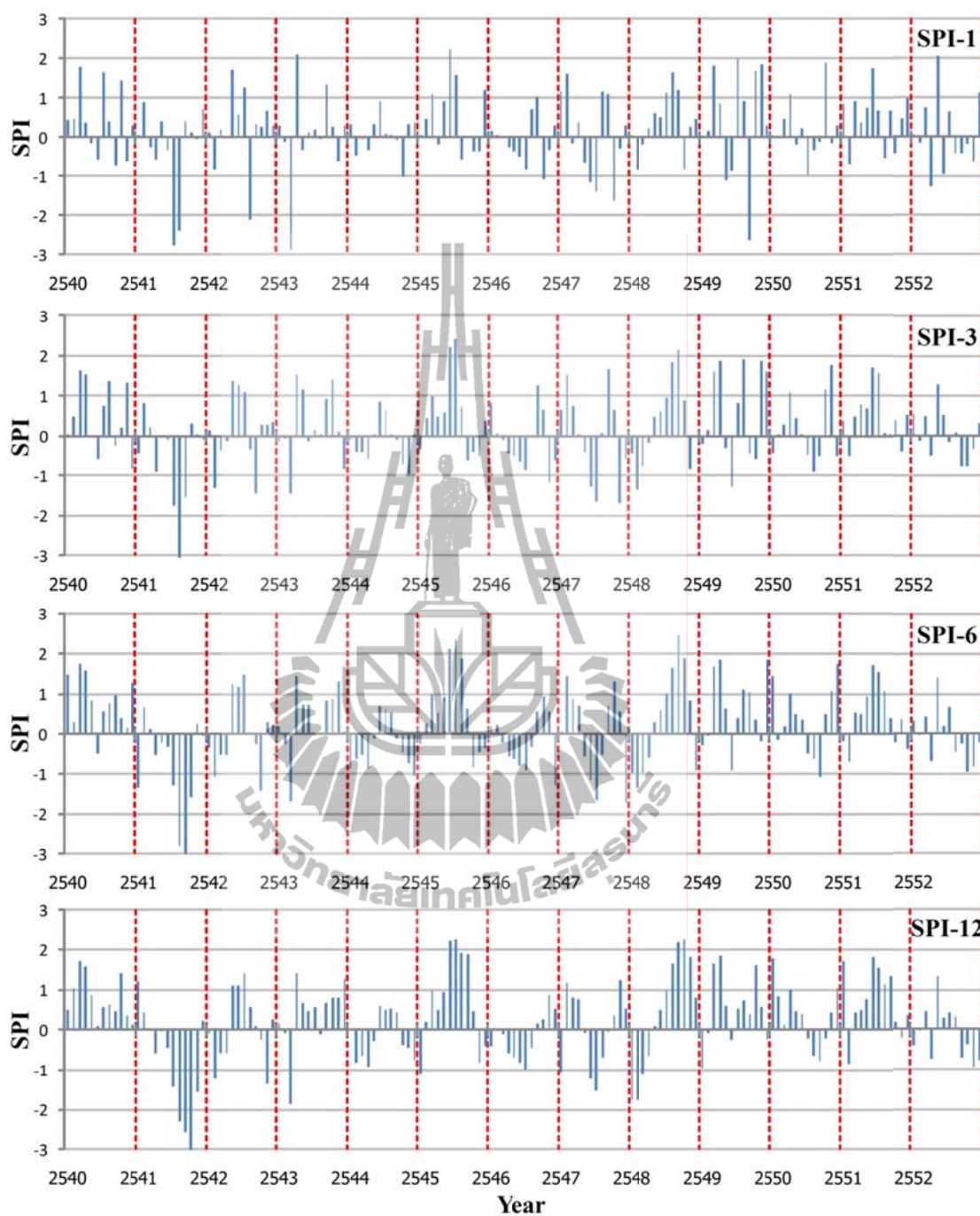




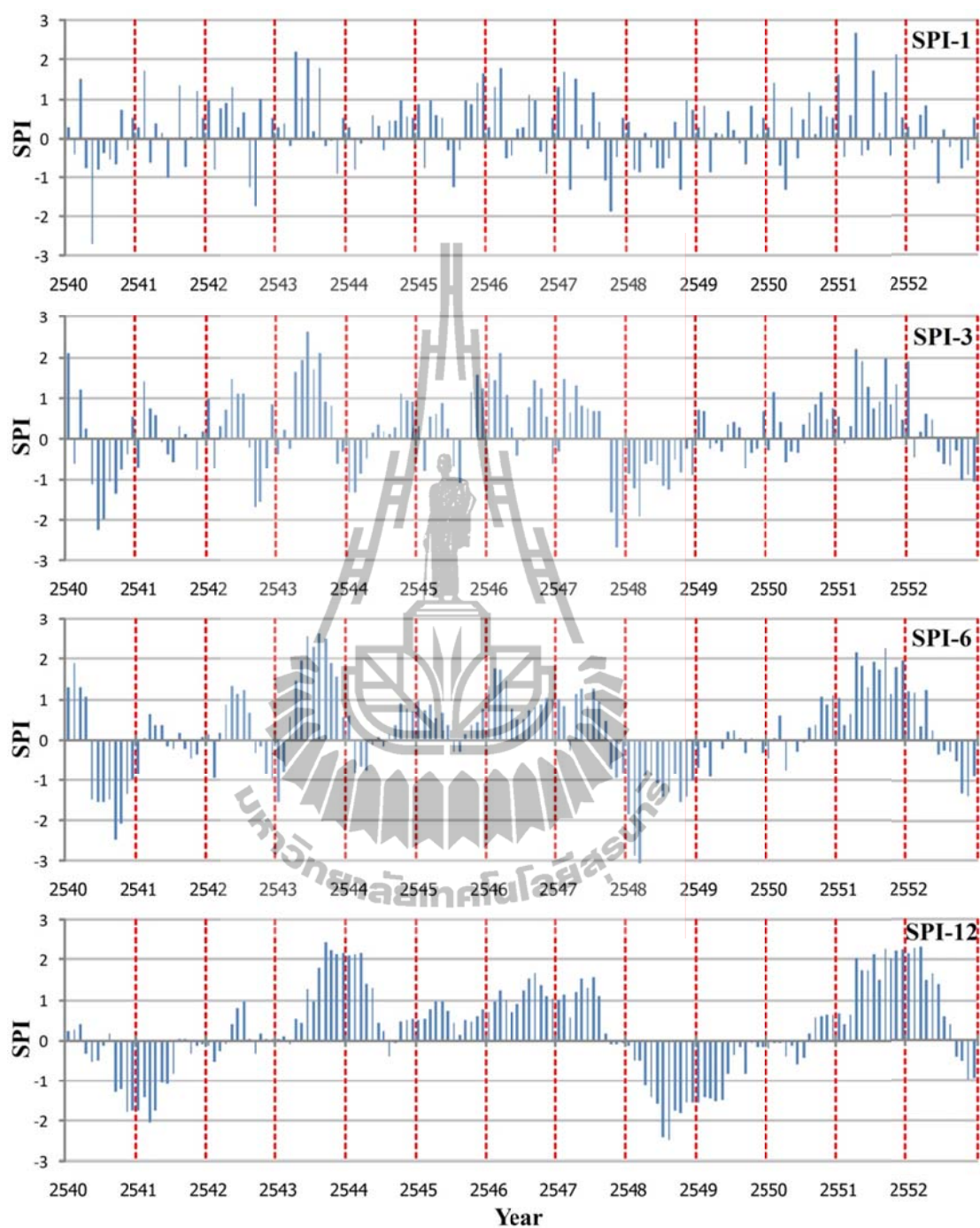
ภาพที่ ก-2 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดสกลนคร ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



