



## กรมอุตุนิยมวิทยา

๔๓๕๓ ถนนสุขุมวิท บางนา กรุงเทพฯ ๑๐๒๖๐

**METEOROLOGICAL DEPARTMENT**

4353 SUKHUMVIT ROAD, BANGKOK 10260, THAILAND

### เอกสารวิชาการ

การศึกษาแบบจำลองดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่  
ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย  
เทวินทร์ โจมทา

### **A Study of Meteorological Drought Index Model for Drought Areas in Northeastern Thailand**

**THEWIN CHOMTHA**

เอกสารวิชาการเลขที่ ๕๕๑.๕๓๗.๓-๐๑-๒๕๕๐

TECHNICAL DOCUMENT No. 551.577.3-01-2007

ISBN : 978-974-9616-40-5

**การศึกษาแบบจำลองดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่  
ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**

**A Study of Meteorological Drought Index Model  
for Drought Areas in Northeastern Thailand**

นายเทวินทร์ โจมทา  
กลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร  
สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา  
พฤศจิกายน ๒๕๔๖

MR. THEWIN CHOMTHA  
AGROMETEOROLOGICAL ACADEMIC GROUP  
METEOROLOGICAL DEVELOPMENT BUREAU  
NOVEMBER 2006

## บทคัดย่อ

การศึกษาแบบจำลองดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นการวิเคราะห์ห้วงเวลาแบบจำลองดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา Palmer Drought Severity Index (PDSI), Standardized Precipitation Index (SPI), Aridity Anomaly Index (AI) และ The Meteorological Drought Index (D) ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 – 2545 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในปี 2536 และ 2541 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่งและสองตามลำดับ และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันทางสถิติ สำหรับในปี 2536 ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเมทริกซ์ (Matrix Correlations Coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันมากที่สุดระหว่างค่าดัชนี PDSI กับ AI เท่ากับ 0.657 สำหรับค่าดัชนี SPI นั้นมีความสัมพันธ์กันกับค่าดัชนีชนิดอื่นๆ ค่อนข้างน้อย ยกเว้นเฉพาะในกลุ่มของ SPI ด้วยกันเท่านั้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดคือระหว่างค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าเท่ากับ 0.983 ส่วนในปี 2541 ระหว่างค่าดัชนี PDSI กับ D มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.516

การจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัดทางอุตุนิยมวิทยา PDSI, SPI, AI และ D โดยใช้วิธีการนำเข้าโปรแกรม ArcView ซึ่งได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะของจุด (Point) แล้ว Interpolate ข้อมูลในรูปแบบ Point ให้เป็น Grid Cell ขนาด  $1 \times 1$  ตารางกิโลเมตร ด้วยวิธี Kriging Interpolation ต่อจากนั้น Clip ด้วยแผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตราส่วน 1 : 250,000 แล้วได้ผลลัพธ์และผลผลิตเป็นแผนที่เชิงตัวเลข แสดงขอบเขตพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัดแต่ละชนิด เป็นรายเดือน จำนวน 149 รูป โดยการจัดลำดับแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดจากมากไปหาน้อยตามค่าดัชนีได้ดังนี้คือ AI, D, SPI และ PDSI ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบโดยการซ้อนทับข้อมูลกันด้วยวิธีคะแนนถ่วงน้ำหนัก (Weighting Score Method) พบว่าแผนที่แสดงความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ให้ค่าใกล้เคียงกับแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด แต่ให้ค่าที่แสดงความรุนแรงของความแห้งแล้งในระดับที่สูงมากเกินกว่าที่เป็นจริง ซึ่งจะต้องปรับเกณฑ์ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI นี้ให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยก่อนนำไปใช้

## Abstract

A study of meteorological drought index model for drought areas in northeastern Thailand. These indices are Palmer Drought Severity Index (PDSI), Standardized Precipitation Index (SPI), Aridity Anomaly Index (AI) and The Meteorological Drought Index (D), and were analyzed by using last ten year data from 1993 to 2002. The statistical analysis results indicate that it was extremely drought in 1993, the next was in 2001. The matrix correlation coefficient in 1993 was significantly equal to 0.01 where PDSI and AI was the most relative and its ration was equal to 0.657. SPI was less relative to other indices except between SPI indices. The maximum matrix correlation coefficient was between SPI9 and SPI12. It was equal to 0.983. In 2001, PDSI and D index was the most relative. Its ratio was about 0.516.

Maps of drought area classified by meteorological drought indices; PDSI, SPI, AI and D, were produced by using ArcView program to generate point spatial data. Then it was interpolated to be raster data on 1 x 1 square kilometer grid cells by Kriging interpolation method. The raster data was clipped with 1:250,000 scale map of NE region to produce 149 digital maps which illustrate monthly drought areas by each meteorological drought index. The extreme severity maps of drought area were classified into AI, D, SPI and PDSI respectively. Moreover, the overlay function by weighting score method is indicated that the AI drought map is similar to the map of risky drought area the most, but the AI value is still higher than the real situation. Therefore, AI map must be adjusted and verified for weather condition in Thailand before applying.

# สารบัญเรื่อง

	หน้า
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความสำคัญของการวิเคราะห์หิววิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิเคราะห์หิววิจัย	2
1.3 เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิเคราะห์หิววิจัยมาก่อน	2
1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์หิววิจัย	3
1.5 วิธีการวิเคราะห์หิววิจัย	18
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	20
<b>บทที่ 2 ข้อมูลและวิธีดำเนินการ</b>	21
2.1 ข้อมูลและวิธีดำเนินการ	21
2.1.1 ข้อมูล	21
2.1.2 วิธีดำเนินการ	21
ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูล	21
ขั้นตอนที่ 2 ค่าดัชนี PDSI และ AI	22
ขั้นตอนที่ 3 ค่าดัชนี SPI และ D	23
ขั้นตอนที่ 4 แผนที่เชิงตัวเลขแสดงค่าดัชนี PDSI, SPI, AI และ D	25
ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแห้งแล้ง	26
2.2 ผลการวิเคราะห์หิววิจัย	26
2.2.1 ค่าดัชนี PDSI	26
2.2.2 ค่าดัชนี SPI	27
2.2.3 ค่าดัชนี AI	30
2.2.4 ค่าดัชนี D	30
2.3 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้ง	33
2.3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI	34
2.3.2 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI	37
2.3.3 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI	43
2.3.4 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D	44
2.3.5 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งที่เหมาะสม	45
<b>บทที่ 3 บทวิจารณ์</b>	50
3.1 ข้อวิจารณ์ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา	50
3.2 ข้อวิจารณ์ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง	50
3.3 ข้อวิจารณ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	53

	หน้า
3.4 ข้อวิจารณ์แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้ง	54
<b>บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ</b>	57
4.1 สรุป	57
4.2 ข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก	63

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. Drought Classification by PDSI value	6
2. Drought Classification by SPI value	11
3. Aridity Anomaly Index (AI)	12
4. Drought standards by D index	17
5. ค่าดัชนี PDSI เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	22
6. ค่าดัชนี AI เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	23
7. ค่าดัชนี SPI3 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	24
8. ค่าดัชนี D เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	25
9. Weighting Score Method	26
10. Drought Categories for PDSI index Period 1993 – 1997	27
11. Drought Categories for PDSI index Period 1998 – 2002	27
12. Drought Categories for SPI3 index Period 1993 – 1997	27
13. Drought Categories for SPI3 index Period 1998 – 2002	28
14. Drought Categories for SPI6 index Period 1993 – 1997	28
15. Drought Categories for SPI6 index Period 1998 – 2002	28
16. Drought Categories for SPI9 index Period 1993 – 1997	29
17. Drought Categories for SPI9 index Period 1998 – 2002	29
18. Drought Categories for SPI12 index Period 1993 – 1997	29
19. Drought Categories for SPI12 index Period 1998 – 2002	29
20. Drought Categories for AI index Period 1993 – 1997	30
21. Drought Categories for AI index Period 1998 – 2002	30
22. Drought Categories for D index Period 1993 – 1997	31
23. Drought Categories for D index Period 1998 – 2002	31
24. Matrix Correlations Coefficient 1993	32
25. Matrix Correlations Coefficient 1998	32
26. Matrix Correlations Coefficient February 1993	33
27. Matrix Correlations Coefficient December 1993	33

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. Drought Impacts	4
2. PDSI Value	6
3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความผิดปกติของความชื้นดิน "z" กับความนานของระยะเวลา	8
4. ตัวอย่างการแปลงจาก Gamma Distribution เป็น Normal Standard Distribution	10
5. แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	34
6. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI เดือนกุมภาพันธ์ 2536	35
7. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI เดือนธันวาคม 2536	36
8. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 เดือนกุมภาพันธ์ 2536	37
9. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 เดือนธันวาคม 2536	38
10. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI6 เดือนธันวาคม 2536	39
11. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI9 เดือนธันวาคม 2536	40
12. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI12 เดือนธันวาคม 2536	41
13. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI เดือนกุมภาพันธ์ 2536	42
14. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI เดือนธันวาคม 2536	43
15. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D เดือนกุมภาพันธ์ 2536	44
16. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D เดือนธันวาคม 2536	45
17. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก เดือนกุมภาพันธ์ 2536	47
18. แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก เดือนธันวาคม 2536	48
19. แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง	49

## สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวกที่	หน้า
1. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี PDSI ปี 2536 (1993)	64
2. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI3 ปี 2536 (1993)	65
3. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI6 ปี 2541 (1998)	67
4. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI9 ปี 2536 (1993)	69
5. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI12 ปี 2536 (1993)	70
6. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี AI ปี 2541 (1998)	71
7. การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี D ปี 2536 (1993)	73
8. ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งแบบคะแนนถ่วงน้ำหนักเดือนกุมภาพันธ์ 2536	75
9. ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งแบบคะแนนถ่วงน้ำหนักเดือนธันวาคม 2536	76
10. ตารางแสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัด	77
11. พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัดแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก	78
12. ตารางแสดงเนื้อที่เลี้ยงข้าวซาก	79
13. สรุปความเสียหายของจังหวัดที่ประสบภัยแล้ง ปี 2536	80
14. สรุปความเสียหายของจังหวัดที่ประสบภัยแล้ง ปี 2541	81

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของการวิเคราะห์วิจัย

ภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติอย่างหนึ่งที่เกิดขึ้นแล้วจะนำความเสียหายทางเศรษฐกิจ และสังคมมาสู่ประเทศชาติและประชาชนเป็นอย่างมาก ทั้งทางด้านการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค และด้านการเกษตรที่ต้องพึ่งพาธรรมชาติ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าเกษตร และผลิตภัณฑ์แปรรูปทางการเกษตรที่สำคัญในตลาดโลก แต่ในช่วงที่ผ่านมาผลผลิตสินค้าเกษตร ของประเทศลดลง เช่น ในปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2548) การผลิตภาคเกษตรได้รับผลกระทบจากหลาย ปัจจัย ทำให้เกิดปัญหา Supply Shock ในภาคเกษตร โดยบางปัจจัยเป็นผลสืบเนื่องมาตั้งแต่ปลายปี 2547 อาทิ ปัญหาภัยแล้งที่ค่อนข้างรุนแรง ธรณีพิบัติภัย (สึนามิ) และราคาน้ำมันที่สูงขึ้น ซึ่งอาจ กล่าวได้ว่าภัยแล้งมีผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตทางการเกษตร และมีผลกระทบ ทางอ้อม ได้แก่ การทิ้งร้างที่ดินทำกิน การอพยพละทิ้งที่อยู่อาศัยไปหางานทำในเมือง ซึ่งได้ ก่อให้เกิดปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

สำหรับภัยแล้งในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้งและทิ้งช่วง ซึ่งฝนแล้งเป็นภาวะ ปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาลโดยแต่ละปีจะเกิดขึ้นได้ 2 ช่วงได้แก่ช่วง ฤดูหนาวต่อเนื่องถึงฤดูร้อน ซึ่งจะเริ่มจากครึ่งหลังของเดือนตุลาคมเป็นต้นไป บริเวณประเทศไทย ตอนบน (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก) จะมีปริมาณฝนลดลง เป็นลำดับ ยกเว้นภาคใต้ จนกว่าจะย่างเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ซึ่งภัย แล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี และมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงขึ้นเป็นลำดับ ส่วนภัย แล้งอีกช่วงหนึ่งมักเกิดขึ้นในช่วงกลางฤดูฝน คือ ประมาณปลายเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม จะมี ฝนทิ้งช่วง ซึ่งอาจเกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่น หรือบางบริเวณ แต่บางครั้งก็อาจครอบคลุมพื้นที่กว้างเกือบ ทั่วประเทศ โดยเฉพาะภัยแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มความรุนแรงขึ้น ตาม สภาวะของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยรวมของโลก ที่มีความแปรปรวนและมีความ ซับซ้อนที่ส่งผลกระทบต่อถึงกันมากขึ้นเป็นลำดับ ความเสียหายที่เกิดขึ้นคงจะไม่ได้เกิดเฉพาะกับชีวิต และทรัพย์สินของประชาชน รวมทั้งสาธารณูปโภคของรัฐเท่านั้น แต่จะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ โดยรวมของประเทศ ที่เกี่ยวพันเป็นลูกโซ่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยเฉพาะด้านการเกษตรกรรมและด้านเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง การจัดการปัญหาภัยแล้ง เนื่องจากการ มีปริมาณฝนตกน้อยผิดปกติที่เกิดตามธรรมชาตินั้น เราคงไม่สามารถจะป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายได้ทั้งหมดอย่างแน่นอน แต่จะอย่างไรให้ความเสียหายที่จะเกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้น

เกิดขึ้นน้อยที่สุด การบริหารจัดการลุ่มน้ำต่างๆ ของประเทศที่มีปัญหาจากภัยแล้ง สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเชิงพื้นที่ มาเป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเฝ้าระวัง การคาดการณ์ และการเตือนภัยในเชิงรุก เพื่อการเตรียมการป้องกันความเสียหายจากภัยแล้ง และเตรียมความพร้อมในการเผชิญกับสภาพความแห้งแล้งเพื่อลดหรือบรรเทาผลเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น ในพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (SRS) เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศเชิงพื้นที่ปัจจุบัน ที่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพอย่างมากต่อการจัดทำฐานข้อมูล การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การคาดการณ์ และจัดทำแบบจำลองในการบริหารจัดการกับปัญหาในพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งซ้ำซากอยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสามารถใช้โปรแกรม ArcGIS มาประยุกต์ใช้ ซึ่งเมื่อนำกรอบแนวคิดทางทฤษฎีพื้นฐานในเชิงวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพื้นที่ประสบภัยแล้ง มาเป็นหลักการในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และจัดทำแบบจำลอง และแนวคิดในเชิงประยุกต์ดังกล่าวนี้ จะทำให้เห็นสภาพพื้นที่ประสบภัยแล้งได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งจะสามารถนำมาวิเคราะห์ศึกษาเปรียบเทียบและดำเนินการแก้ปัญหาพื้นที่แล้งซ้ำซากในเชิงรุกต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิเคราะห์วิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยการศึกษาวิจัยแบบจำลองดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา
2. เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์กันระหว่างดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งชนิดต่าง ๆ โดยนำแผนที่เชิงตัวเลขที่แสดงขอบเขตพื้นที่ประสบภัยแล้งมาซ้อนทับกัน ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาในระดับจังหวัด บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสถานีอุตุนิยมวิทยาตั้งอยู่ และมีข้อมูลสารประกอบอุตุนิยมวิทยารายวัน และรายเดือน ครอบคลุมสมบูรณ ได้แก่ ความยาวนานแสงแดด ปริมาณฝน อุณหภูมิอากาศสูงสุด-ต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความเร็วลม ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 – 2545

### 1.3 เนื้อหาของเรื่องที่เคยมีผู้ทำการวิเคราะห์วิจัยมาก่อน

สมชาย ใบม่วง และคณะ (2548) ได้ทำการวิจัยดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา เรื่อง Meteorological Drought Classification basing on Using Normalized Difference Vegetative Index เป็นการจำแนกความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาโดยใช้วิธีการ Palmer Index ที่เกี่ยวกับการศึกษาในเรื่องสมดุลน้ำ (Water Balance) โดยนำค่าศักยภาพการคายระเหย (Potential Evapotranspiration) เข้ามาเกี่ยวข้อง และวิธีจำแนกความแห้งแล้งโดยใช้ค่าดัชนีความแตกต่างพืช (Normalized Difference Vegetative Index : NDVI) ซึ่งเป็นการผสมผสานกันของวิชาการด้านอุตุนิยมวิทยาเกษตรกับเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) และสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ที่นำมารวมกันเพื่อจัดทำแผนที่มาตรฐาน กำหนดขอบเขตความแห้งแล้งที่อาจจะเกิดขึ้นในบริเวณต่างๆ ของประเทศไทย โดยสามารถแบ่งจำแนกความรุนแรงของความแห้งแล้งในระดับต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

ชลาลัย แจ่มผล (2547) ได้ศึกษาความรุนแรงของความแห้งแล้งในประเทศไทย เป็นการวิเคราะห์ความแห้งแล้งโดยวิธี Standardized Precipitation Index (SPI) ซึ่งเป็นดัชนีที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ติดตามและบอกถึงความแห้งแล้งในช่วงเวลาต่างๆ ที่กำหนด พบว่าในช่วง 3 เดือน ปีที่มีความแห้งแล้งปานกลาง แห้งแล้งรุนแรงและแห้งแล้งที่สุด มากที่สุดได้แก่ ปี 2523 2522 2537 2502 และ 2498 ตามลำดับ และในช่วง 6 เดือน ปีที่มีความแห้งแล้งปานกลาง แห้งแล้งรุนแรงและแห้งแล้งที่สุด มากที่สุดได้แก่ ปี 2526 2522 2535 2503 2523 2541 และ 2506 ตามลำดับ ส่วนในช่วง 12 เดือน ปีที่มีความแห้งแล้งปานกลาง แห้งแล้งรุนแรงและแห้งแล้งที่สุด มากที่สุดได้แก่ ปี 2522 2536 2535 2503 2520 2541 และ 2540 ตามลำดับ