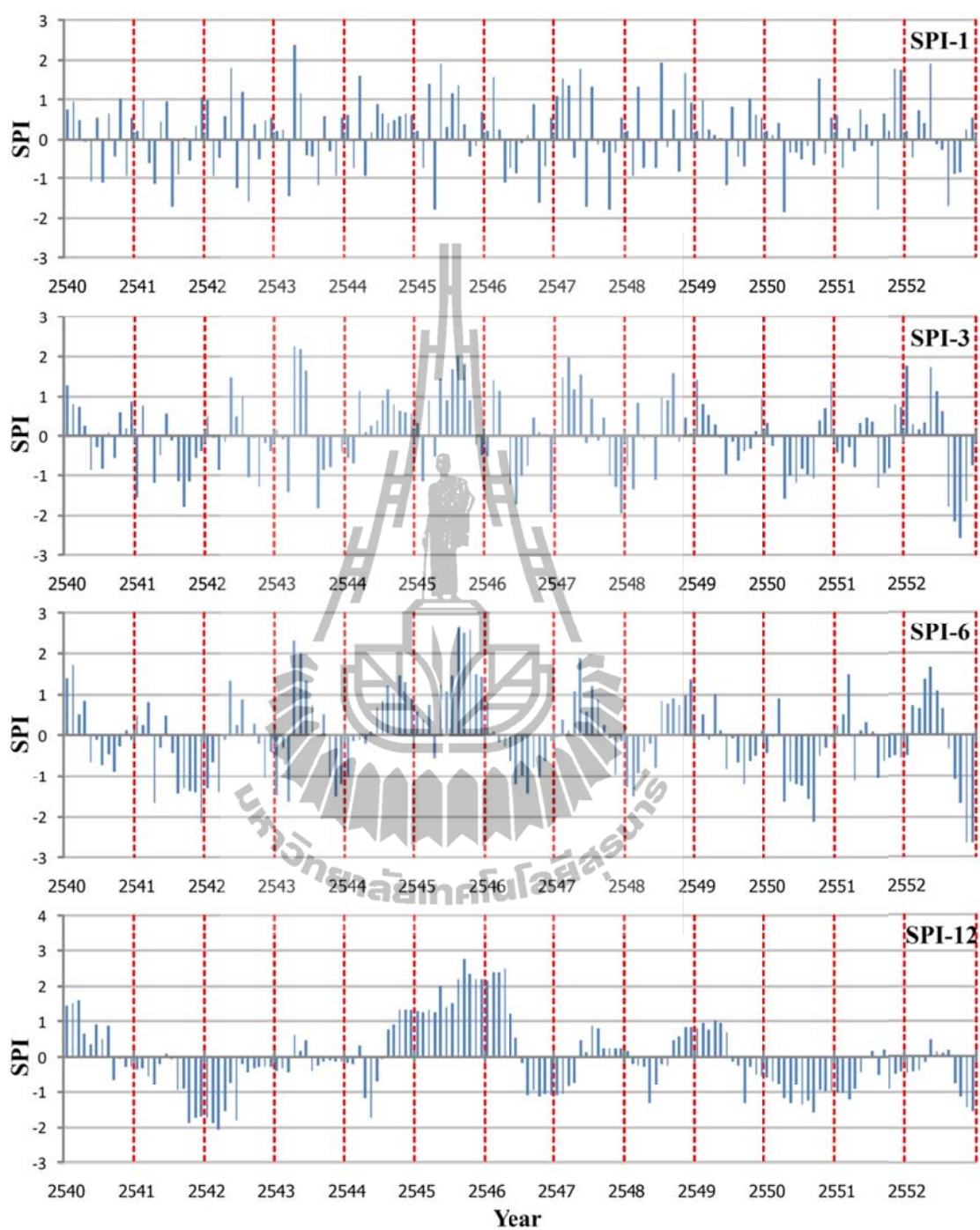
ภาพที่ ก-3 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดอุดรธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



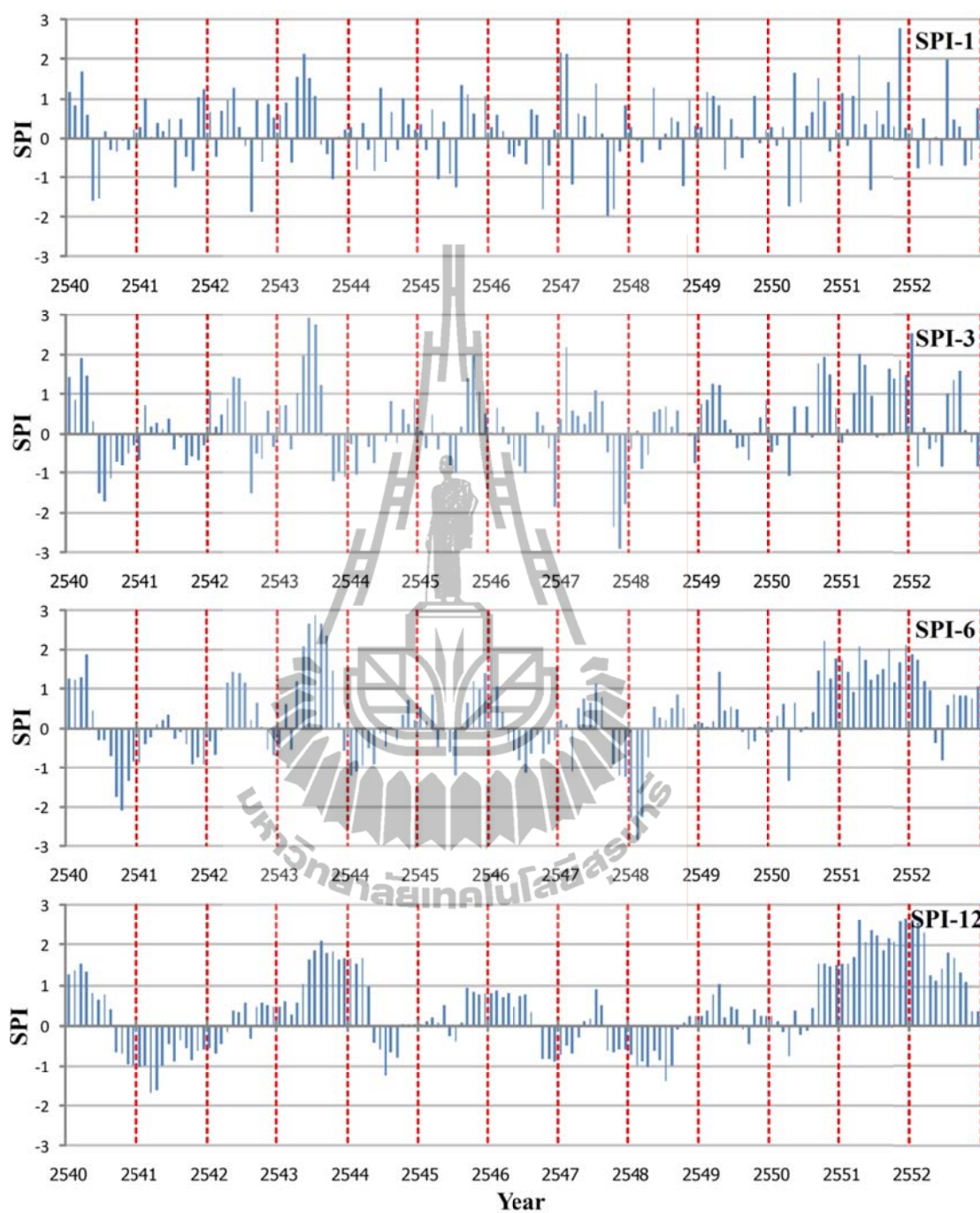
ภาพที่ ก-4 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดนครพนม ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



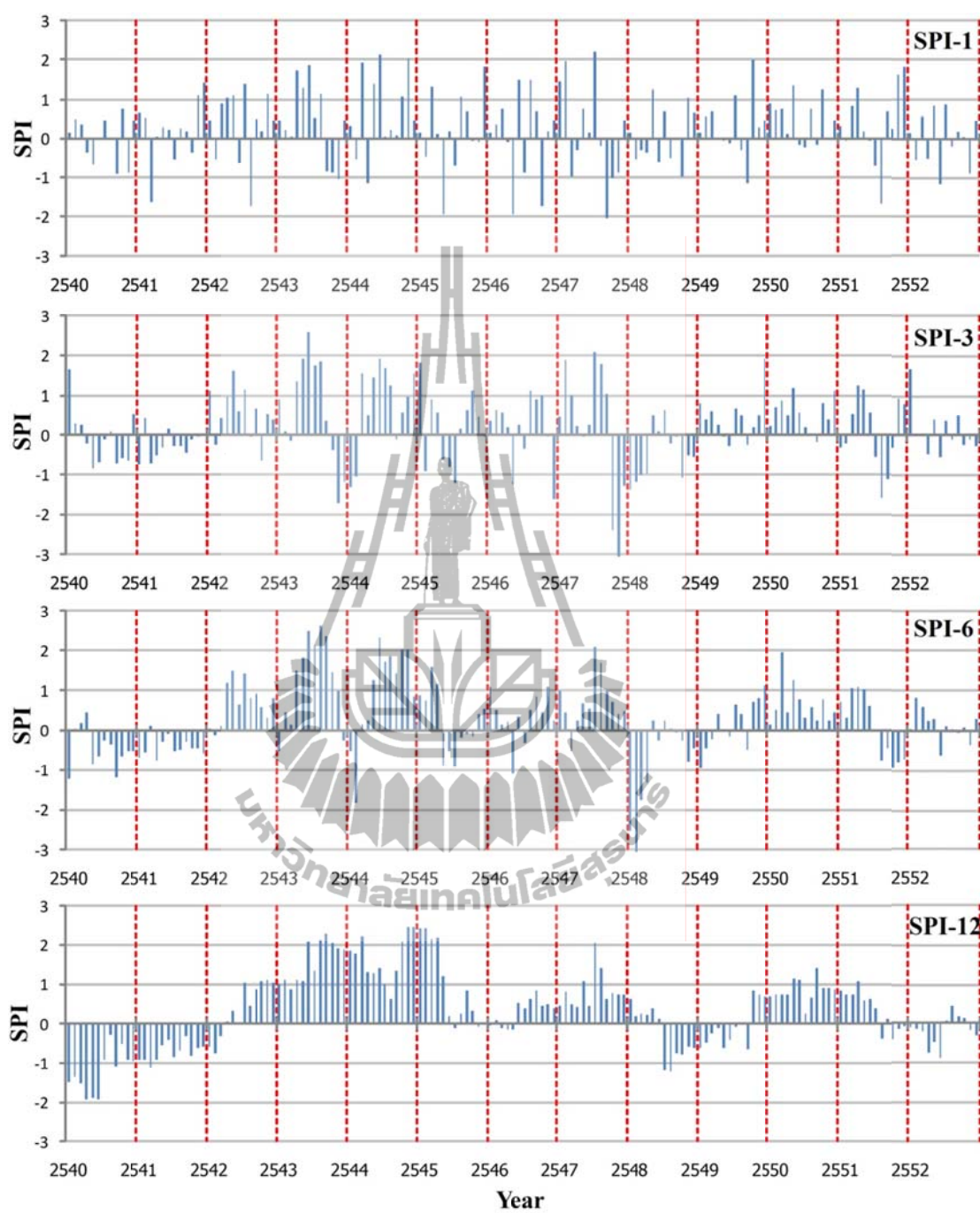
ภาพที่ ก-5 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดขอนแก่น ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