### 1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์วิจัย

ภัยแล้ง หมายถึง ความแห้งแล้งของลมฟ้าอากาศ อันเกิดจากการที่มีฝนน้อยกว่าปกติ หรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล เป็นระยะเวลา นานกว่าปกติ และครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ ขาดน้ำ ทำให้ไม่เจริญเติบโตตามปกติเกิดความเสียหายและความอดอยากทั่วไป ความแห้งแล้งเป็นภัยธรรมชาติประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย เพราะเป็นบริเวณที่อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เข้าไปไม่ถึง ทำให้เกิดความอดอยากเรื้อรังขึ้น ซึ่งหากปีใดที่ไม่มีพายุเคลื่อนผ่านเลยก็จะก่อให้เกิดความแห้งแล้งรุนแรงมากขึ้น อันเนื่องมาจากฝนทิ้งช่วงยาวนาน โดยภัยแล้งที่เกิดขึ้นทุกปีจะอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนต่อเนื่องถึงเดือนกรกฎาคม ในช่วงดังกล่าวพืชไร่ที่เพาะปลูกจะขาดน้ำได้รับความเสียหายมนุษย์-สัตว์ขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพรวมถึงด้านเศรษฐกิจและสังคม ทั้งนี้ความรุนแรงจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย

ด้าน เช่น ความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ระยะเวลาที่เกิดความแห้งแล้ง และขนาดของพื้นที่ที่มีความแห้งแล้ง เป็นต้น

สำหรับภัยแล้งในประเทศไทย ส่วนใหญ่เกิดจากฝนแล้งและทิ้งช่วง ซึ่งฝนแล้งเป็นภาวะปริมาณฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล

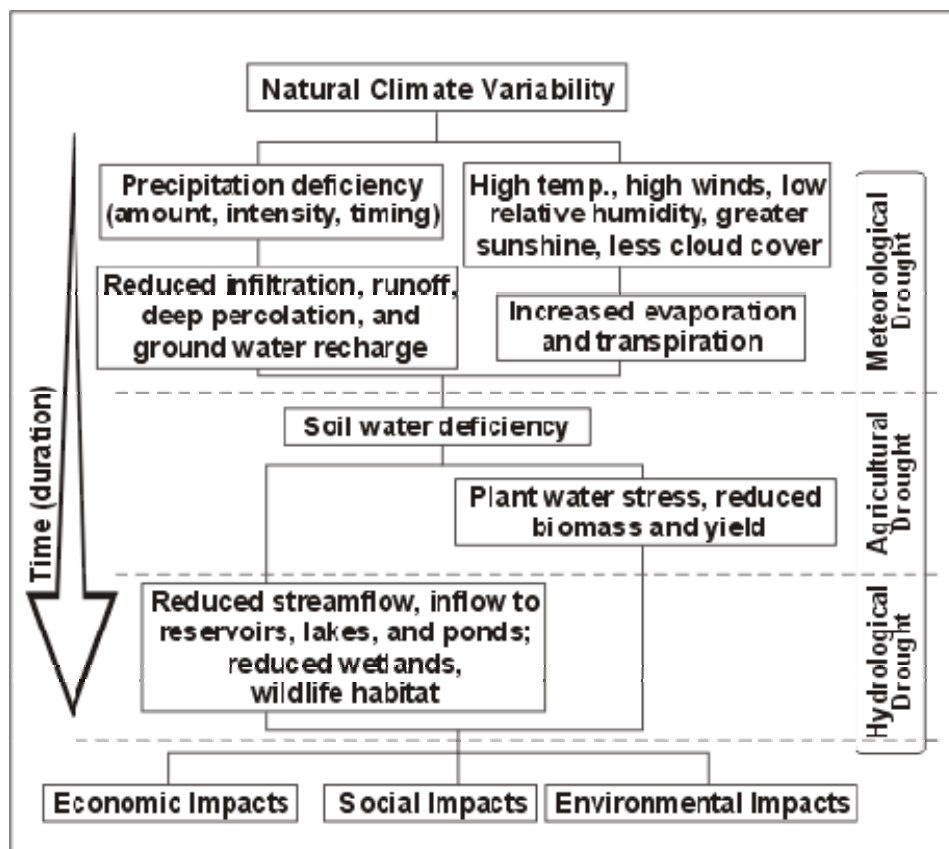
ฝนแล้งมีความหมายตามนิยามด้านต่างๆ ดังนี้

ด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) : ฝนแล้ง หมายถึง สภาวะที่ฝนน้อยหรือไม่มีฝนเลยในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งตามปกติควรจะต้องมีฝน โดยขึ้นอยู่กับสถานที่และฤดูกาล ณ ที่นั้นๆ ด้วย

ด้านเกษตรกรรม (Agricultural Drought) : ฝนแล้ง หมายถึง สภาวะการขาดแคลนน้ำของพืช

ด้านอุทกวิทยา (Hydrological Drought) : ฝนแล้ง หมายถึง สภาวะที่ระดับน้ำผิวดิน และใต้ดินลดลง หรือน้ำในแม่น้ำ ลำคลองลดลง

ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics Drought) : ฝนแล้ง หมายถึง สภาวะการขาดแคลนน้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจในภูมิภาค



รูปที่ 1 Drought Impacts

ที่มา : © 2006 National Drought Mitigation Center

(<http://drought.unl.edu/whatis/concept.htm>)

ความรุนแรงของฝนแล้งแบ่งได้ดังนี้

- 1.ภาวะฝนแล้งอย่างเบา
- 2.ภาวะฝนแล้งปานกลาง
- 3.ภาวะฝนแล้งอย่างรุนแรง

ที่มา : กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

(<http://www.environment.in.th/evdb/info/diaster/disaster09.html>)

ฝนทิ้งช่วง (Dry Spell) หมายถึง ช่วงที่มีปริมาณฝนตกไม่ถึงวันละ 1 มิลลิเมตร ติดต่อกันเกิน 15 วัน ในช่วงฤดูฝนเดือนที่มีโอกาสเกิดฝนทิ้งช่วงสูง คือ เดือนมิถุนายนและกรกฎาคม

ภัยแล้งในประเทศไทยจะเกิดใน 2 ช่วง ได้แก่

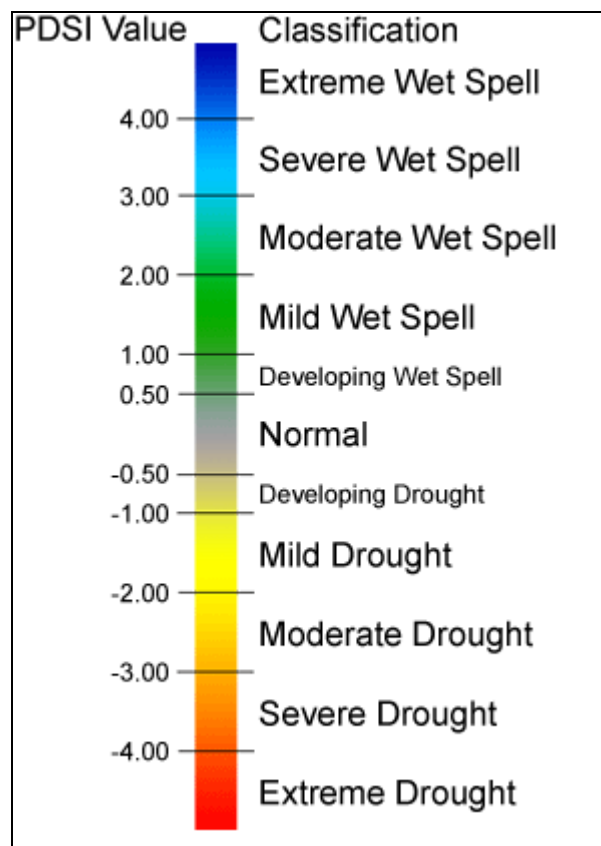
1.ช่วงฤดูหนาวต่อเนื่องถึงฤดูร้อน ซึ่งเริ่มจากครึ่งหลังของเดือนตุลาคมเป็นต้นไป บริเวณประเทศไทยตอนบน (ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก) จะมีปริมาณฝนลดลงเป็นลำดับจนกระทั่งเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ซึ่งภัยแล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี

2.ช่วงกลางฤดูฝน ประมาณปลายเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม จะมีฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้น ภัยแล้งลักษณะนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะท้องถิ่นหรือบางบริเวณ บางครั้งอาจครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างเกือบทั่วประเทศ

Palmer (1965) ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งของ Palmer (Palmer Drought Severity Index : PDSI) ซึ่งค่าดัชนีของ Palmer พัฒนามาจากความแห้งแล้งทางด้านอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Drought) โดยนักอุตุนิยมวิทยาชาวอเมริกัน W.C. Palmer แต่วิธีการนั้นค่อนข้างจะครอบคลุมองค์ประกอบทางด้านวัฏจักรของน้ำในระดับหนึ่ง จึงถือว่าเกี่ยวข้องกับ ความแห้งแล้งทางด้านอุทกวิทยา (Hydrological Drought) ด้วย นอกจากนี้ก็ยังมีเปรียบเทียบข้อมูลผลกระทบที่เกิดจากภัยแล้ง ดังนั้นค่าดัชนีนี้จึงน่าจะสะท้อนความแห้งแล้งทางการเกษตร (Agricultural Drought) ได้ดีพอควร ดัชนีของ Palmer คำนวณโดยอาศัยการจำลองรูปแบบของความชื้นในดินที่เพิ่มเติมลงไปกับที่ต้องการ การคำนวณค่าดัชนีนี้เป็นเรื่องยุ่งยาก ซับซ้อน เนื่องจากต้องใช้ตัวแปรหลายตัวรวมกัน อาทิ เช่น ค่าศักยภาพคายระเหย ความชื้นดิน อุณหภูมิอากาศ ฯลฯ ค่าดัชนี Palmer นี้จะมีประสิทธิภาพสูงหากใช้พิจารณาช่วงความแห้งแล้งที่เกิดเป็นระยะเวลาานานหลายๆ เดือน และจะมีประสิทธิภาพต่ำหากใช้พิจารณาช่วงระยะเวลาเป็นสัปดาห์ โดยกำหนดค่า “0” เป็นค่าปกติ ค่าติดลบ (-) เป็นค่าความแห้งแล้ง จะรุนแรงมากหรือน้อยขึ้นกับค่าตัวเลขนั้น โดยมีความหมายว่า ค่า -2 เป็นแห้งแล้งปานกลาง ค่า -3 เป็นแห้งแล้งรุนแรง ค่า -4 เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด

ตารางที่ 1 Drought Classification by PDSI value

Index	Classification
4.00 or more	Extreme wet
3.00 to 3.99	Severe wet
2.00 to 2.99	Moderately wet
1.00 to 1.99	Slightly wet
0.50 to 0.99	Incipient wet spell
0.49 to -0.49	Near normal
-0.50 to -0.99	Incipient dry spell
-1.00 to -1.99	Mild drought
-2.00 to -2.99	Moderate drought
-3.00 to -3.99	Severe drought
-4.00 or less	Extreme drought



รูปที่ 2 PDSI Value

สมชาย ไบม่วง และคณะ (2548) สำหรับวิธีการคำนวณของ Palmer ที่นำมาใช้จะถูกพัฒนาโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา Visual Basic ที่พัฒนาและเขียนขึ้นเอง โดยใช้แนวทางและวิธีการของ Palmer (Palmer, 1965) โดยมีสมการคำนวณหาค่าดัชนีความแห้งแล้ง Palmer ดังนี้

ปริมาณฝนเกินและฝนขาดแคลน (Precipitation Excesses and Deficiency ; d) คือปริมาณความแตกต่างระหว่างฝนจริงกับฝนที่ควรมีตามสภาพภูมิอากาศของสถานที่ศึกษาของเดือนที่พิจารณาคำนวณได้ตามสมการ

$$d = P - \hat{P} \quad (1)$$

โดย  $P$  คือ ฝนจริง และ  $\hat{P}$  คือ ฝนที่ควรมีตามสภาพภูมิอากาศของสถานที่ศึกษาของเดือนที่พิจารณา

ดัชนีความผิดปกติของความชื้น (Moisture Anomaly Index ; z) เป็นดัชนีที่ Palmer ได้นิยามขึ้นเพื่อเปรียบเทียบความรุนแรงความผิดปกติของความชื้นเดือนต่อเดือน โดยนิยามตามสมการ

$$z = dk \quad (2)$$

โดย  $k$  คือ ค่าคงที่ลักษณะภูมิอากาศ (Climatic Characteristic, k) มีค่าตามสมการ

$$k = \frac{(\overline{PE} + \overline{R})}{(\overline{P} + \overline{L})} \quad (3)$$

โดย  $\overline{P}$  คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนของเดือนที่พิจารณา

$\overline{L}$  คือ ค่าเฉลี่ยของ Loss ของเดือนที่พิจารณา

$\overline{R}$  คือ ค่าเฉลี่ย Recharge ประจำเดือนตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา

$\overline{PE}$  คือ ค่าเฉลี่ยศักย์การคายระเหยของเดือนเดียวกัน

การคำนวณดัชนีความแห้งแล้งปาล์มเมอร์ (Palmer Drought Index ; ค่า X) มีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่าดัชนี "z" ของแต่ละเดือนตลอดช่วงเวลาที่ศึกษาของทุกสถานี
2. หาช่วงที่ค่า "z" มีค่าเป็นลบติดต่อกันและมีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่า "z" สะสมเทียบกับเวลาแล้วมีค่ามากที่สุดของแต่ละสถานี
3. นำค่า "z" สะสมของทุกสถานีในข้อ 1 มาสร้างกราฟการกระจาย (Scatter Plot) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์กับความนานของระยะเวลา (t) ที่เกิดขึ้นจะได้สมการถดถอยเชิงเส้นอยู่ในรูป สมการ

$$\sum Z(t) = mt + n \quad (4)$$

โดย  $m$  และ  $n$  เป็นค่าคงที่

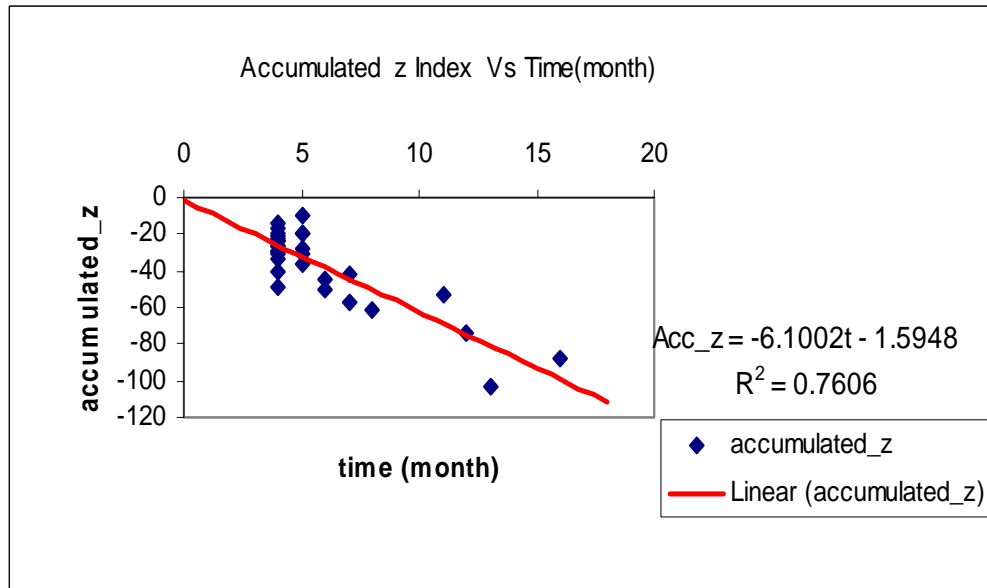
ซึ่งเส้นการเปลี่ยนแปลงค่า "z" สะสม คือ ตัวแทนที่กำหนดค่าดัชนี Palmer (X) มีค่าเท่ากับ -4 ดังนั้นเขียน สมการดัชนี Palmer ได้ในรูป

$$X(t) = \sum z(t)/(pt + q) \quad (5)$$

โดย  $p$  และ  $q$  เป็นค่าคงที่ ที่สะท้อนสภาพภูมิอากาศบริเวณที่ทำการศึกษา ซึ่งในที่นี้คือ ประเทศไทย และจัดสมการใหม่ให้อยู่ในรูป

$$X(t) = cX(t-1) + z(t)/(pt + q) \quad (6)$$

โดย  $c$  คือ ค่าคงที่



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความผิดปกติของความชื้นดิน "z" กับความนานของระยะเวลา

โดยผลการศึกษาวิจัยดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาเรื่อง “Meteorological Drought Classification basing on Using Normalized Difference Vegetative Index” โดย ดร.สมชาย ไบม่วง และคณะ (2548) ที่ได้ก็คือ

$$\sum Z(t) = Acc\_z = -6.1002t - 1.5948 \quad (7)$$

$$R^2 = 0.7606$$

$$t = time(month)$$

$$m = -6.1002$$

$$n = -1.5948$$

$$X(t) = X(t-1) + \frac{z(t)}{1.13} - 1.35X(t-1) \quad (8)$$

นำสมการที่ได้นี้ไปใช้หาค่าดัชนี Palmer ประจำเดือนของแต่ละสถานี ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าดัชนีของ Palmer รายเดือนและรายเดือนเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ. 2525–2545 ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย