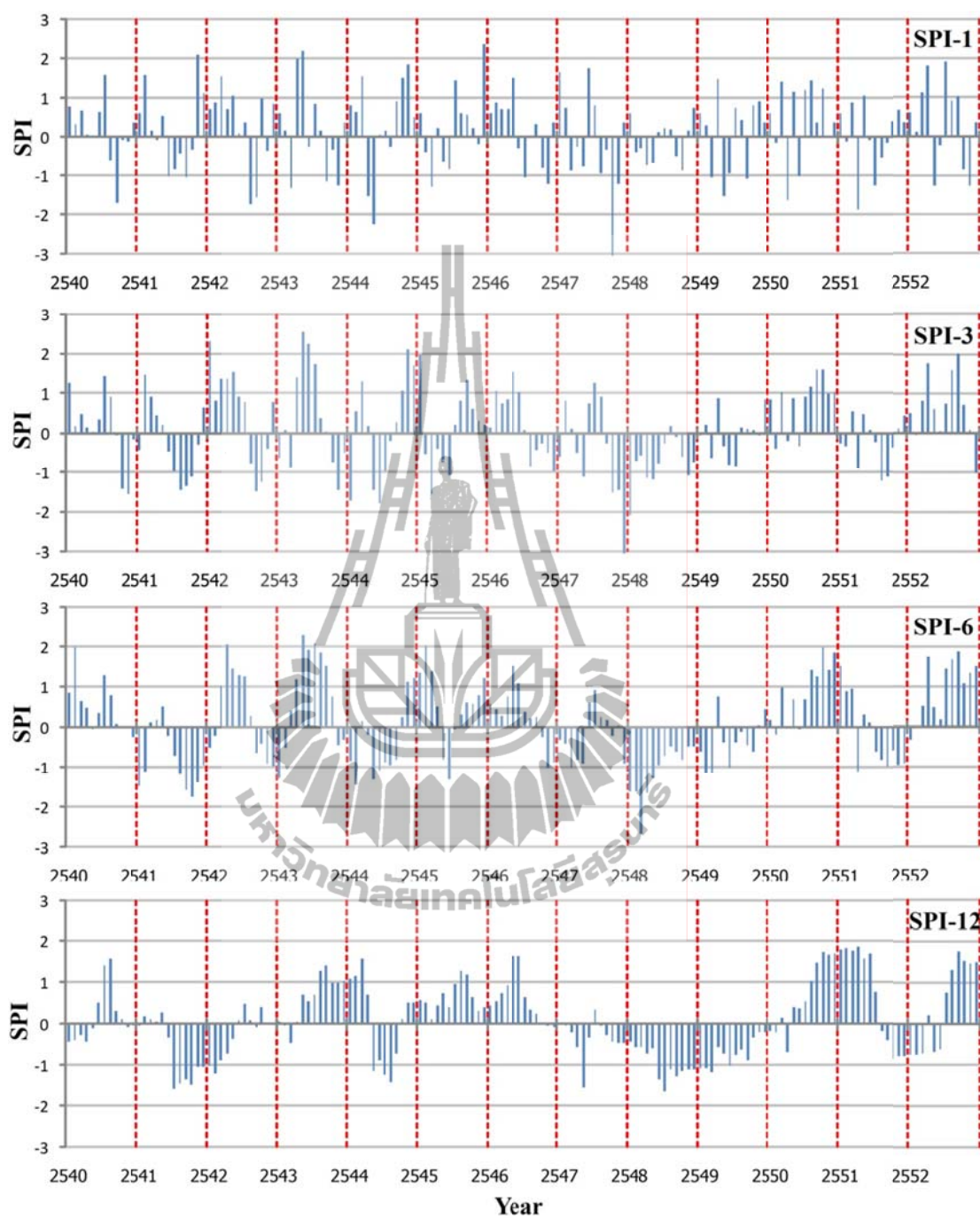
ภาพที่ ก-6 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก จังหวัดมุกดาหาร ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