McKee et al (1993) ได้พัฒนาวิธี SPI ขึ้นมาเพื่อกำหนดและเฝ้าดูภาวะแห้งแล้ง ปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ ใช้ดัชนีนี้อย่างแพร่หลาย อาทิ เช่น Colorado Climate Center, the Western Regional Center และ National Drought Mitigation Center ใช้ดัชนีนี้เพื่อติดตามความแห้งแล้งในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยธรรมชาติของ SPI จะสามารถวิเคราะห์หาสถานะความแห้งแล้งที่เป็นเหตุการณ์ที่นานๆ จะเกิดครั้ง หรือวิเคราะห์หาสถานะความชุ่มชื้นที่ผิดปกติได้ ณ เวลาที่สนใจ ในช่วงต่างๆ ของสถานที่ใดก็ตามที่มีการตรวจวัดและบันทึกสถิติปริมาณฝนไว้

ชลาชัย แจ่มผล (2547) SPI เป็นดัชนีที่ใช้ข้อมูลปริมาณฝนวิเคราะห์เพียงอย่างเดียว โดยมีแนวคิดมาจากปริมาณฝนสะสมในแต่ละช่วงเวลาที่น่าสนใจ ซึ่งอาจมีตั้งแต่ 1 เดือน 2 เดือน ถึง 24 เดือน หรือจนถึง 72 เดือน ตามปกติแล้วปริมาณฝนโดยทั่วไปจะมีการกระจาย หรือฟังก์ชันการกระจายแจกแจงเป็นแบบแกมมา (Gamma Distribution) แต่เนื่องจาก SPI จะพิจารณาฝนรวมเป็นหลักจึงต้องพิจารณาฟังก์ชันความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability Density Function) ของปริมาณฝนรวม แล้วทำการแปลง (Transform) ให้เป็นค่าปกติมาตรฐาน Z ซึ่งจะได้ค่า SPI ที่ต้องการแล้วนำมาจัดระดับความรุนแรงตามกำหนด

ฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็น

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad ; \text{เมื่อ } x > 0 \quad (9)$$

โดยที่  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$  และ  $x > 0$

$\alpha$  หมายถึง shape parameter

$\beta$  หมายถึง scale parameter

$x$  หมายถึง ปริมาณฝน

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad \text{คือฟังก์ชันการแจกแจงแบบแกมมา} \quad (10)$$

โดยค่าประมาณของ

$\alpha$  และ  $\beta$  คือ

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (11)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (12)$$

และ  $A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$  (13)

เมื่อ  $n$  หมายถึงจำนวนข้อมูลฝน

ฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็นสะสม

$$G(x) = \int_0^x g(x) = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad (14)$$

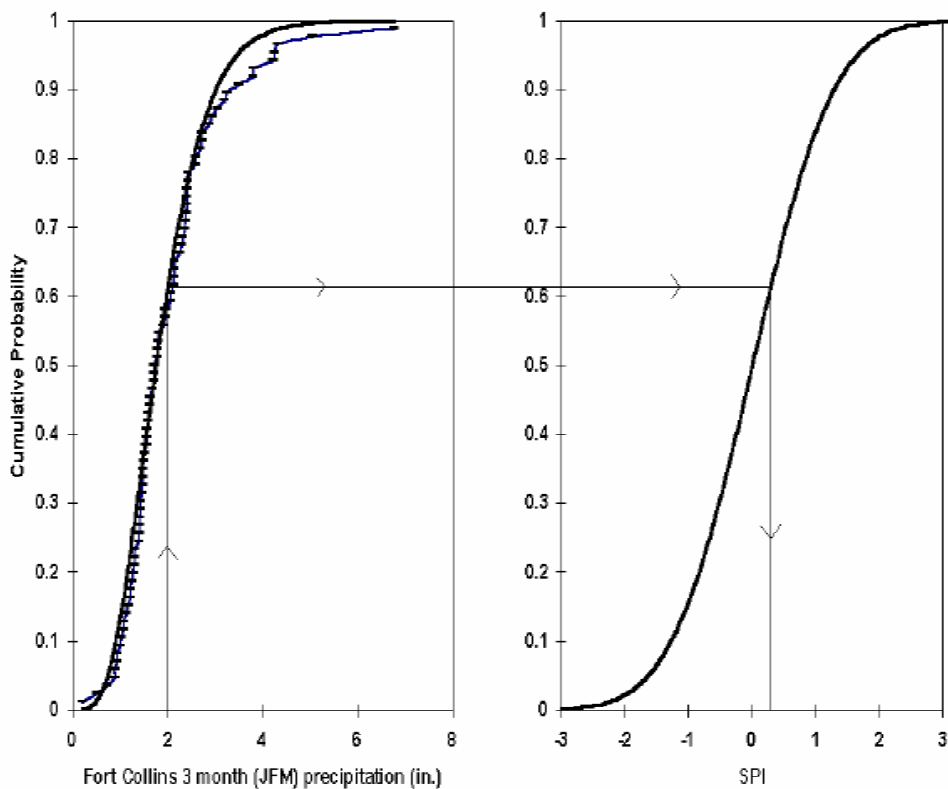
$$t = \frac{x}{\hat{\beta}} \quad (15)$$

$$\text{จะได้ } G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^t t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (16)$$

และเนื่องจาก Gamma function จะหาค่าไม่ได้เมื่อ  $x = 0$  แต่โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณฝนจะมี 0 (ไม่มีรายงานฝนตก) เกี่ยวข้องด้วยเสมอ ดังนั้น ฟังก์ชันหนาแน่นน่าจะเป็นสะสม คือ

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (17)$$

เมื่อ  $q$  คือ ความน่าจะเป็นที่จะไม่มีรายงานฝนตก และประมาณค่า  $q$  ให้เท่ากับ  $m/n$  เมื่อ  $m$  เป็นจำนวนวันที่ไม่มีฝนตก  $n$  หมายถึงจำนวนวันทั้งหมดที่สนใจ จากนั้นทำการแปลง  $H(x)$  ให้เป็นค่าปกติมาตรฐาน ที่มีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน 1 ซึ่งก็คือค่า SPI นั้นเอง



**รูปที่ 4** ตัวอย่างการแปลงจาก Gamma Distribution เป็น Normal Standard Distribution

จากรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างแสดงการแปลงข้อมูลช่วง 3 เดือน (เดือนมกราคม-มีนาคม) จาก Fort Collins, Colorado เช่น ค่า SPI ของปริมาณฝน 2 นิ้ว คือ + 0.31 แต่เนื่องจากการแปลงจากกราฟนี้ค่อนข้างยุ่งยาก (Abramowitz และ Stegun, 1965) จึงได้มีการประมาณค่า SPI โดยใช้สูตรดังนี้

สูตรสำหรับคำนวณค่า SPI (Z) คือ

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1t + c_2t^2}{1 + d_1t + d_2t^2 + d_3t^3}\right) \quad \text{เมื่อ } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (18)$$

$$Z = SPI = +\left(t - \frac{c_0 + c_1t + c_2t^2}{1 + d_1t + d_2t^2 + d_3t^3}\right) \quad \text{เมื่อ } 0.5 < H(x) \leq 1 \quad (19)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(H(x))^2}\right)} \quad \text{เมื่อ } 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (20)$$

$$t = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{(1-H(x))^2}\right)} \quad \text{เมื่อ } 0.5 < H(x) \leq 1 \quad (21)$$

$$c_0 = 2.515517$$

$$c_1 = 0.802853$$

$$c_2 = 0.010328$$

$$d_1 = 1.432788$$

$$d_2 = 0.189269$$

$$d_3 = 0.001308$$

## ตารางที่ 2 Drought Classification by SPI value

SPI value	Drought Category
2.00 and above	Extremely wet
1.50 to 1.99	Severely wet
1.00 to 1.49	Moderately wet
0 to 0.99	Mild wet
-0.99 to 0	Mild drought
-1.00 to -1.49	Moderately drought
-1.50 to -1.99	Severe drought
-2.00 and less	Extreme drought

ที่มา : McKee et al. (1993)

K.C. Sinha Ray (2000) ได้ศึกษาวิจัยความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมเอาไว้ ซึ่งนำค่าตัวแปรเกี่ยวกับสถานะพืช (Crop Stage) ร่วมกับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณฝน อุณหภูมิ ความชื้น และความยาวนานแสงแดด เป็นต้น โดยกำหนดดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งที่ผิดปกติ (Aridity Anomaly Index : AI) ซึ่งพัฒนาจากการใช้แนวคิดของ Thornthwaite กำหนดค่า AI ดังสมการต่อไปนี้

$$AI = \left( \frac{ET_p - ET_a}{ET_p} \right) \times 100 \quad (22)$$

โดยกำหนดเกณฑ์ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ไว้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Aridity Anomaly Index (AI)

Aridity Anomaly	Areas
0 or negative	Non-arid
1 to 25	Mild arid
26 to 50	Moderate arid
> 50	Severe arid

ที่มา : K.C. Sinha Ray (2000)

เมื่อ  $ET_p$  หมายถึง ศักยภาพการคายระเหย (Potential Evapotranspiration) โดยคำนวณได้จากสมการของ Penman-Monteith (1965)

และ  $ET_a$  หมายถึง การคายระเหยจริง (Actual Evapotranspiration) โดยคำนวณได้จากสมการของ Thornthwaite (1948) ในการศึกษานี้ผู้วิจัยใช้วิธีการของ Penman-Monteith (1965) เป็นหลักโดยใช้โปรแกรม CROPWAT และ FAO-PMON เพื่อคำนวณค่าตัวแปรทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง โดยมีสมการคำนวณของ Penman-Monteith ดังนี้

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})} \quad (23)$$

$$r_a = \frac{\ln[\frac{z_m - d}{z_{om}}] \ln[\frac{z_h - d}{z_{oh}}]}{k^2 u_z} \quad (24)$$

$$r_s = \frac{r_l}{LAI_{active}} \quad (25)$$

จากสมการ (23), (24) และ (25) โดย FAO Penman-Monteith (FOA:Food and Agricultural Organization of the United Nation) จึงได้สมการคำนวณค่าศักยภาพการคายระเหย

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (26)$$

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \quad (27)$$

$$ET_p = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})} \quad (28)$$

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0.6108 \exp\left(\frac{17.27T}{T + 237.3}\right) \right]}{(T + 237.3)^2} \quad (29)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (30)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \quad (31)$$

$$R_s = (a_s + b_s \frac{n}{N})R_a \quad (32)$$

$$R_a = \frac{12(60)}{\pi} G_{sc} d_r [(\omega_2 - \omega_1) \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_2) - \sin(\omega_1)] \quad (33)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (34)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{362} J - 1.39\right) \quad (35)$$

$$\omega_1 = \omega - \frac{\pi_1}{24} \quad (36)$$

$$\omega_2 = \omega + \frac{\pi_1}{24} \quad (37)$$

$$\omega = \frac{\pi}{12} [(t + 0.06667(L_z - L_m) + S_c) - 12] \quad (38)$$

$$S_c = 0.1645 \sin(2b) - 0.1255 \cos(b) - 0.0255 \sin(b) \quad (39)$$

$$b = \frac{2\pi(J - 81)}{364} \quad (40)$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (41)$$

$$\omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan\left[\frac{-\tan(\varphi) \tan(\delta)}{X^{0.5}}\right] \quad (42)$$

$$X = 1 - [\tan(\varphi)]^2 [\tan(\delta)]^2 ; \text{ and } X = 0.00001 \text{ if } X \leq 0 \quad (43)$$

$$R_{nl} = \sigma \left[ \frac{T_{\max, K^4} + T_{\min, K^4}}{2} \right] \left( 0.34 - 0.14 \sqrt{e_a} \right) \left( 1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad (44)$$

$$R_{so} = (a_s + b_s) R_a \quad (45)$$

$$G = c_s \frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta t} \Delta z \quad (46)$$

$$e_a = e^\circ(T_{dew}) = 0.6108 \exp\left[ \frac{17.27 T_{dew}}{T_{dew} + 237.3} \right] \quad (47)$$

$$e_s = \frac{e^\circ(T_{\max}) + e^\circ(T_{\min})}{2} \quad (48)$$

$$e^\circ(T) = 0.6108 \exp\left[ \frac{17.27 T}{T + 237.3} \right] \quad (49)$$

$$P = 101.3 \left( \frac{293 - 0.0065 z}{293} \right)^{5.26} \quad (50)$$

$$\gamma = \frac{c_p P}{\varepsilon \lambda} = 0.00163 \frac{P}{\lambda} = 0.665 \times 10^{-3} P \quad (51)$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T \quad (52)$$

$$\rho_a = \frac{P}{T_{Kv} R} = \frac{101.3 \left( \frac{293 - 0.0065 z}{293} \right)^{5.26}}{1.01(T + 273) 287} \quad (53)$$

$$T_{Kv} = T_K \left( 1 - 0.378 \frac{e_a}{P} \right)^{-1} \approx 1.01(T + 273) \quad (54)$$

$$ET_a = K_c ET_o \quad (55)$$

เมื่อ  $K_c = 1$  , grass coefficient (56)

ดังนั้น  $ET_a = ET_o$  (57)

โดยกำหนดค่าตัวแปรและสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ดังนี้

$a_s$  : fraction of extraterrestrial radiation reaching the earth on an overcast day [-]

$a_s + b_s$  : fraction of extraterrestrial radiation reaching the earth on a clear day [-]

$c_p$  : specific heat [1.013 MJ kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>]

$c_s$  : soil heat capacity [MJ m<sup>-3</sup> °C<sup>-1</sup>]

$d$  : zero plane displacement height [m]

$d_r$  : inverse relative distance Earth-Sun [-]

$e^\circ(T)$  : saturation vapour pressure at air temperature T [kPa]

$e_s$  : saturation vapour pressure [kPa]

$e_a$  : actual vapour pressure [kPa]

$e_s - e_a$  : saturation vapour pressure deficit [kPa]

$ET$  : evapotranspiration [mm day<sup>-1</sup>]

$ET_o$  : reference crop evapotranspiration [mm day<sup>-1</sup>]

$ET_c$  : crop evapotranspiration under standard conditions [mm day<sup>-1</sup>]

$\exp[x]$  : 2.7183 (base of natural logarithm) raised to the power x

$G$  : soil heat flux density [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

$G_{sc}$  : solar constant [0.0820 MJ m<sup>-2</sup> min<sup>-1</sup>]

$J$  : number of day in the year [-]

$K_c$  : crop coefficient [1; grass reference] [-]

$k$  : von Karman's constant [0.41] [-]

$L_z$  : longitude of centre of local time zone [degrees west of Greenwich]

$L_m$  : longitude [degrees west of Greenwich]

$LAI$  : leaf area index [m<sup>2</sup> (leaf area) m<sup>-2</sup> (soil surface)]

$LAI_{active}$  : active (sunlit) leaf area index.[-]

$N$  : maximum possible sunshine duration in a day, daylight hours [hour]

$n$  : actual duration of sunshine in a day [hour]

$n/N$  : relative sunshine duration [-]

$P$  : atmospheric pressure [kPa]

$R$  : specific gas constant [0.287 kJ kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]

$R_a$  : extraterrestrial radiation [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

$R_n$  : net radiation at the crop surface [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

- $R_{nl}$  : net solar longwave radiation [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]  
 $R_{ns}$  : net solar shortwave radiation [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]  
 $R_s$  : solar or shortwave radiation [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]  
 $R_{so}$  : clear-sky solar or clear-sky shortwave radiation [ $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ]  
 $r_a$  : aerodynamic resistance [ $\text{s m}^{-1}$ ]  
 $r_l$  : bulk stomatal resistance of well-illuminated leaf [ $\text{s m}^{-1}$ ]  
 $r_s$  : (bulk) surface or canopy resistance [ $\text{s m}^{-1}$ ]  
 $S_c$  : seasonal correction factor for solar time [hour]  
 $T$  : air temperature at 2 m height [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $T_K$  : air temperature [K]  
 $T_{Kv}$  : virtual air temperature [K]  
 $T_{dew}$  : dewpoint temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $T_{max}$  : daily maximum air temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $T_{max,K}$  : daily maximum air temperature [K]  
 $T_{min}$  : daily minimum air temperature [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $T_{min,K}$  : daily minimum air temperature [K]  
 $T_i$  : air temperature at time  $i$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $T_{i-1}$  : air temperature at time  $i-1$  [ $^{\circ}\text{C}$ ]  
 $t$  : time [hour]  
 $t_1$  : length of the calculation period [hour]  
 $u_2$  : wind speed at 2 m height [ $\text{m s}^{-1}$ ]  
 $u_z$  : wind speed at  $z$  m above ground surface [ $\text{m s}^{-1}$ ]  
 $z$  : elevation, height above sea level [m]  
 $z_h$  : height of humidity measurements [m]  
 $z_m$  : height of wind measurements [m]  
 $z_{om}$  : roughness length governing momentum transfer [m]  
 $z_{oh}$  : roughness length governing heat and vapour transfer [m]  
 $\alpha$  : albedo [-]  
 $\gamma$  : psychrometric constant [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]  
 $\Delta$  : slope vapour pressure curve [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]  
 $\Delta t$  : length of time interval [day]  
 $\Delta z$  : effective soil depth [m]

$\delta$  : solar declination [rad]

$\varepsilon$  : ratio molecular weight of water vapour/dry air [0.622] [-]

$\lambda$  : latent heat of vaporization [MJ kg<sup>-1</sup>]

$\lambda ET$  : latent heat flux [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

$\rho_a$  : mean air density [kg m<sup>-3</sup>]

$\sigma$  : Stefan-Boltzmann constant [4.903 10<sup>-9</sup> MJ K<sup>-4</sup> m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>]

$\varphi$  : latitude [rad]

$\omega$  : solar time angle at midpoint of hourly or shorter period [rad]

$\omega_1$  : solar time angle at beginning of hourly or shorter period [rad]

$\omega_2$  : solar time angle at end of hourly or shorter period [rad]

$\omega_s$  : sunset hour angle [rad]

Kerang Li (2000) ได้ศึกษาวิจัยและจำแนกความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในประเทศจีน โดยใช้ผลต่างจากค่าปกติของปริมาณฝน ซึ่งกำหนดค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา (The Meteorological Drought Index : D) ไว้ดังนี้

$$D = \left( \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \right) \times 100 \quad (58)$$

เมื่อ  $D$  หมายถึง ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา

$P$  หมายถึง ปริมาณฝนรายเดือน

$\bar{P}$  หมายถึง ค่าปกติของปริมาณฝน

ค่าปกติ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514 – 2543)

โดยกำหนดเกณฑ์ความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาแบ่งไว้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Drought standards by  $D$  index.

Duration of Drought	Moderate Drought (%)	Severe Drought (%)	Extreme Drought (%)
One month	< - 80		
Two months	- 51 to - 80	< - 80	
Three months	- 26 to - 50	- 51 to - 80	< - 80
Four months	- 1 to - 25	- 26 to - 50	- 51 to - 80
Five months		- 1 to - 25	- 26 to - 50
More than six months			- 1 to - 25

ที่มา : Li et al, 1996

### 1.5 วิธีการวิเคราะห์ห้ำจ้ย

1. รวบรวมข้อมูลสารประกอบอตุณิยมวิทยารายเดือน ที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์ คาบ 10 ปี ตั้งแต่ปี 2536–2545 จำนวน 25 สถานี ของสถานีอตุณิยมวิทยาบบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งเป็น สถานีตรวจอากาศ จำนวน 12 สถานี สถานีอากาศเกษตร จำนวน 9 สถานี และสถานีอตุณิยมวิทยาอุทก จำนวน 4 สถานี จากโปรแกรม Microsoft Access แล้วทำการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูลโดยใช้ AnClim Software และ R 1.9.0 โดยทำการ Download จาก <http://www.klimahom.com/software/ACDownload.html> และ <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.html> ตามลำดับ

2. รวบรวมข้อมูลค่าดัชนีความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยา PDSI ซึ่งเป็น Outcome จากงานวิจัยเรื่อง Meteorological Drought Classification basing on Using Normalized Difference Vegetative Index ของ ดร.สมชาย ไบม่วง และคณะ (2548) ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2545 จำนวน 13 สถานี ของสถานีอตุณิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

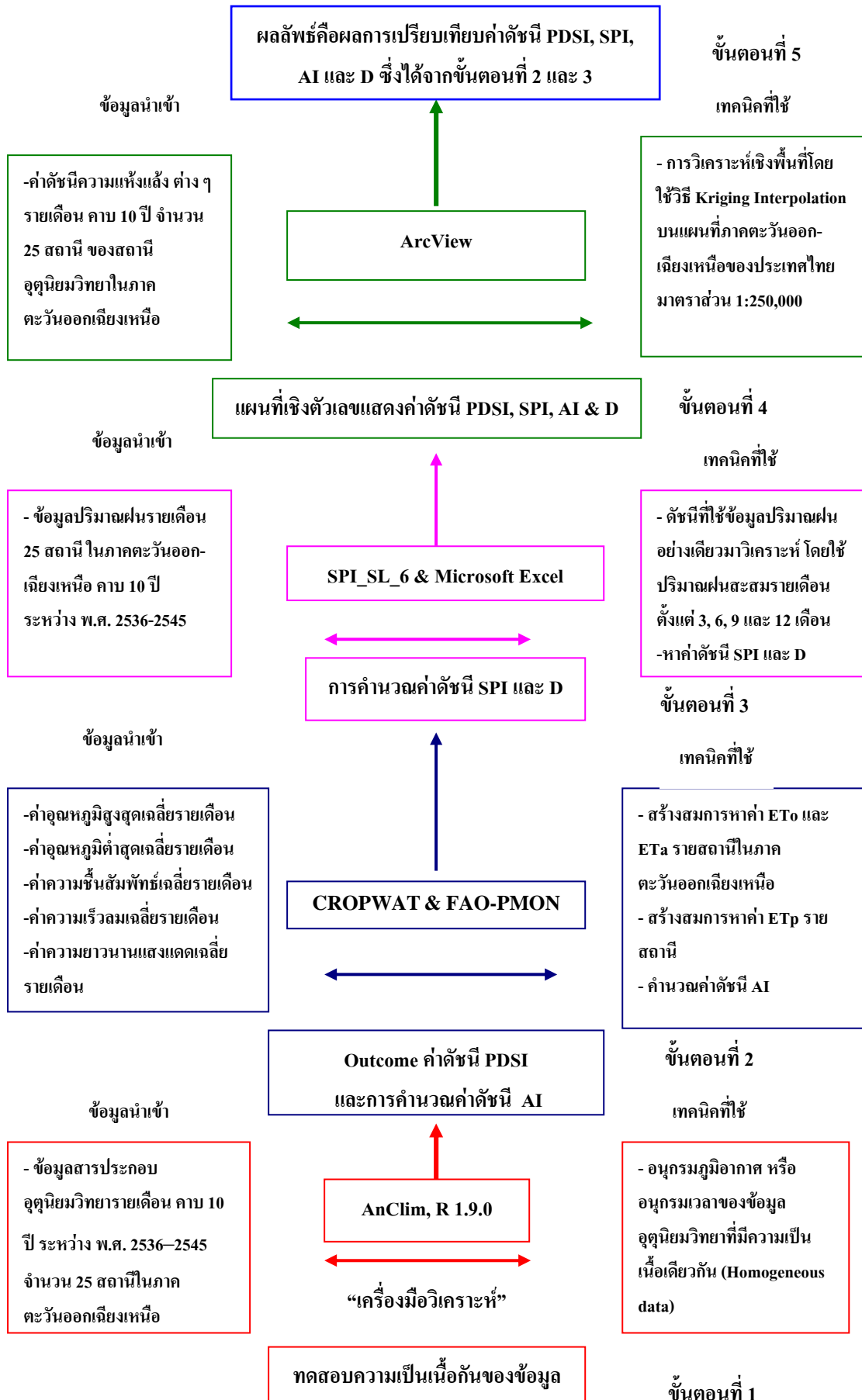
3. ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPI\_SL\_6 เพื่อหาค่าดัชนีความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยา SPI ราย 3, 6, 9 และ 12 เดือน จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน คาบ 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 – 2545 จำนวน 25 สถานี ของสถานีอตุณิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งทำการ Download จาก [http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi\\_program.htm#program](http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm#program)

4. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Access, CROPWAT, FAO-PMON และ Microsoft Excel เพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดความแห้ง AI และ D

5. นำเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System : GIS) โดยใช้โปรแกรม ArcView ในการจัดทำแผนที่เชิงตัวเลข (Digital Map) เพื่อจำแนกขอบเขตแสดงพื้นที่ความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยาโดยใช้ค่าดัชนีของ PDSI, SPI, AI และ D

6. ทำการเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งที่นำมาศึกษา คือ PDSI, SPI, AI และ D โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel และ SPSS ต่อจากนั้นนำเอาแผนที่เชิงตัวเลขที่ได้ทั้งหมดมาซ้อนทับชั้นข้อมูลกัน เพื่อเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยา โดยวิธีการนำเข้าโปรแกรม ArcView ซึ่งจะได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะของจุด (Point) แล้ว Interpolate ข้อมูลในรูปแบบ Point ให้เป็น Grid Cell ด้วยวิธี Kriging ต่อจากนั้น Clip ด้วยแผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตรฐาน 1 : 250,000 ซึ่งจะทำได้แผนที่เชิงตัวเลขแสดงขอบเขตพื้นที่ประสบภัยแล้งที่เหมาะสม ตามค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยา

สำหรับรายละเอียดวิธีดำเนินการศึกษาวิจัยโดยสรุปดังกล่าวข้างต้น ได้นำเสนอในลักษณะของผังโครงสร้างรูปแบบของการวิจัย (Research Design) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีแผนที่เชิงตัวเลขแสดงพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา PDSI, SPI, AI และ D
2. มีแผนที่เชิงตัวเลขจำแนกความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัยต่อไป
3. ผลการศึกษาวิจัยนี้นำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการเฝ้าระวัง คาดการณ์ และเตือนภัยในเชิงรุก เพื่อการเตรียมการป้องกันความเสียหายจากภัยแล้ง และเตรียมความพร้อมในการเผชิญกับสภาพความแห้งแล้งเพื่อลดหรือบรรเทาผลเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น โดยสามารถกำหนดแผนดำเนินการทั้งระยะสั้นและระยะยาว ในการหาทางป้องกันและแก้ไข ความเสียหายเป็นการล่วงหน้า อย่างทันทั่วถึง

## บทที่ 2

### ข้อมูลและวิธีดำเนินการ

#### 2.1 ข้อมูลและวิธีดำเนินการ

##### 2.1.1 ข้อมูล

1. ข้อมูลดัชนีความแห้งแล้ง PDSI จำนวนรวม 13 สถานี แบ่งเป็น สถานีตรวจอากาศ จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศหนองคาย สกลนคร นครพนม ขอนแก่น มุกดาหาร ชัยภูมิ ร้อยเอ็ด และสถานีอากาศเกษตร จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีอากาศเกษตรสกลนคร นครพนม และสุรินทร์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทก จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกโกสุมพิสัย กมลาไสย และนางรอง ซึ่งตัวอย่างค่าดัชนีความแห้ง PDSI ดังตารางที่ 5

2. ข้อมูลที่ใช้เพื่อคำนวณค่าดัชนีความแห้งแล้ง AI ใช้ข้อมูล 5 ชนิด คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และความยาวนานแสงแดดเฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2545 จำนวน 16 สถานี ที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์ โดยแบ่งเป็น สถานีตรวจอากาศ จำนวน 7 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศเลย สกลนคร นครพนม ขอนแก่น ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี และสุรินทร์ และสถานีอากาศเกษตร จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานีอากาศเกษตรเลย สกลนคร นครพนม ท่าพระ ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ปากช่อง และสุรินทร์ ซึ่งตัวอย่างค่าดัชนีความแห้ง AI ดังตารางที่ 6

3. ข้อมูลที่ใช้เพื่อคำนวณค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI และ D ใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2545 จำนวน 25 สถานี ของสถานีอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยแบ่งเป็น สถานีตรวจอากาศ จำนวน 12 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจอากาศหนองคาย เลย อุดรธานี สกลนคร นครพนม ขอนแก่น มุกดาหาร ชัยภูมิ ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี นครราชสีมา และสุรินทร์ สถานีอากาศเกษตร จำนวน 9 สถานี ได้แก่ สถานีอากาศเกษตรเลย สกลนคร นครพนม ท่าพระ ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ปากช่อง และสุรินทร์ และสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทก จำนวน 4 สถานี ได้แก่ สถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกโกสุมพิสัย โชคชัย ท่าตูม และนางรอง โดยตัวอย่างค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI และ D ดังตารางที่ 7 และ 8 ตามลำดับ

##### 2.1.2 วิธีดำเนินการ

###### ขั้นตอนที่ 1 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูล

ใช้ข้อมูลสารประกอบอุตุนิยมวิทยา จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 25 สถานี ได้แก่ ปริมาณฝนรายเดือน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และความยาวนานแสงแดดเฉลี่ย รายเดือน ซึ่งใช้ Microsoft Access

ในการดึงข้อมูล (Download Data) แล้วจึงไปทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูลโดยใช้ AnClim Software และ R 1.9.0

### ขั้นตอนที่ 2 ค่าดัชนี PDSI และ AI

ค่าดัชนี PDSI ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากงานวิจัยเรื่อง Meteorological Drought Classification basing on Using Normalized Difference Vegetative Index ซึ่งได้ค่าดัชนี PDSI จากสมการ (7) และ (8) และได้ข้อมูลดังตัวอย่าง ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าดัชนี PDSI เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

WMO_Code	Station	lat	long	month	year	PDSI Index
48352	Nong Khai	17.86722	102.73306	2	1993	-0.09
48356	Sakon Nakhon	17.15	104.13333	2	1993	-1.79
48355	Sakon Nakhon Agromet	17.11667	104.05	2	1993	-0.80
48357	Nakhon Phanom	17.41667	104.78333	2	1993	-2.47
48358	Nakhon Phanom Agromet	17.43333	104.78333	2	1993	-2.99
48381	Khon Kaen	16.43333	102.83333	2	1993	0.07
48383	Mukdahan	16.53333	104.71667	2	1993	-0.82
48382	Kosum Phisai	16.24722	103.06806	2	1993	-0.46
48390	Kamalasai	16.3	103.5667	2	1993	-0.84
48403	ChaiYaPhum	15.8	102.03333	2	1993	0
48405	Roi Et	16.05	103.68333	2	1993	0.03
48433	Surin Agromet	14.88333	103.45	2	1993	0.36
48436	Nang Rong	14.62222	102.71528	2	1993	0

การคำนวณค่าดัชนี AI จากสมการหรือแบบจำลองค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง Aridity Index ซึ่งจะต้องทำการคำนวณค่าการคายระเหยอ้างอิง (Evapotranspiration ; ETo) เพื่อหาค่าการคายระเหยจริง (Actual Evapotranspiration ; ETa) ตามสมการ (57) โดยใช้โปรแกรม CROPWAT ซึ่งเป็นการนำข้อมูลเข้า (Input Data) จำนวน 5 ชนิด คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และความยาวนานแสงแดดเฉลี่ย รายเดือน ต่อจากนั้นคำนวณค่า ศักยภาพการคายระเหย (Potential Evapotranspiration ; ETp) โดยใช้โปรแกรม FAO-PMON ตามสมการ (28) แล้วจึงหาค่าดัชนี AI ตามสมการ (22) ซึ่งได้ค่าดัชนี AI ดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** ค่าดัชนี AI เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

WMO_Code	Station	lat	long	month	year	AI Index
48353	Loei	17.45	101.7333	2	1993	39.31
48350	Loei Agromet	17.4	101.7333	2	1993	51.94
48356	Sakon Nakhon	17.15	104.13333	2	1993	39.76
48355	Sakon Nakhon Agromet	17.11667	104.05	2	1993	48.03
48357	Nakhon Phanom	17.41667	104.78333	2	1993	46.54
48358	Nakhon Phanom Agromet	17.43333	104.78333	2	1993	34.88
48381	Khon Kaen	16.43333	102.83333	2	1993	47.03
48384	Tha Phra Agromet	16.33333	102.8167	2	1993	42.02
48405	Roi Et	16.05	103.68333	2	1993	51.01
48404	Roi Et Agromet	16.06667	103.6167	2	1993	32.85
48408	Ubon Ratchathani Agromet	15.23333	105.0333	2	1993	56.04
48407	Ubon Ratchathani	15.25	104.8667	2	1993	54.31
48409	Si Sa Ket Agromet	15.03333	104.25	2	1993	35.17
48435	Pak Chong Agromet	14.7	101.4167	2	1993	50.68
48432	Surin	14.88333	103.5	2	1993	39.31
48433	Surin Agromet	14.88333	103.45	2	1993	51.94

**ขั้นตอนที่ 3** ค่าดัชนี SPI และ D

การคำนวณค่าดัชนี SPI จากปริมาณฝนรายเดือน โดยใช้โปรแกรม SPI\_SL\_6 ซึ่งเป็นการหาค่า SPI จำนวน 4 ช่วงเวลา คือ 3 เดือน 6 เดือน 9 เดือน และ 12 เดือน สำหรับการวิเคราะห์ครั้งนี้ กำหนดเป็น SPI3, SPI6, SPI9 และ SPI12 ตามลำดับ ดังตัวอย่างข้อมูล SPI3 ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าดัชนี SPI3 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาในภาค  
ตะวันออกเฉียงเหนือ

WMO_Code	Station	lat	long	month	year	SPI3 Index
48352	Nong Khai	17.86667	102.7167	2	1993	0.29
48353	Loei	17.45	101.7333	2	1993	0.38
48350	Loei Agromet	17.4	101.7333	2	1993	-0.08
48354	Udon Thani	17.38333	102.8	2	1993	0.32
48356	Sakon Nakhon	17.15	104.13333	2	1993	0.89
48355	Sakon Nakhon Agromet	17.11667	104.05	2	1993	0.53
48357	Nakhon Phanom	17.41667	104.78333	2	1993	1.29
48358	Nakhon Phanom Agromet	17.43333	104.78333	2	1993	0.86
48381	Khon Kaen	16.43333	102.83333	2	1993	0.61
48384	Tha Phra Agromet	16.33333	102.8167	2	1993	0.04
48383	Mukdahan	16.53333	104.7167	2	1993	0.44
48382	Kosum Phisai	16.24722	103.0681	2	1993	0.89
48403	Chaiyaphum	15.8	102.0333	2	1993	-0.54
48405	Roi Et	16.05	103.68333	2	1993	0.62
48404	Roi Et Agromet	16.06667	103.6167	2	1993	0.43
48408	Ubon Ratchathani Agromet	15.23333	105.0333	2	1993	-0.96
48407	Ubon Ratchathani	15.25	104.8667	2	1993	-0.80
48409	Si Sa Ket Agromet	15.03333	104.25	2	1993	-0.02
48431	Nakhon Ratchasima	14.96278	102.0767	2	1993	0.99
48435	Pak Chong Agromet	14.7	101.4167	2	1993	0.01
48434	Chok Chai	14.71889	102.1686	2	1993	1.39
48432	Surin	14.88333	103.5	2	1993	0.06
48433	Surin Agromet	14.88333	103.45	2	1993	-0.04
48416	Tha Tum	15.31667	103.6833	2	1993	0.11
48436	Nang Rong	14.61667	102.7167	2	1993	-0.54