ภาพที่ ก-7 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552

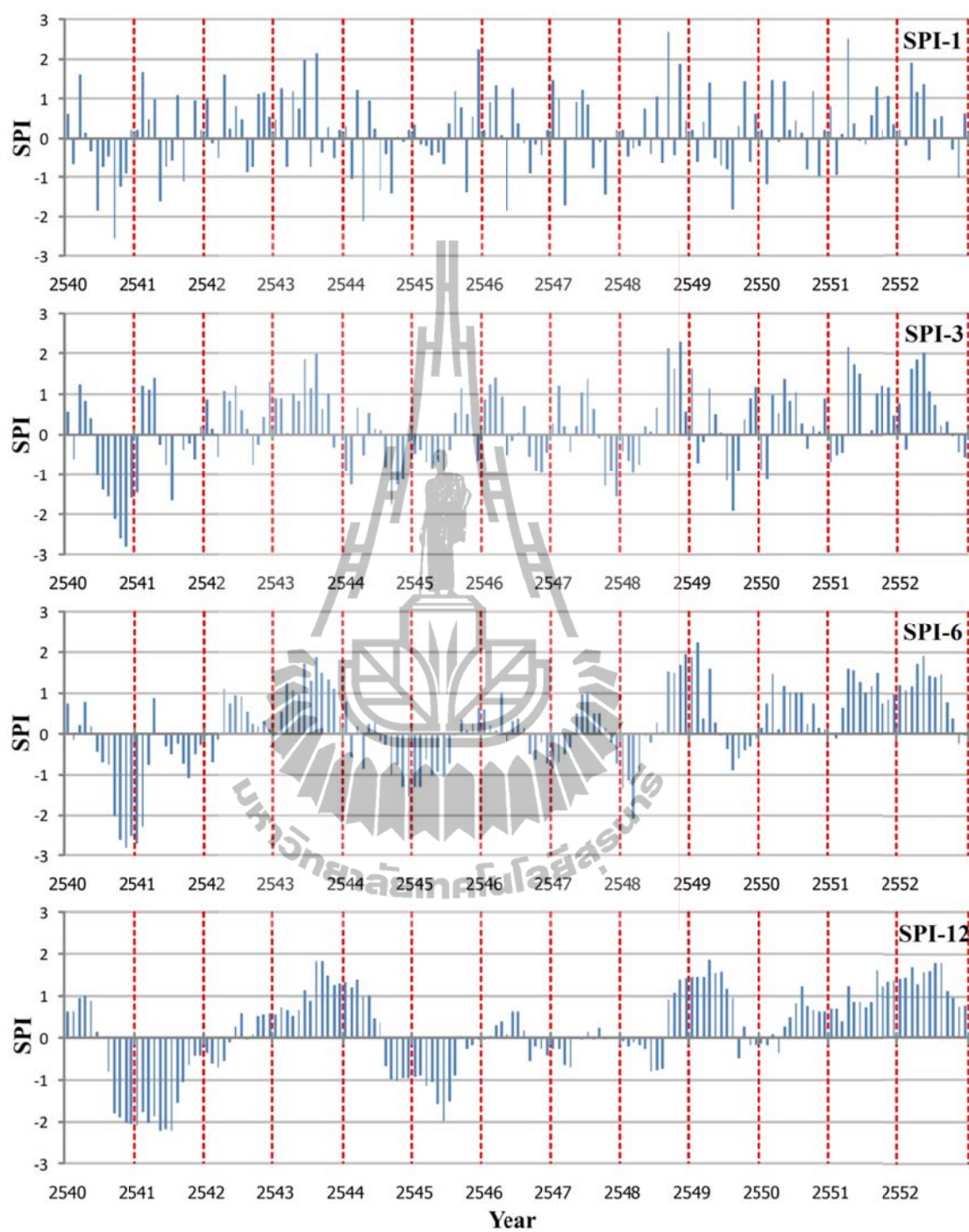


ภาพที่ ก-8 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก จังหวัดร้อยเอ็ด ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552

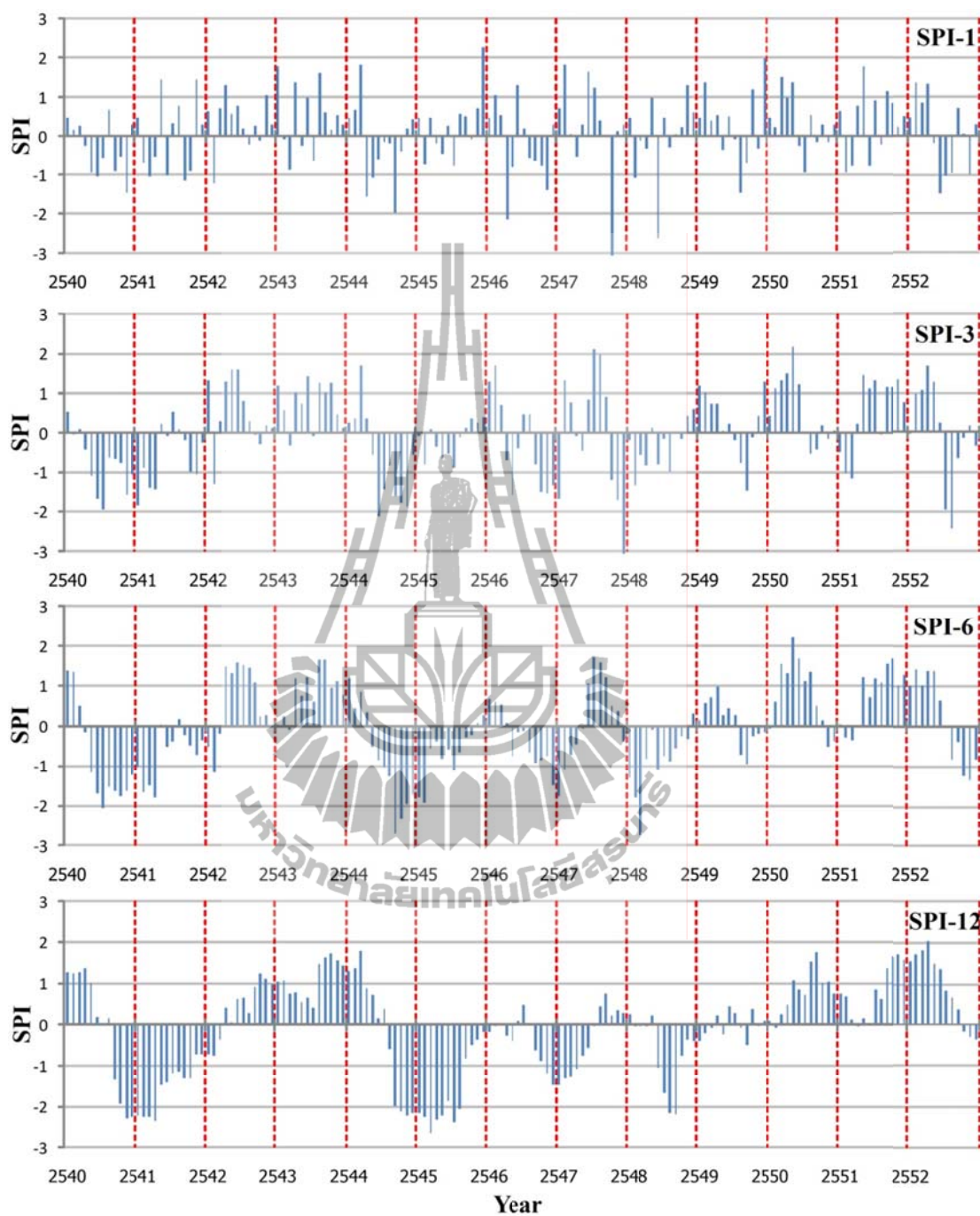


ภาพที่ ก-9 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก จังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552