สำหรับการคำนวณค่าดัชนี D นั้นใช้ Microsoft Excel ในการคำนวณจากปริมาณฝนรายเดือน เปรียบเทียบกับค่าปกติของปริมาณฝน โดยคำนวณได้จากสมการ (58) ซึ่งได้ค่าดัชนี D ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าดัชนี D เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 (1993) ตามสถานีอุตุนิยมวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

WMO_Code	Station	lat	long	month	year	D Index
48352	Nong Khai	17.86667	102.7167	2	1993	-34
48353	Loei	17.45	101.7333	2	1993	-100
48350	Loei Agromet	17.4	101.7333	2	1993	-43
48354	Udon Thani	17.38333	102.8	2	1993	-55
48356	Sakon Nakhon	17.15	104.13333	2	1993	-84
48355	Sakon Nakhon Agromet	17.11667	104.05	2	1993	-80
48357	Nakhon Phanom	17.41667	104.78333	2	1993	-52
48358	Nakhon Phanom Agromet	17.43333	104.78333	2	1993	-94
48381	Khon Kaen	16.43333	102.83333	2	1993	-34
48384	Tha Phra Agromet	16.33333	102.8167	2	1993	-70
48383	Mukdahan	16.53333	104.7167	2	1993	-97
48382	Kosum Phisai	16.24722	103.0681	2	1993	-41
48403	Chaiyaphum	15.8	102.0333	2	1993	-98
48405	Roi Et	16.05	103.68333	2	1993	-100
48404	Roi Et Agromet	16.06667	103.6167	2	1993	-100
48408	Ubon Ratchathani Agromet	15.23333	105.0333	2	1993	-100
48407	Ubon Ratchathani	15.25	104.8667	2	1993	-100
48409	Si Sa Ket Agromet	15.03333	104.25	2	1993	-68
48431	Nakhon Ratchasima	14.96278	102.0767	2	1993	4
48435	Pak Chong Agromet	14.7	101.4167	2	1993	-98
48434	Chok Chai	14.71889	102.1686	2	1993	86
48432	Surin	14.88333	103.5	2	1993	-61
48433	Surin Agromet	14.88333	103.45	2	1993	-3
48416	Tha Tum	15.31667	103.6833	2	1993	-56
48436	Nang Rong	14.61667	102.7167	2	1993	-97

#### ขั้นตอนที่ 4 แผนที่เชิงตัวเลขแสดงค่าดัชนี PDSI, SPI, AI และ D

ค่าดัชนี PDSI, SPI, AI และ D นำมาแสดงในรูปแบบแผนที่เชิงตัวเลข โดยใช้โปรแกรม Arcview สำหรับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยใช้วิธี Kriging Interpolation ซึ่งเป็นการแสดงขอบเขตพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แยกตามค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งแต่ละชนิด ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นแผนที่เชิงตัวเลขบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มาตรา

ส่วน 1:250,000 แสดงค่าดัชนีทั้ง 4 ชนิด เป็นรายเดือน และรายปี แบบ Grid cell ในพื้นที่บริเวณ จังหวัดต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต่อจากนั้นจึงนำแผนที่เชิงตัวเลขของปีที่มีความแห้งแล้งมากที่สุดมาซ้อนทับชั้นข้อมูลกัน แล้วพิจารณารูปแบบพื้นที่แห้งแล้งตามค่าดัชนีแต่ละประเภท แล้วเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์กันเชิงสถิติต่อไป

### ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความแห้งแล้ง

ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง จากฐานข้อมูลระบบสารสนเทศพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง โดยนำมา เปรียบเทียบกับค่าดัชนีความแห้งแล้งทั้ง 4 ชนิด ด้วยวิธี Weighting Score Method ดังตารางที่ 9

**ตารางที่ 9 Weighting Score Method**

Category	PDSI	SPI3-12	AI (%)	D (%)	Weight
Extreme Drought	$\leq -4.00$	$\leq -2.00$	$> 55$	$< -80$	5
Severe Drought	-3.99 – -3.00	-1.99 – -1.50	51 – 55	-80 – -51	4
Moderate Drought	-2.99 – -2.00	-1.49 – -1.00	26 – 50	-50 – -26	3
Mild Drought	-1.99 – -1.00	-0.99 – 0	1 – 25	-25 – -1	2
Normal	$\geq -0.99$	$> 0$	$\leq 0$	$\geq 0$	1

## 2.2 ผลการวิเคราะห์ห้วงวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และ SPSS โดยกำหนดเกณฑ์ความแห้งแล้ง ตามค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง PDSI, SPI, AI และ D พบว่าปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด คือ ปี 2536 และ 2541 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติแยกตามค่าดัชนีต่างๆ ดังนี้

### 2.2.1 ค่าดัชนี PDSI

ค่าดัชนี PDSI กำหนดค่าตามเกณฑ์ของ Palmer (1965) โดยค่า “0” เป็นค่าปกติ ส่วนค่าติดลบ (-) เป็นค่าความแห้งแล้ง คือ ค่า -1 เป็นแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild Drought) ค่า -2 เป็นแห้งแล้งปานกลาง (Moderate Drought) ค่า -3 เป็นแห้งแล้งรุนแรง (Severe Drought) ค่า -4 เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด (Extreme Drought) จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี PDSI ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2536 – ธันวาคม 2545 พบว่าในปี 2536 (1993) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq -1$  เท่ากับ 31.4 % ส่วนปี 2543 (2000) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq -1$  เท่ากับ 22.4 % ดังตารางที่ 10 และ 11 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี PDSI ปี 2536 ตามภาคผนวกที่ 1

ตารางที่ 10 Drought Categories for PDSI index Period 1993 – 1997

PDSI	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
$\leq -4.00$	Extreme Drought	$\leq 1.9$	$\leq 1.9$	$\leq 3.2$	$\leq 3.2$	$\leq 3.2$
-3.99 – -3.00	Severe Drought	2.6 – 5.1	2.6 – 5.1	3.8 – 5.1	3.9	3.8 – 5.8
-2.99 – -2.00	Moderate Drought	5.8 – 16.7	5.8 – 7.7	5.8 – 7.1	4.5 – 10.9	6.4 – 9.0
-1.99 – -1.00	Mild Drought	17.3 – 31.4	8.3 – 14.1	7.7 – 17.9	11.5 – 17.9	9.6 – 21.2

ตารางที่ 11 Drought Categories for PDSI index Period 1998 – 2002

PDSI	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
$\leq -4.00$	Extreme Drought	$\leq 2.6$	$\leq 2.6$	$\leq 3.8$	$\leq 3.2$	0
-3.99 – -3.00	Severe Drought	3.2 – 3.8	3.2 – 5.1	4.5 – 6.4	4.5 – 6.4	0.6 – 2.6
-2.99 – -2.00	Moderate Drought	4.5 – 7.7	5.8 – 10.3	7.1 – 12.8	7.1 – 11.5	3.2 – 7.1
-1.99 – -1.00	Mild Drought	8.3 – 14.7	10.9 – 16.7	13.5 – 22.4	12.2 – 21.2	7.7 – 11.5

### 2.2.2 ค่าดัชนี SPI

ค่าดัชนี SPI กำหนดค่าตามเกณฑ์ของ McKee et al (1993) โดยค่ามากกว่า 0 เป็นค่าปกติ ส่วน ค่า 0 ถึง -0.99 เป็นแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild Drought) ค่า -1.00 ถึง -1.49 เป็นแห้งแล้งปานกลาง (Moderate Drought) ค่า -1.50 ถึง -1.99 เป็นแห้งแล้งรุนแรง (Severe Drought) และค่า  $\leq -2$  เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด (Extreme Drought) จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 3, 6, 9 และ 12 เดือน ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2536 – ธันวาคม 2545 โดยกำหนดเป็น SPI3, SPI6, SPI9 และ SPI12 ตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ค่าดัชนี SPI3 พบว่าในปี 2536 (1993) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 71.7 % ส่วนปี 2541 (1998) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 69.0 % ดังตารางที่ 12 และ 13 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI3 ปี 2536 ตามภาคผนวกที่ 2

ตารางที่ 12 Drought Categories for SPI3 index Period 1993 – 1997

SPI3	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 2.7$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 1.0$	$\leq 2.3$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	3.0 – 13.3	1.3 – 3.7	1.3 – 5.0	1.3 – 6.0	2.7 – 8.0
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	13.7 – 31.3	4.0 – 12.3	5.3 – 21.7	6.3 – 14.3	8.3 – 19.3
-0.99 – 0	Mild Drought	32.7 – 71.7	13.0 – 47.0	22.0 – 56.0	15.3 – 41.3	19.7 – 53.3

ตารางที่ 13 Drought Categories for SPI3 index Period 1998 – 2002

SPI3	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 1.7$	$\leq 1.0$	$\leq 0.3$	0	$\leq 0.7$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	2.3 – 10.0	1.7 – 3.4	1.0 – 2.7	0.3 – 3.7	1.0 – 3.3
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	10.7 – 23.3	3.7 – 8.8	3.0 – 9.7	4.0 – 12.8	3.7 – 11.3
-0.99 – 0	Mild Drought	24.0 – 69.0	9.4 – 41.1	10.0 – 34.0	13.5 – 55.2	11.7 – 46.7

ค่าดัชนี SPI6 พบว่าในปี 2541 (1998) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 79.3 % ส่วนปี 2536 (1993) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 76.9 % ดังตารางที่ 14 และ 15 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI6 ปี 2541 ตามภาคผนวกที่ 3

ตารางที่ 14 Drought Categories for SPI6 index Period 1993 – 1997

SPI6	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 1.3$	$\leq 0.3$	$\leq 1.0$	$\leq 0.7$	$\leq 2.7$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	1.8 – 18.7	0.7 – 5.3	1.3 – 8.3	1.0 – 3.7	3.0 – 9.0
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	19.1 – 38.2	5.7 – 19.7	8.7 – 19.0	4.0 – 13.3	10.0 – 18.0
-0.99 – 0	Mild Drought	38.7 – 76.9	20.3 – 53.3	19.3 – 60.0	13.7 – 45.7	18.3 – 44.3

ตารางที่ 15 Drought Categories for SPI6 index Period 1998 – 2002

SPI6	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 6.7$	$\leq 0.7$	$\leq 0.3$	$\leq 0.3$	$\leq 1.0$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	7.0 – 19.7	1.0 – 2.4	0.7 – 1.7	0.7 – 4.4	1.7 – 2.7
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	20.0 – 32.3	2.7 – 8.8	2.0 – 3.0	4.8 – 13.6	3.0 – 10.1
-0.99 – 0	Mild Drought	32.7 – 79.3	9.1 – 40.5	3.4 – 21.5	13.9 – 52.4	10.7 – 40.6

ค่าดัชนี SPI9 พบว่าในปี 2536 (1993) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 82.7 % ส่วนปี 2541 (1998) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 80.3 % ดังตารางที่ 16 และ 17 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI9 ปี 2536 ตามภาคผนวกที่ 4

ตารางที่ 16 Drought Categories for SPI9 index Period 1993 – 1997

SPI9	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 2.7$	$\leq 1.7$	0	$\leq 0.7$	$\leq 1.7$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	3.3 – 19.3	2.0 – 10.0	0.3 – 2.7	1.0 – 2.3	2.0 – 8.3
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	20.0 – 48.0	10.3 – 27.3	3.0 – 18.7	3.0 – 10.7	9.0 – 15.3
-0.99 – 0	Mild Drought	48.7 – 82.7	27.7 – 60.3	19.0 – 61.7	11.0 – 44.3	15.7 – 42.3

ตารางที่ 17 Drought Categories for SPI9 index Period 1998 – 2002

SPI9	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 9.3$	$\leq 3.0$	$\leq 0.7$	0	0
-1.99 – -1.50	Severe Drought	10.0 – 24.3	3.4 – 6.1	1.0	0.3 – 2.4	0.3 – 2.4
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	24.7 – 36.0	6.4 – 11.5	1.4 – 2.7	2.7 – 7.2	2.7 – 7.2
-0.99 – 0	Mild Drought	36.7 – 80.3	11.8 – 41.6	3.1 – 23.1	7.9 – 44.7	7.9 – 44.7

ค่าดัชนี SPI12 พบว่าในปี 2536 (1993) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 86.7 % ส่วนปี 2541 (1998) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq 0$  เท่ากับ 78.3 % ดังตารางที่ 18 และ 19 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI12 ปี 2536 ตามภาคผนวกที่ 5

ตารางที่ 18 Drought Categories for SPI12 Period 1993 – 1997

SPI12	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 6.7$	$\leq 2.7$	$\leq 0.7$	$\leq 0.3$	$\leq 1.7$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	8.0 – 30.7	3.0 – 16.0	1.0 – 3.0	0.7 – 4.0	2.0 – 6.3
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	33.3 – 56.0	16.3 – 35.7	3.3 – 19.7	4.3 – 15.0	6.7 – 10.3
-0.99 – 0	Mild Drought	57.3 – 86.7	36.0 – 65.7	20.0 – 57.7	15.3 – 47.3	10.7 – 37.7

ตารางที่ 19 Drought Categories for SPI12 index Period 1998 – 2002

SPI12	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
$\leq -2.00$	Extreme Drought	$\leq 6.7$	$\leq 5.7$	0	0	$\leq 0.3$
-1.99 – -1.50	Severe Drought	7.0 – 24.7	6.1 – 11.8	0	0.3 – 2.4	0.7 – 3.4
-1.49 – -1.00	Moderate Drought	25.0 – 38.0	12.5 – 14.9	0.3 – 1.0	2.8 – 4.2	3.7 – 6.0
-0.99 – 0	Mild Drought	38.7 – 78.3	15.5 – 51.0	1.4 – 18.8	4.9 – 31.6	6.7 – 32.6

### 2.2.3 ค่าดัชนี AI

ค่าดัชนี AI โดยประยุกต์ตามเกณฑ์ของ K.C. Sinha Ray (2000) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งกำหนดให้ค่า  $\leq 0$  เป็นค่าปกติ ส่วน ค่า 1 – 25 % เป็นแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild Drought) ค่า 26 – 50 % เป็นแห้งแล้งปานกลาง (Moderate Drought) ค่า 51 – 55 % เป็นแห้งแล้งรุนแรง (Severe Drought) ค่า  $> 55$  % เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด (Extreme Drought) จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี AI ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2536 – ธันวาคม 2545 พบว่าในปี 2541 (1998) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $> 55$  % เท่ากับ 83.2 % และปี 2537 (1994) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $> 55$  % เท่ากับ 80.3 % ดังตารางที่ 20 และ 21 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี AI ปี 2541 ตามภาคผนวกที่ 6

ตารางที่ 20 Drought Categories for AI index Period 1993 – 1997

AI (%)	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
$> 55$	Extreme Drought	$\geq 78.3$	$\geq 80.3$	$\geq 76.4$	$\geq 77.7$	$\geq 78.8$
51 – 55	Severe Drought	46.1 – 77.8	39.9 – 79.2	41.4 – 75.9	35.2 – 77.1	32.1 – 78.3
26 – 50	Moderate Drought	2.2 – 45.6	1.7 – 38.7	1.1 – 40.8	1.7 – 34.6	0.5 – 31.5
1 – 25	Mild Drought	1.1 – 1.7	0.6 – 1.2	0.6	0.6 – 1.1	0

ตารางที่ 21 Drought Categories for AI index Period 1998 – 2002

AI (%)	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
$> 55$	Extreme Drought	$\geq 83.2$	$\geq 70.5$	$\geq 72.7$	$\geq 68.6$	$\geq 70.2$
51 – 55	Severe Drought	45.0 – 82.7	29.0 – 69.9	29.0 – 72.2	23.8 – 68.1	20.7 – 69.7
26 – 50	Moderate Drought	2.1 – 44.5	3.3 – 28.4	1.1 – 28.4	0.5 – 23.2	0.5 – 20.2
1 – 25	Mild Drought	1.0 – 1.6	0.5 – 2.7	0.6	0	0

### 2.2.4 ค่าดัชนี D

ค่าดัชนี D โดยประยุกต์ตามเกณฑ์ของ Li et al. (1996) เพื่อให้มีความเหมาะสมกับประเทศไทย ซึ่งกำหนดให้ค่า  $\geq 0$  เป็นค่าปกติ ส่วน ค่า -1 ถึง -25 % เป็นแห้งแล้งเล็กน้อย (Mild Drought) ค่า -26 ถึง -50 % เป็นแห้งแล้งปานกลาง (Moderate Drought) ค่า -51 ถึง -80 % เป็นแห้งแล้งรุนแรง (Severe Drought) ค่า  $< -80$  % เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด (Extreme Drought) จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยวิธีการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี D ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2536 – ธันวาคม 2545 พบว่าในปี 2536 (1993) มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็น

อันดับที่หนึ่ง โดยมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq -1$  % เท่ากับ 74.7 % และปี 2538 (1995) มีความถี่สูงสุดเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถี่สะสมตามค่าดัชนี  $\leq -1$  % เท่ากับ 68.0 % ดังตารางที่ 22 และ 23 โดยมีรายละเอียดการแจกแจงความถี่ค่าดัชนี D ปี 2536 ตามภาคผนวกที่ 7

ตารางที่ 22 Drought Categories for D index Period 1993 – 1997

D (%)	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1993	1994	1995	1996	1997
< -80	Extreme Drought	$\leq 27.3$	$\leq 21.1$	$\leq 20.3$	$\leq 18.7$	$\leq 23.7$
-80 – -51	Severe Drought	27.7 – 42.3	22.0 – 32.3	20.7 – 33.0	19.3 – 28.3	24.0 – 36.3
-50 – -26	Moderate Drought	42.7 – 57.7	33.0 – 43.0	33.7 – 48.3	28.7 – 42.0	37.0 – 49.3
-25 – -1	Mild Drought	58.3 – 74.7	43.7 – 59.3	49.0 – 68.0	43.7 – 55.7	49.7 – 64.7

ตารางที่ 23 Drought Categories for D index Period 1998 – 2002

D (%)	Drought Category	Cumulative Frequency (%)				
		1998	1999	2000	2001	2002
< -80	Extreme Drought	$\leq 15.3$	$\leq 14.7$	$\leq 25.0$	$\leq 19.7$	$\leq 14.5$
-80 – -51	Severe Drought	16.0 – 27.7	15.1 – 26.4	25.7 – 33.3	20.0 – 33.0	15.2 – 26.6
-50 – -26	Moderate Drought	28.0 – 47.7	26.8 – 37.1	34.0 – 43.0	33.7 – 43.0	26.9 – 37.4
-25 – -1	Mild Drought	48.0 – 63.7	37.5 – 50.5	43.3 – 53.7	43.3 – 57.7	38.7 – 50.2

### 2.2.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlations Coefficient)

การวิเคราะห์ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัดทั้ง 4 ชนิด ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2536 – ธันวาคม 2545 พบว่าส่วนมากมีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดอยู่ในปี 2536 และ 2541 ดังนั้นจึงได้นำค่าดัชนีในปีดังกล่าวนี้ มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงสถิติตามค่าดัชนี PDSI, SPI3, SPI6, SPI9, SPI12, AI และ D โดยทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเมทริกซ์ (Matrix Correlations Coefficient) โดยใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งได้ค่าสัมประสิทธิ์ของ Pearson Correlations (r) ตามตารางที่ 24 และ 25

ในปี 2536 (1993) เมื่อพิจารณาค่าดัชนี PDSI เปรียบเทียบกับดัชนีอื่น ๆ พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากเป็นอันดับที่หนึ่ง และค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สองโดยมีค่าเท่ากับ 0.657 และ 0.454 ตามลำดับ ดังตารางที่ 24

ส่วนค่าดัชนี SPI ทั้ง 4 นั้นมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี โดยค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด คือ 0.983 แต่เมื่อเปรียบกับดัชนีอื่น ๆ แล้ว พบว่าค่าดัชนี SPI6 กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากเป็นอันดับที่หนึ่ง เท่ากับ 0.431 และอันดับที่สอง คือ ค่าดัชนี SPI6 กับ PDSI ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.415 ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 Matrix Correlations Coefficient 1993

Index	PDSI	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12	AI	D
PDSI	1	0.312**	0.415**	0.240**	0.082	0.657**	0.454*
SPI3	0.316**	1	0.828**	0.719**	0.608**	0.212**	0.109
SPI6	0.415**	0.828**	1	0.935**	0.868**	0.431**	0.137*
SPI9	0.240*	0.719**	0.935**	1	0.983**	0.428*	0.004
SPI12	0.082	0.608**	0.868**	0.983**	1	0.391*	-0.010
AI	0.657**	0.212**	0.431**	0.428**	0.391**	1	-0.152*
D	0.454**	0.109	0.137*	0.004	-0.010	-0.152*	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ในปี 2541 (1998) เมื่อพิจารณาค่าดัชนี PDSI เปรียบเทียบกับดัชนีอื่น ๆ พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด และค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สอง โดยมีค่าเท่ากับ 0.516 และ 0.329 ตามลำดับ ดังตารางที่ 25

ส่วนค่าดัชนี SPI ทั้ง 4 นั้นมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี โดยค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด คือ 0.823 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีอื่น ๆ แล้ว พบว่าค่าดัชนี SPI12 กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากเป็นอันดับที่หนึ่ง เท่ากับ 0.424 และอันดับที่สอง คือ ค่าดัชนี SPI9 กับ PDSI และ SPI12 กับ PDSI ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากันคือ 0.244 ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 Matrix Correlations Coefficient 1998

Index	PDSI	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12	AI	D
PDSI	1	0.146	0.192*	0.244**	0.244**	0.329**	0.516**
SPI3	0.146	1	0.622**	0.502**	0.327**	-0.152*	0.424**
SPI6	0.192*	0.622**	1	0.781**	0.626**	0.111	0.214**
SPI9	0.244**	0.502**	0.781**	1	0.823**	0.055	0.180*
SPI12	0.244**	0.327**	0.626**	0.823**	1	0.007	0.139*
AI	0.329**	-0.152*	0.111	0.055	0.007	1	-0.097
D	0.516**	0.424**	0.214**	0.180*	0.139*	-0.097	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 เมื่อพิจารณาค่าดัชนี PDSI เปรียบเทียบกับดัชนีอื่น ๆ พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด และค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สอง โดยมีค่า เท่ากับ 0.833 และ 0.431 ตามลำดับ ดังตารางที่ 26

**ตารางที่ 26 Matrix Correlations Coefficient February 1993**

Index	PDSI	SPI3	AI	D
PDSI	1	0.405	0.431	0.833**
SPI3	0.405	1	-0.175	0.490*
AI	0.431	-0.175	1	0.349
D	0.833**	0.490*	0.349	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ในเดือนธันวาคม 2536 เมื่อพิจารณาค่าดัชนี PDSI เปรียบเทียบกับดัชนีอื่น ๆ พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด และค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สอง โดยมีค่า เท่ากับ 0.711 และ 0.437 ตามลำดับ ดังตารางที่ 27

ส่วนค่าดัชนี SPI ทั้ง 4 นั้นมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี โดยค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด คือ 0.962 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีอื่น ๆ แล้ว พบว่าค่าดัชนี SPI6 กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากเป็นอันดับที่หนึ่ง เท่ากับ 0.472 และอันดับที่สอง คือ ค่าดัชนี SPI9 กับ AI ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากัน คือ 0.431 ดังตารางที่ 27

**ตารางที่ 27 Matrix Correlations Coefficient December 1993**

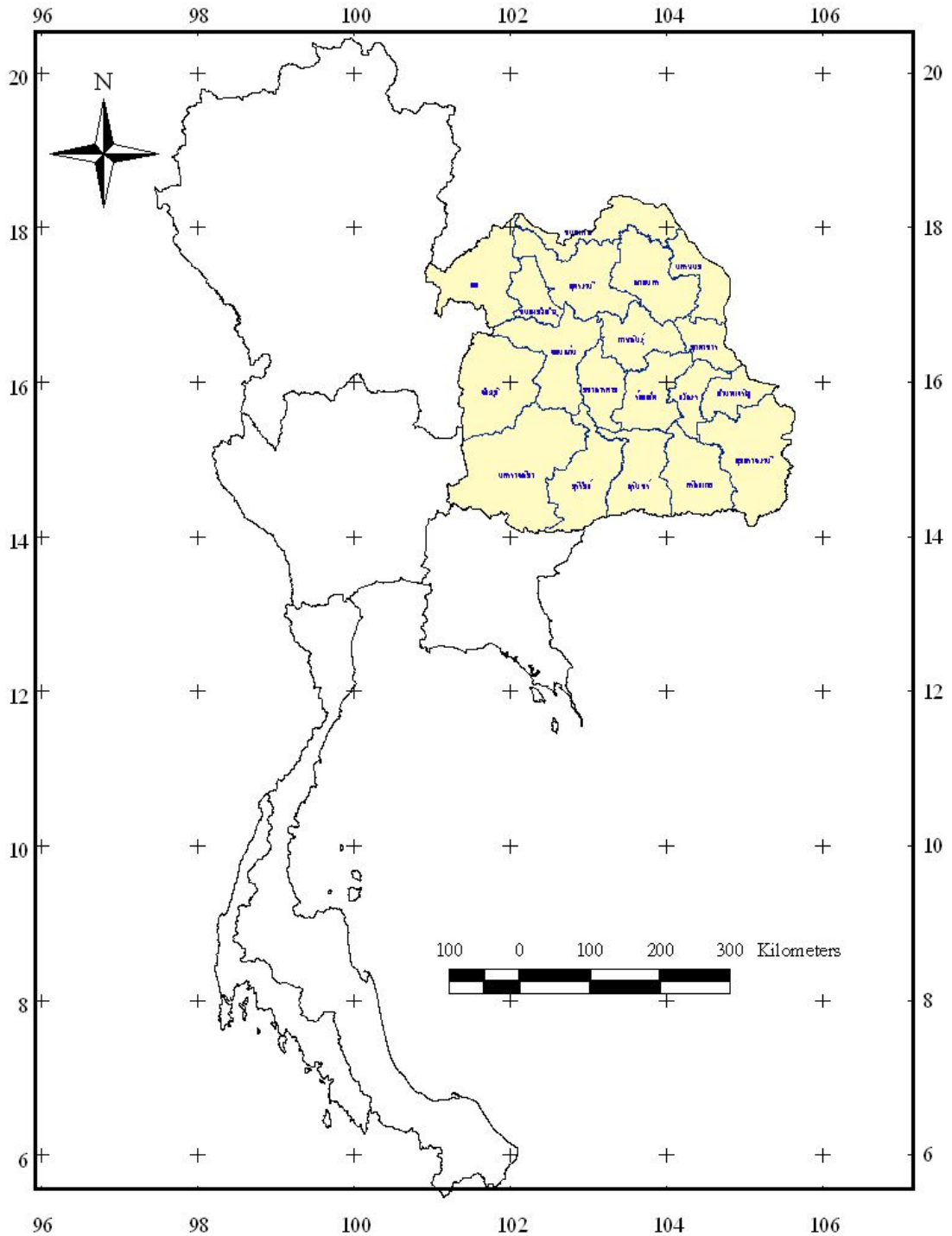
Index	PDSI	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12	AI	D
PDSI	1	-0.211	0.073	-0.044	0.076	0.711	0.437
SPI3	-0.211	1	0.624**	0.715**	0.652**	0.308	-0.011
SPI6	0.073	0.624**	1	0.845**	0.810**	0.472	-0.197
SPI9	-0.044	0.715**	0.845**	1	0.962**	0.431	-0.225
SPI12	0.076	0.652**	0.810**	0.962**	1	0.391	-0.042
AI	0.711	0.308	0.472	0.431	0.391	1	-0.343
D	0.437	-0.011	-0.197	-0.225	-0.042	-0.343	1

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

### 2.3 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้ง

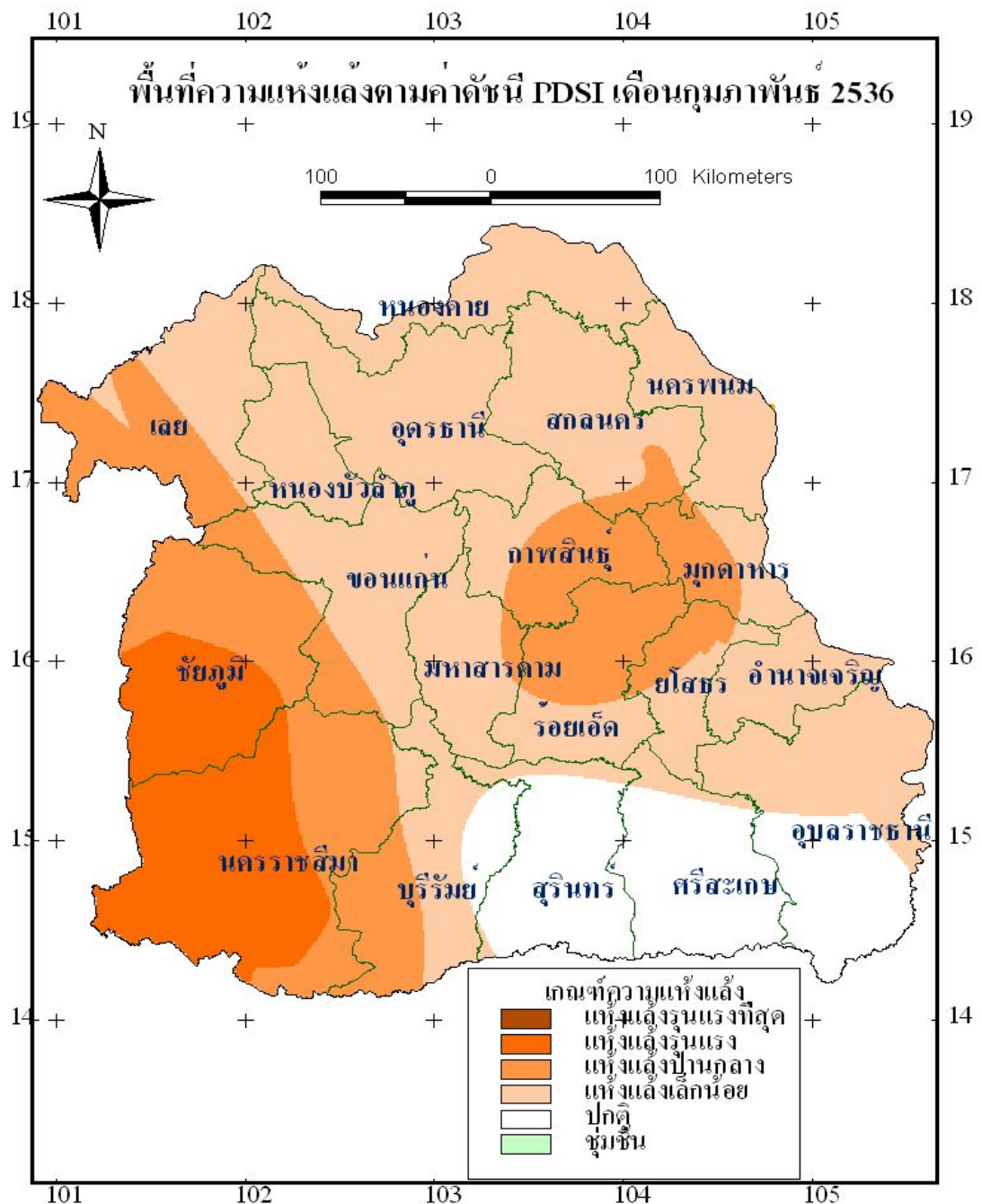
พื้นที่ศึกษาบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ประมาณ 170,226 ตารางกิโลเมตร หรือ 1 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

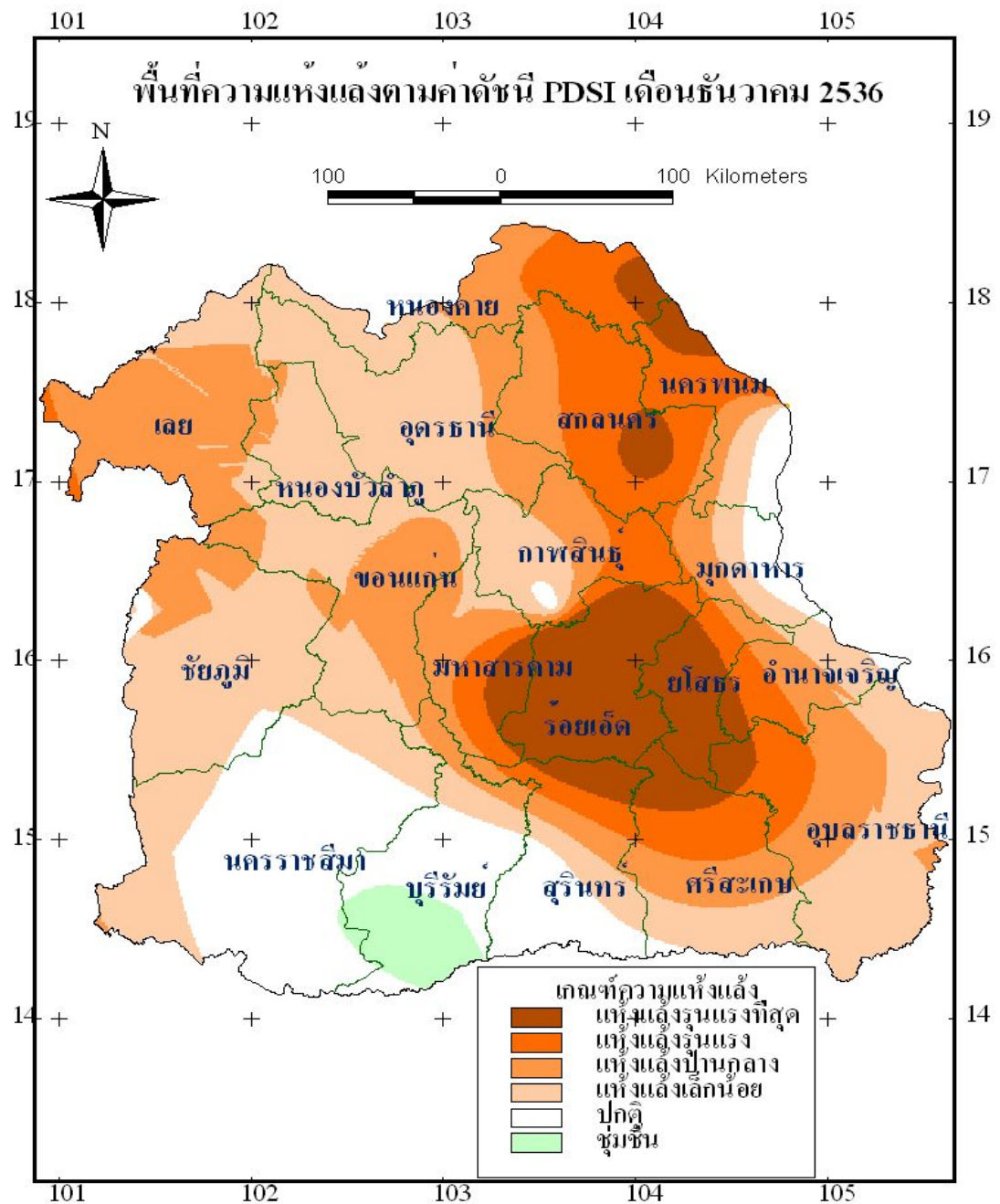
### 2.3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI ในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงบางพื้นที่ของจังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมา สำหรับพื้นที่ความแห้งแล้งปานกลางอยู่ในบางพื้นที่ของจังหวัดเลย ขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สกลนคร มุกดาหาร กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด และยโสธร ส่วนบริเวณอื่นมีความแห้งแล้งเล็กน้อย ยกเว้นพื้นที่ของจังหวัดสุรินทร์ และศรีสะเกษ กับบางพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์และอุบลราชธานีไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI เดือนกุมภาพันธ์ 2536