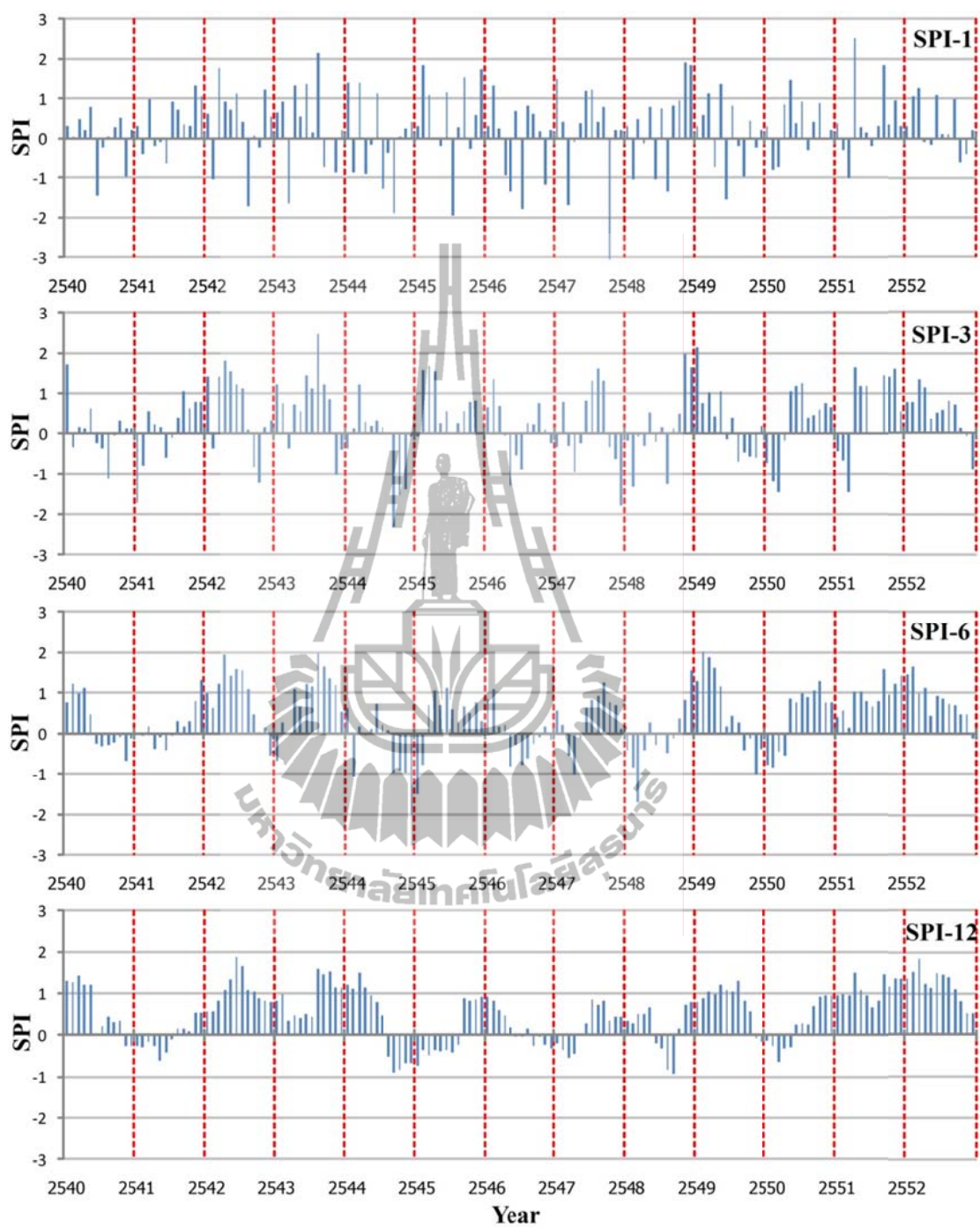




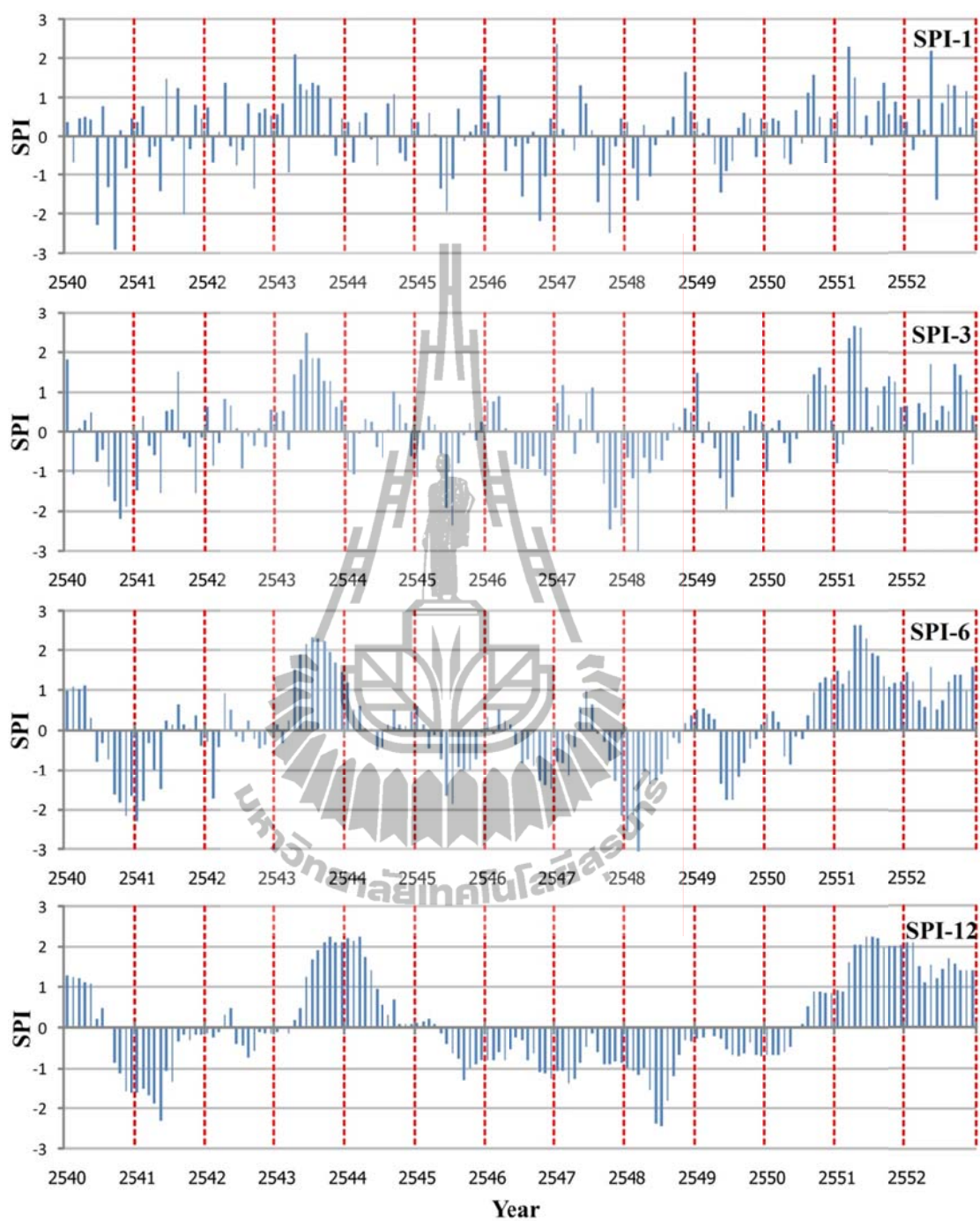
ภาพที่ ก-10 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