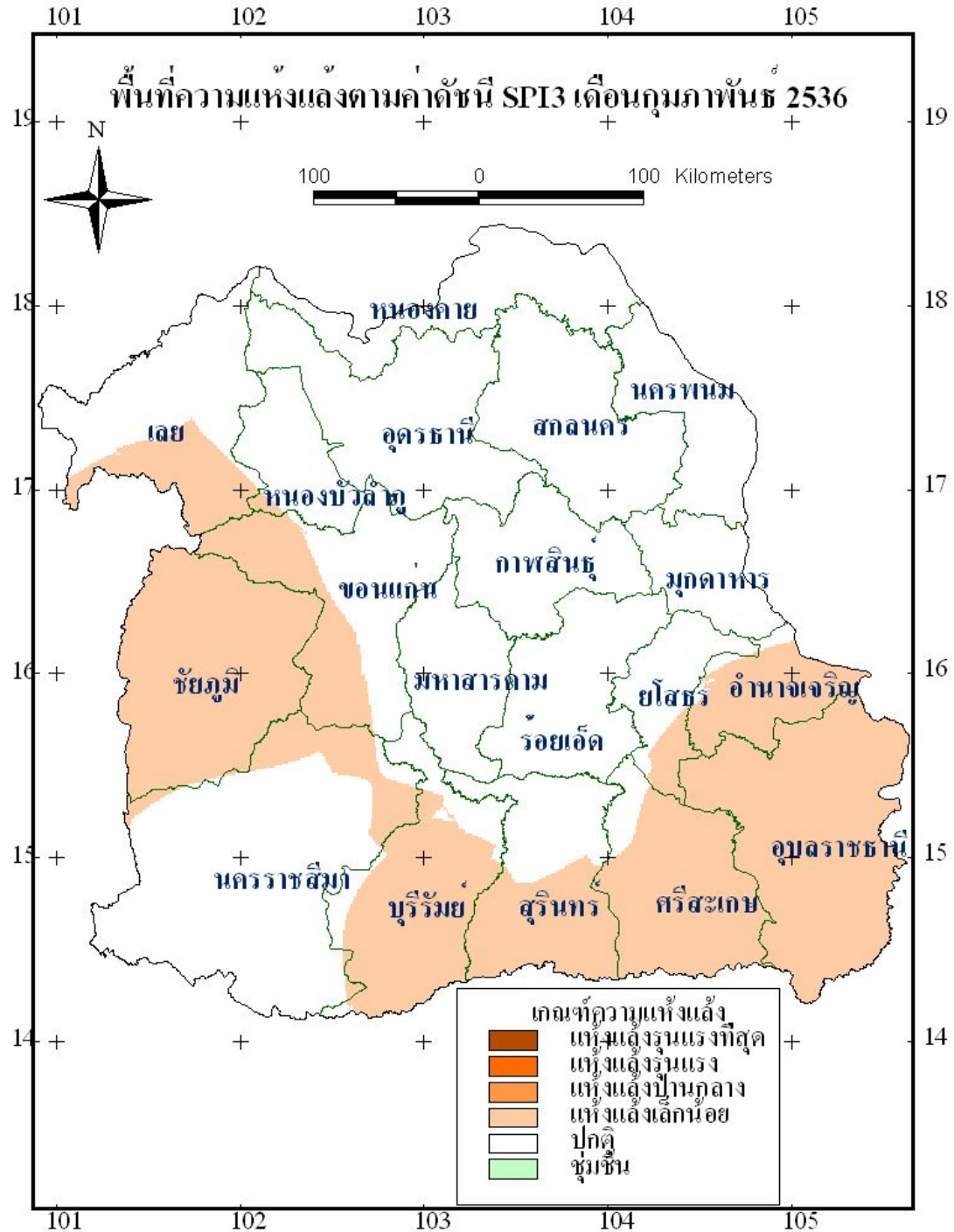
แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงที่สุดส่วนมากบริเวณจังหวัดร้อยเอ็ด และยโสธร และบางพื้นที่ของจังหวัดสกลนคร นครพนม มหาสารคาม อำนาจเจริญ อุบลราชธานี สุรินทร์และศรีสะเกษ สำหรับพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงอยู่ในบริเวณจังหวัดสกลนคร นครพนม มหาสารคาม อำนาจเจริญ อุบลราชธานี สุรินทร์ และศรีสะเกษ ส่วนบริเวณอื่นมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงปานกลาง ยกเว้นจังหวัดนครราชสีมา สุรินทร์และบุรีรัมย์ไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ รวมทั้งบางพื้นที่ของจังหวัดบุรีรัมย์มีความชุ่มชื้น โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI เดือนธันวาคม 2536

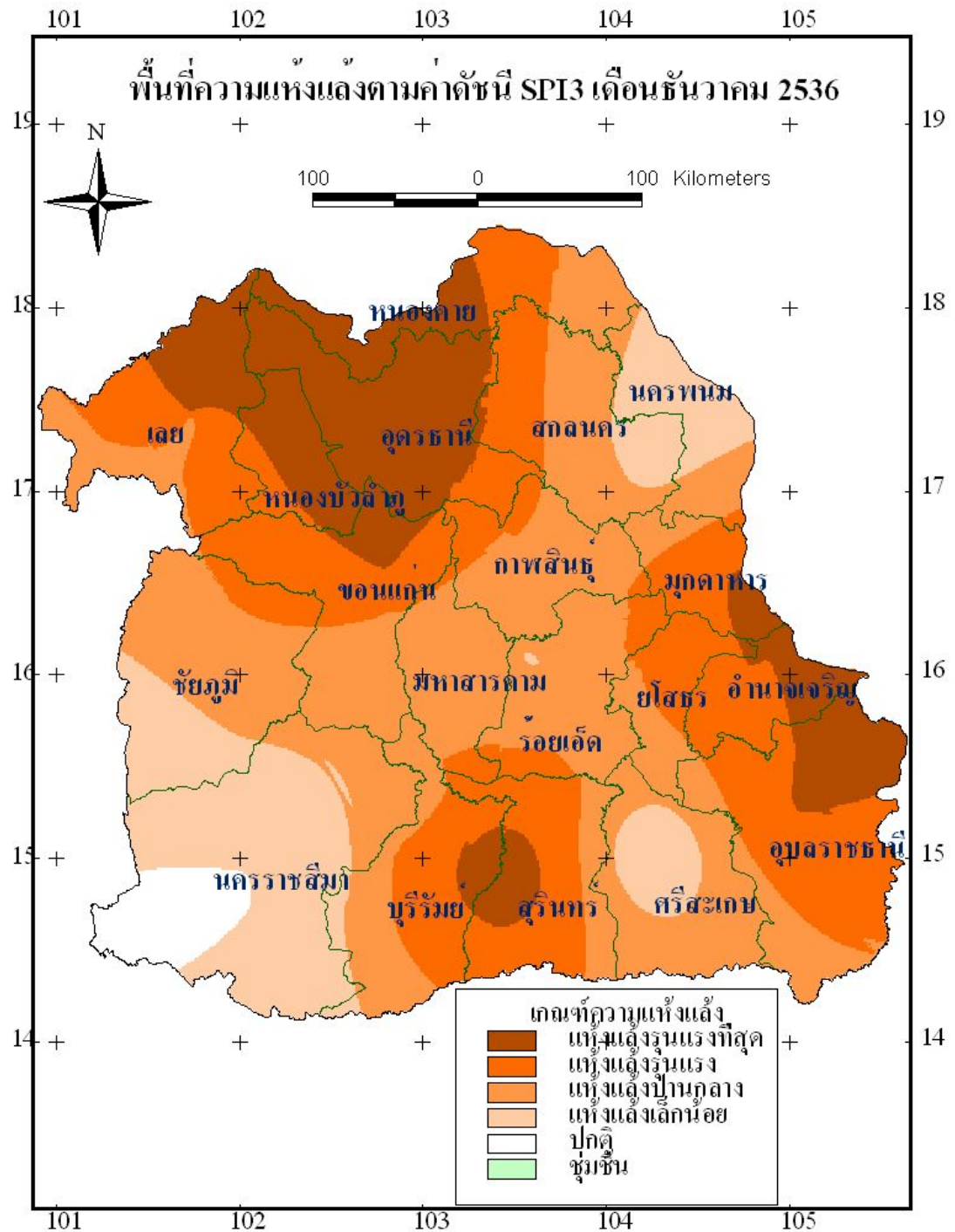
### 2.3.2 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 ซึ่งมีพื้นที่ความแห้งแล้งปานกลางบริเวณจังหวัดชัยภูมิ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ อำนาจเจริญ อุบลราชธานีและบางพื้นที่ของจังหวัดเลย ขอนแก่น นครราชสีมา และสุรินทร์ ส่วนบริเวณอื่นไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 8



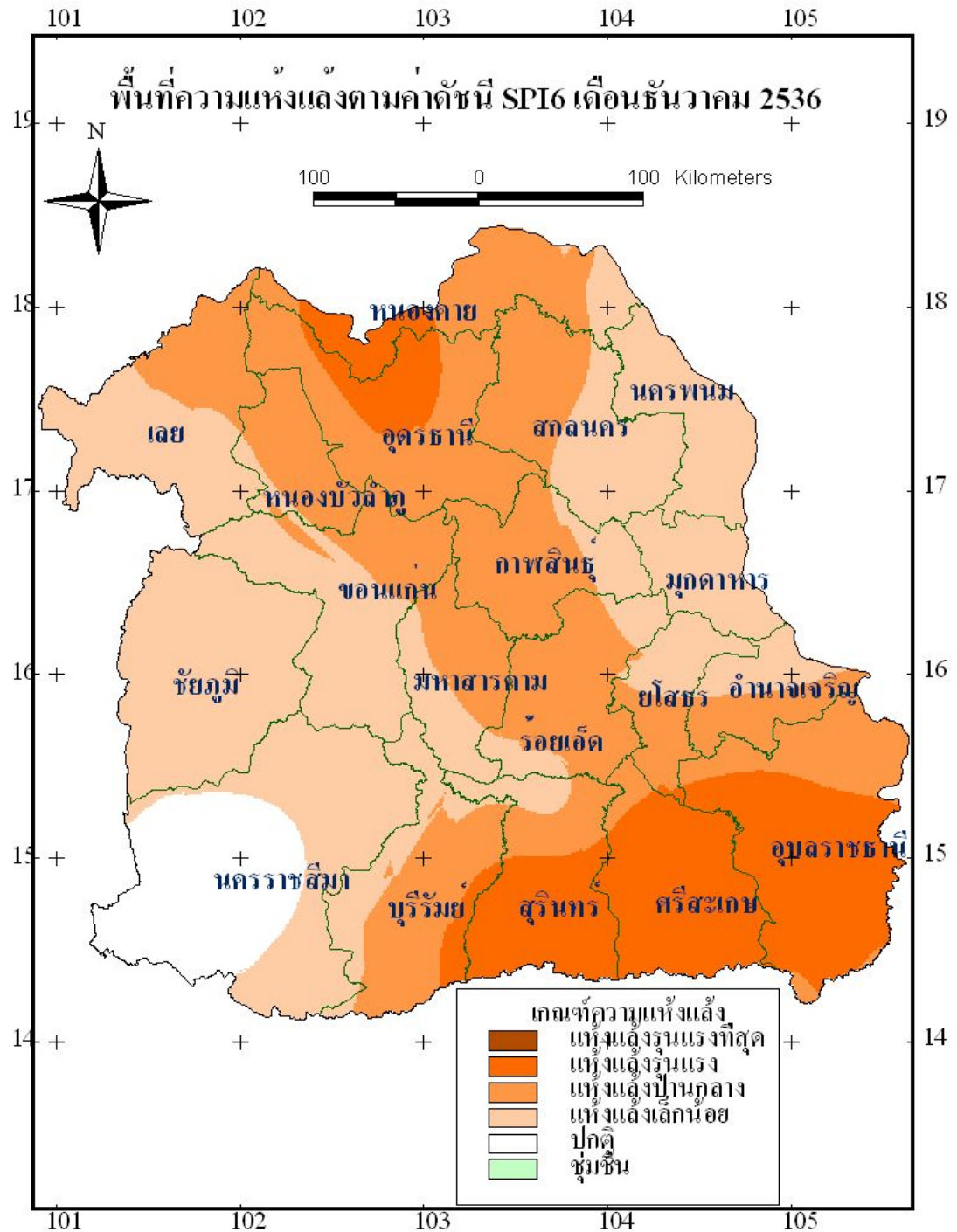
รูปที่ 8 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 เดือนกุมภาพันธ์ 2536

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงที่สุดส่วนมากบริเวณจังหวัดอุดรธานี หนองบัวลำภู และบางพื้นที่ของจังหวัดเลย มุกดาหาร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี บุรีรัมย์และสุรินทร์ สำหรับพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงอยู่ในบางพื้นที่ของจังหวัดเลย หนองคาย ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มุกดาหาร ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี มหาสารคาม ร้อยเอ็ด บุรีรัมย์และสุรินทร์ ส่วนบริเวณอื่นมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงปานกลาง ยกเว้นจังหวัดนครราชสีมาในบางพื้นที่เป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 9



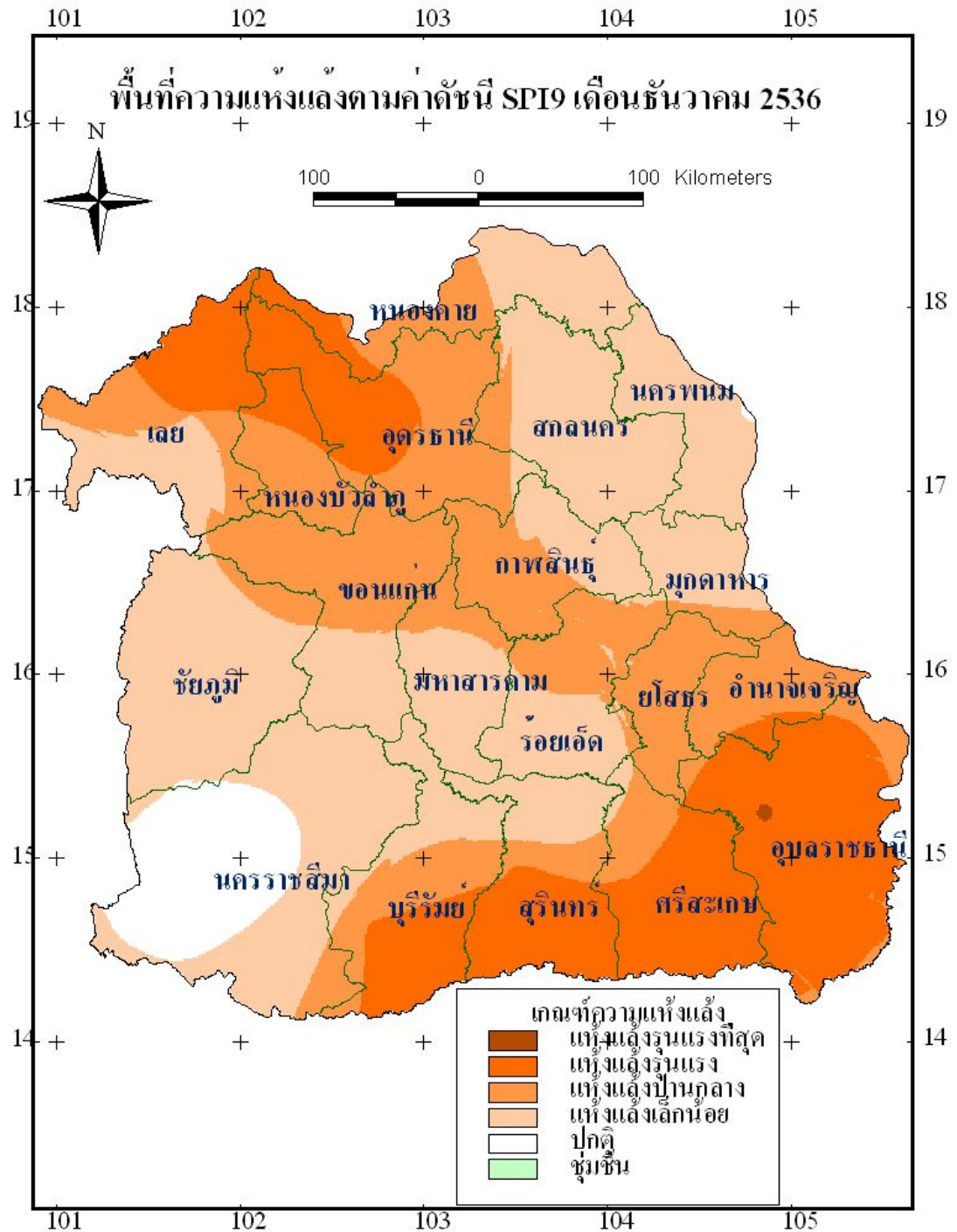
รูปที่ 9 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 เดือนธันวาคม 2536