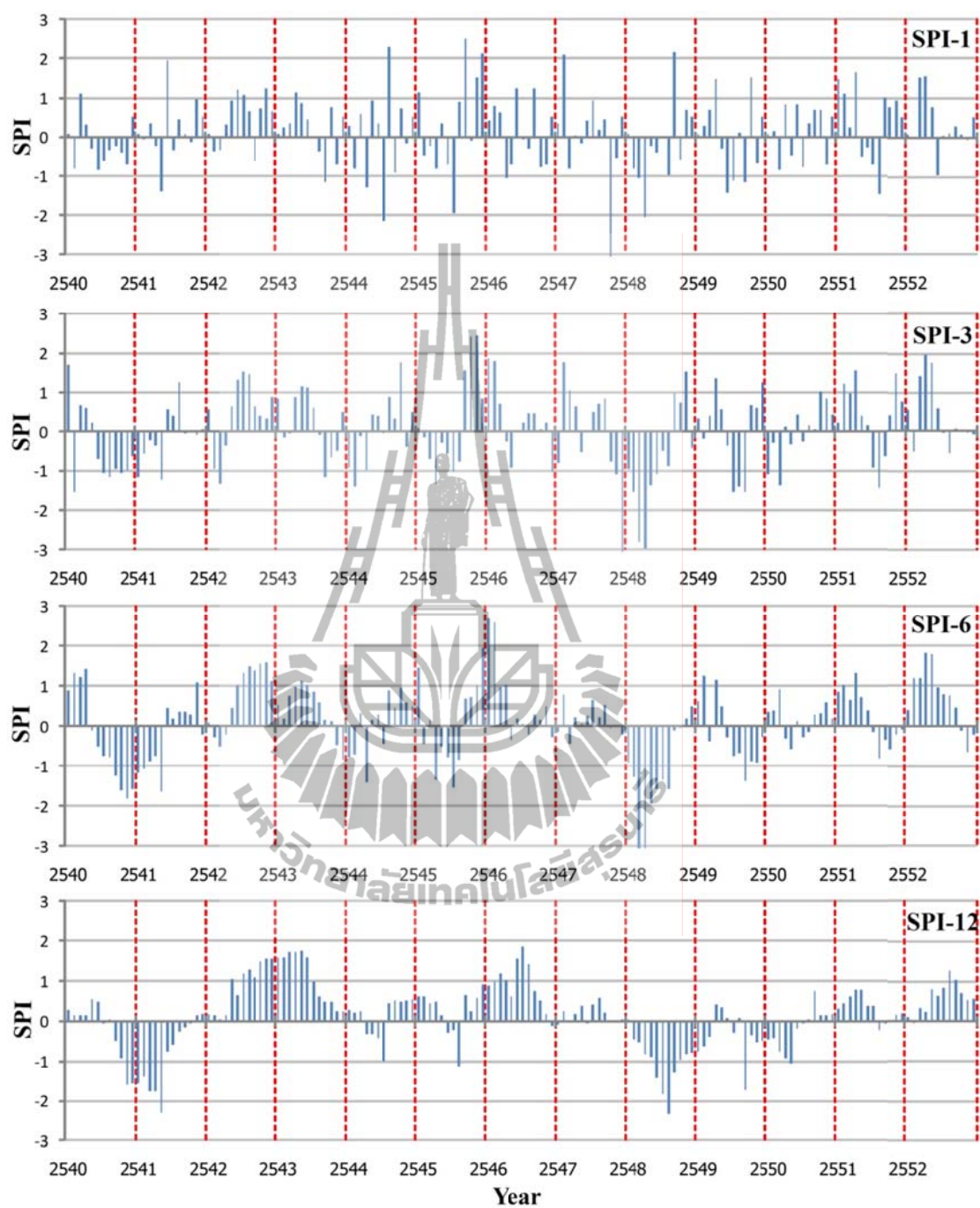
ภาพที่ ก-11 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



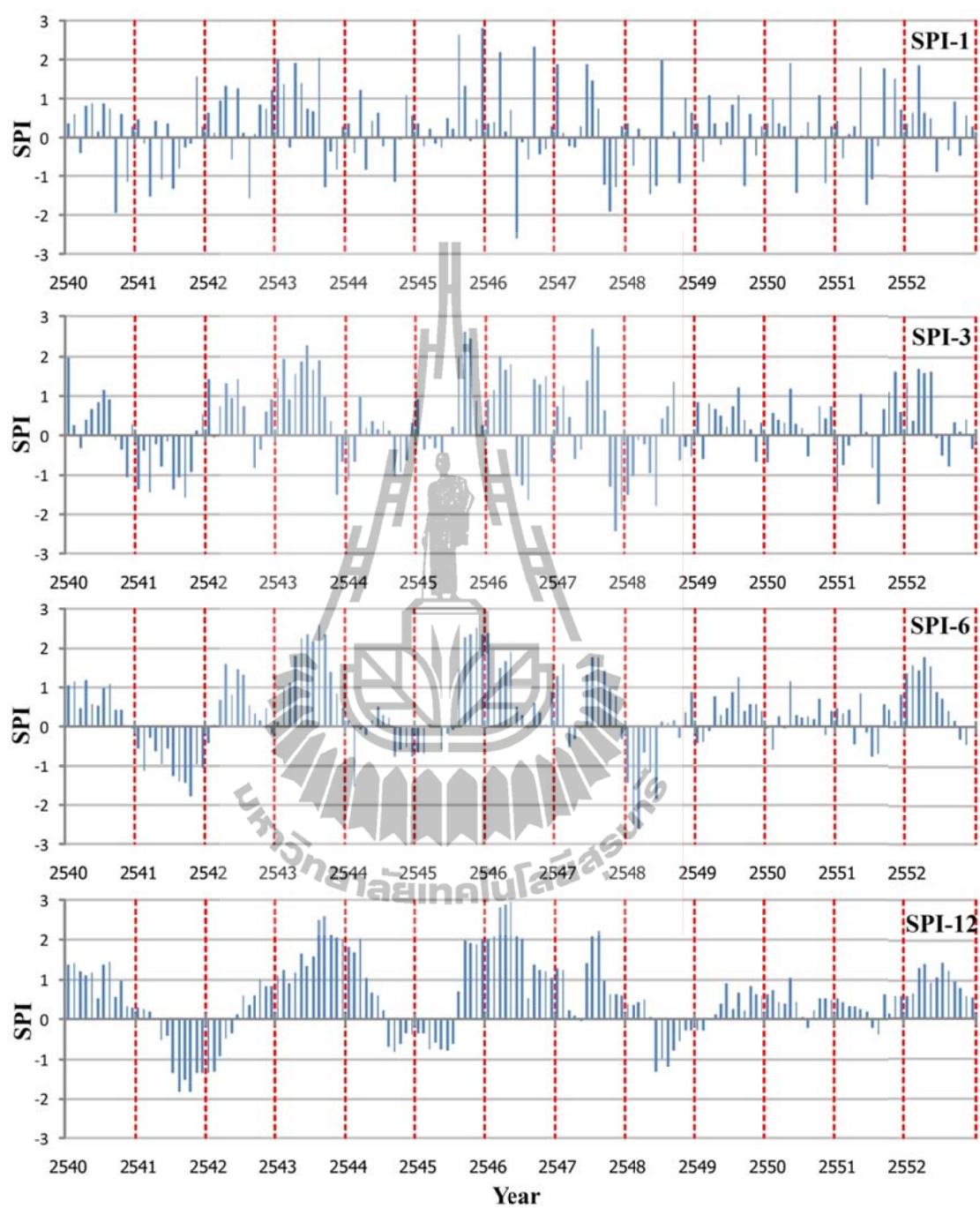
ภาพที่ ก-12 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
อำเภอหนอง จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



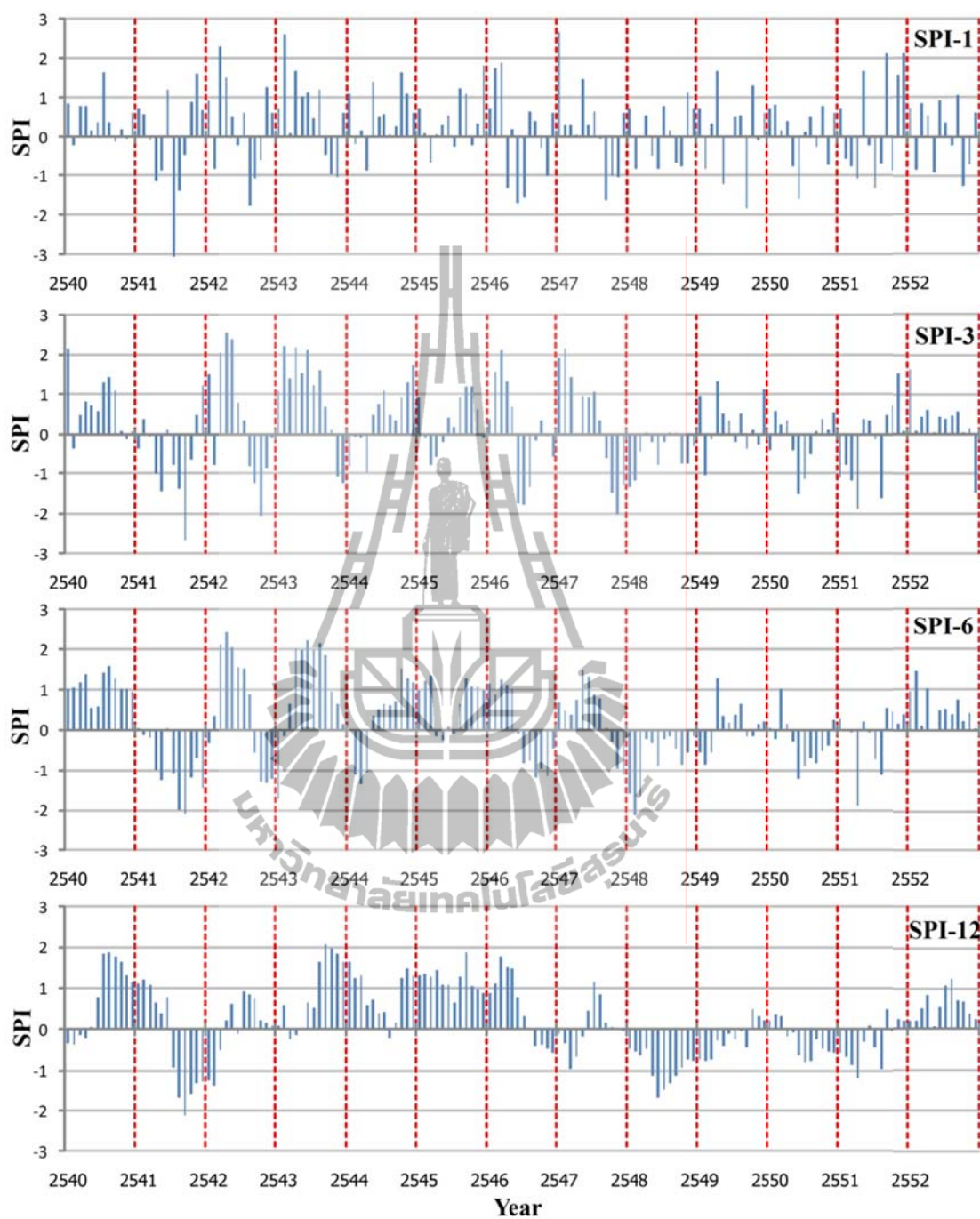
ภาพที่ ก-13 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก จังหวัดชัยภูมิ ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



ภาพที่ ก-14 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
จังหวัดเลย ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



ภาพที่ ก-15 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุณิยมวิทยาหลัก จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552



ภาพที่ ก-16 การเปลี่ยนแปลงของค่า SPI-1 SPI-3 SPI-6 และ SPI-12 ในสถานีอุตุนิยมวิทยาหลัก  
อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2552

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายอนุชิต พัคฆิน  
วันเดือนปีเกิด 2 เมษายน 2526  
สถานที่เกิด 230/175 หมู่ที่ 5 ถนนเลียงเมือง ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมือง  
จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84000  
ประวัติการศึกษา  
พ.ศ. 2547 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์)  
มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

### ผลการนำเสนองาน

อนุชิต พัคฆิน และสุวิทย์ อ่องสมหวัง. (2553). การติดตามภัยแล้งทางด้านการเกษตรใน  
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจากข้อมูล NOAA-AVHRR การประชุม  
วิชาการ เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2553. อิมแพ็ค คอน  
เวนชั่น เซ็นเตอร์ เมืองทองธานี นนทบุรี ประเทศไทย.