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI6 ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงส่วนมากบริเวณจังหวัดสุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานีและบางพื้นที่ของจังหวัดหนองคาย และอุดรธานี ส่วนบริเวณอื่นมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงปานกลาง ยกเว้นจังหวัดนครราชสีมาพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 10



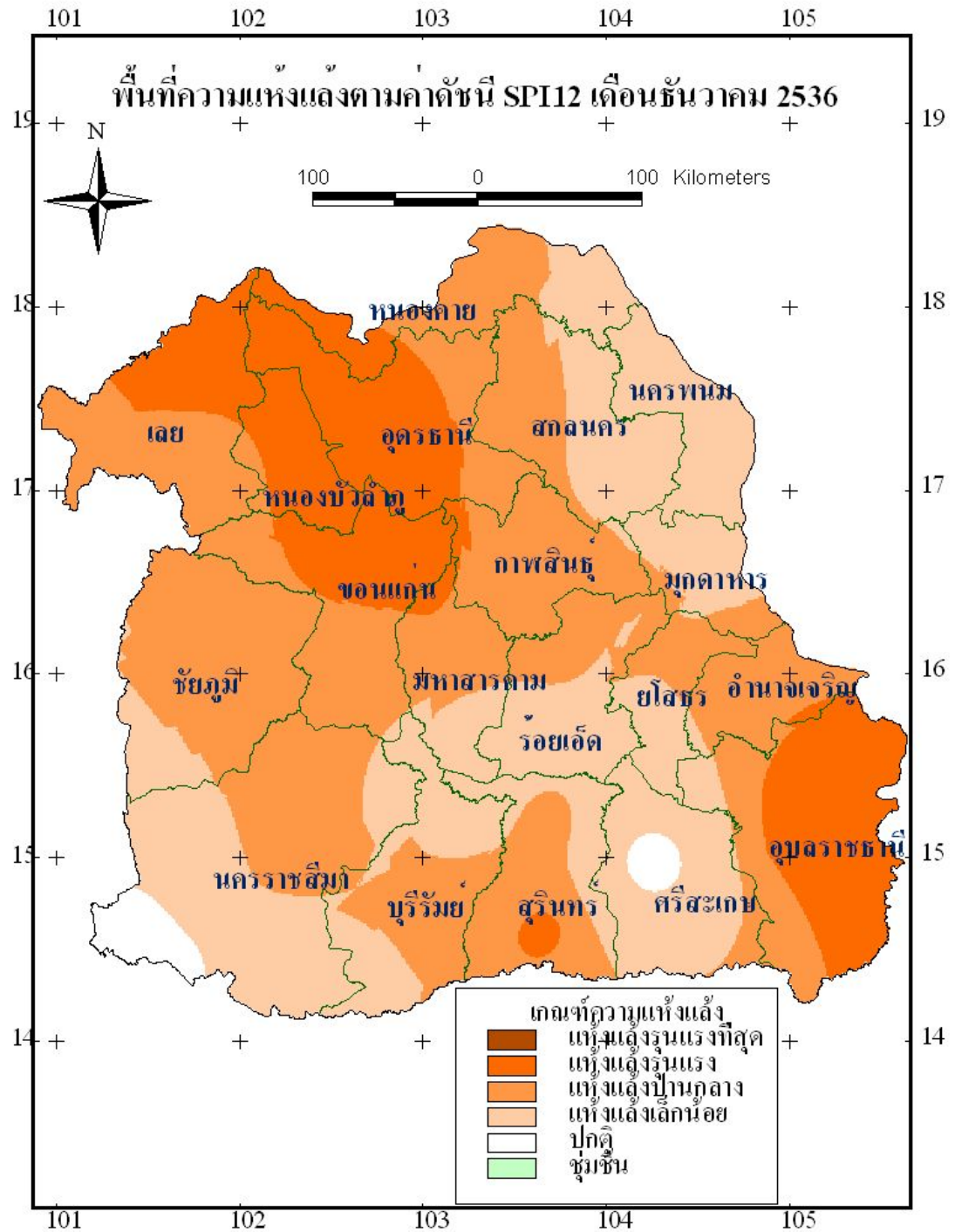
รูปที่ 10 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI6 เดือนธันวาคม 2536

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI9 ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงส่วนมากบริเวณจังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานีและบางพื้นที่ของจังหวัดเลย หนองคาย อุดรธานีและอำนาจเจริญ ส่วนบริเวณอื่นมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงปานกลาง ยกเว้นจังหวัดนครราชสีมาพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI9 เดือนธันวาคม 2536

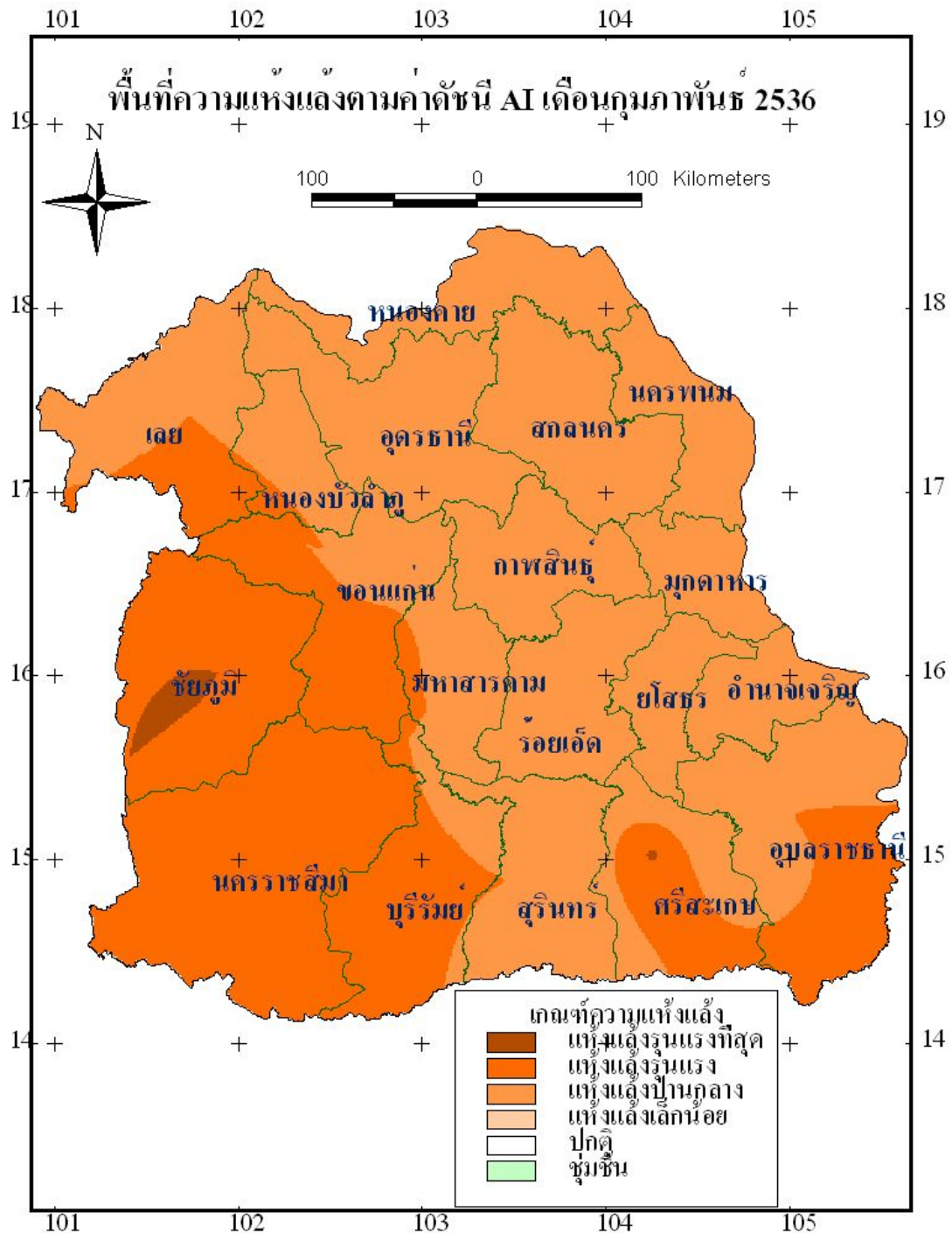
แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI12 ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงอยู่ในบางพื้นที่จังหวัดเลย หนองคาย อุดรธานี หนองบัวลำภู ขอนแก่น สุรินทร์และอุบลราชธานี นอกจากนี้พื้นที่ส่วนใหญ่มีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงปานกลาง ยกเว้นบริเวณตอนกลางของจังหวัดศรีสะเกษไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI12 เดือนธันวาคม 2536

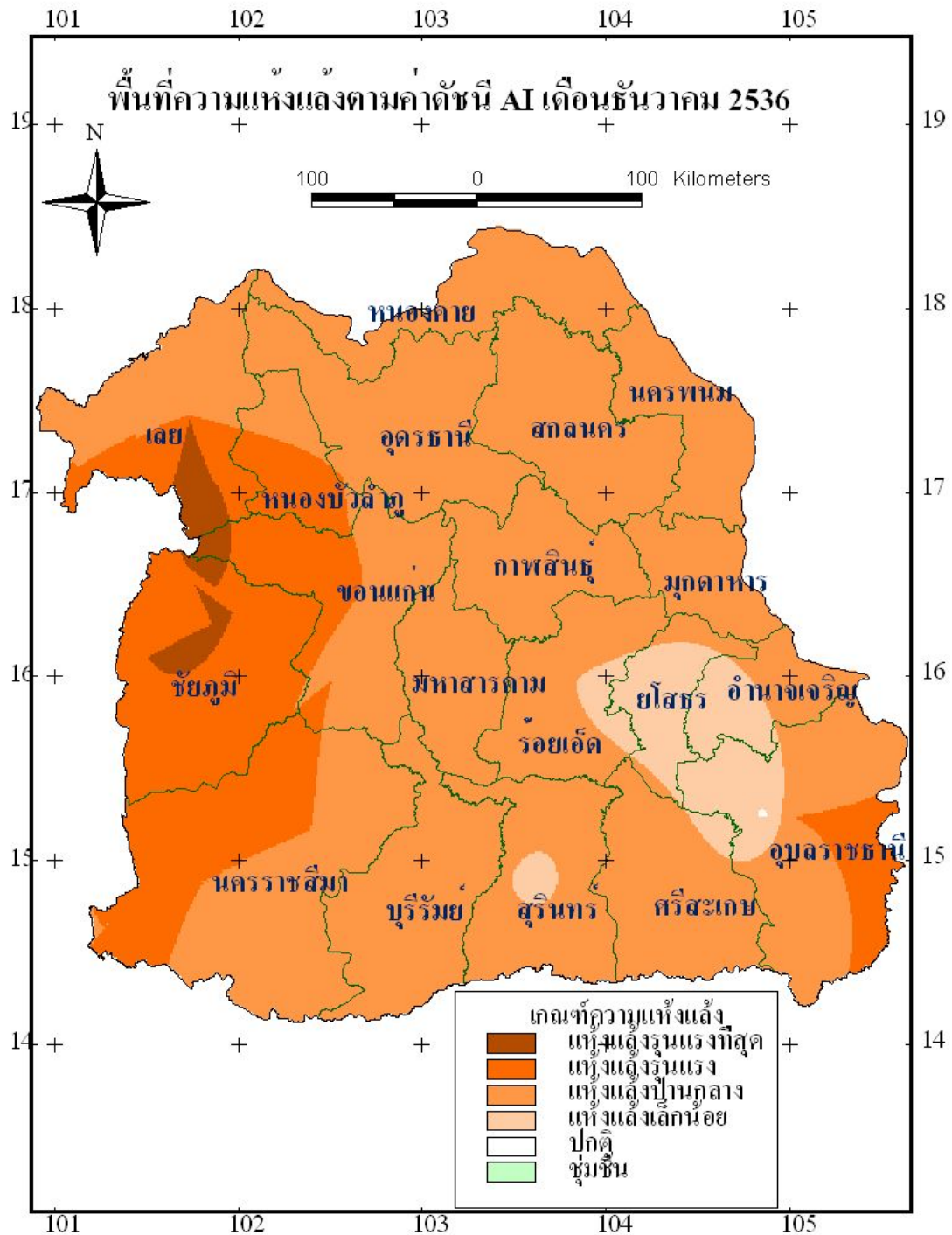
### 2.3.3 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงที่สุดอยู่ในบางพื้นที่ของจังหวัดชัยภูมิ สำหรับพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงอยู่ในบริเวณจังหวัดชัยภูมิ บุรีรัมย์ และนครราชสีมา กับบางพื้นที่ของจังหวัดขอนแก่น ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ส่วนบริเวณอื่นมีความแห้งแล้งปานกลาง โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI เดือนกุมภาพันธ์ 2536

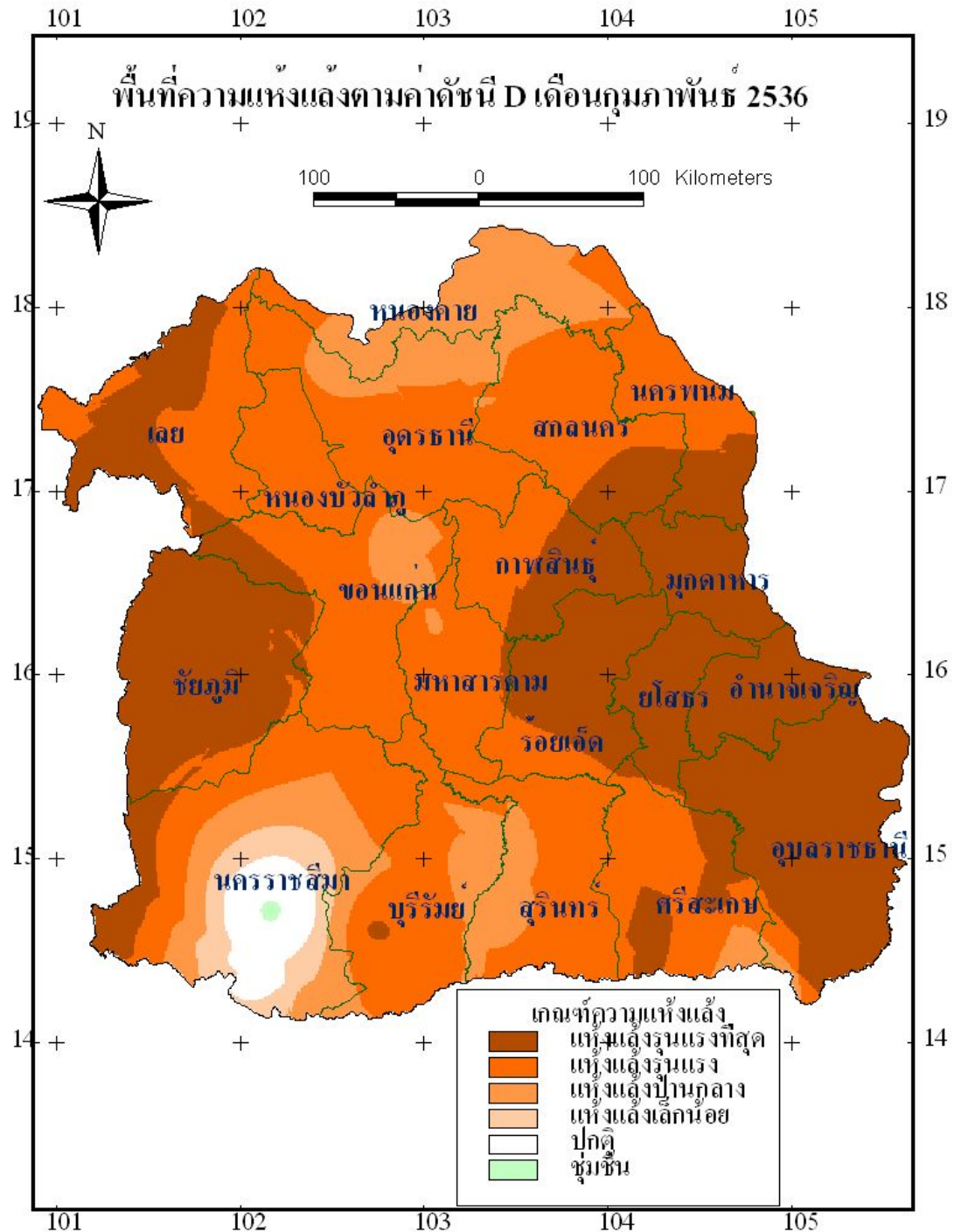
แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงที่สุดในบางพื้นที่ของจังหวัดเลย ขอนแก่น และชัยภูมิ สำหรับพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงอยู่ในบริเวณจังหวัดชัยภูมิ กับบางพื้นที่ของจังหวัดเลย หนองบัวลำภู ขอนแก่น นครราชสีมา และอุบลราชธานี ส่วนบริเวณอื่นพื้นที่ส่วนมากมีความแห้งแล้งปานกลาง ยกเว้นบางพื้นที่ของจังหวัดร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานีและสุรินทร์มีความแห้งแล้งเล็กน้อย โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI เดือนธันวาคม 2536

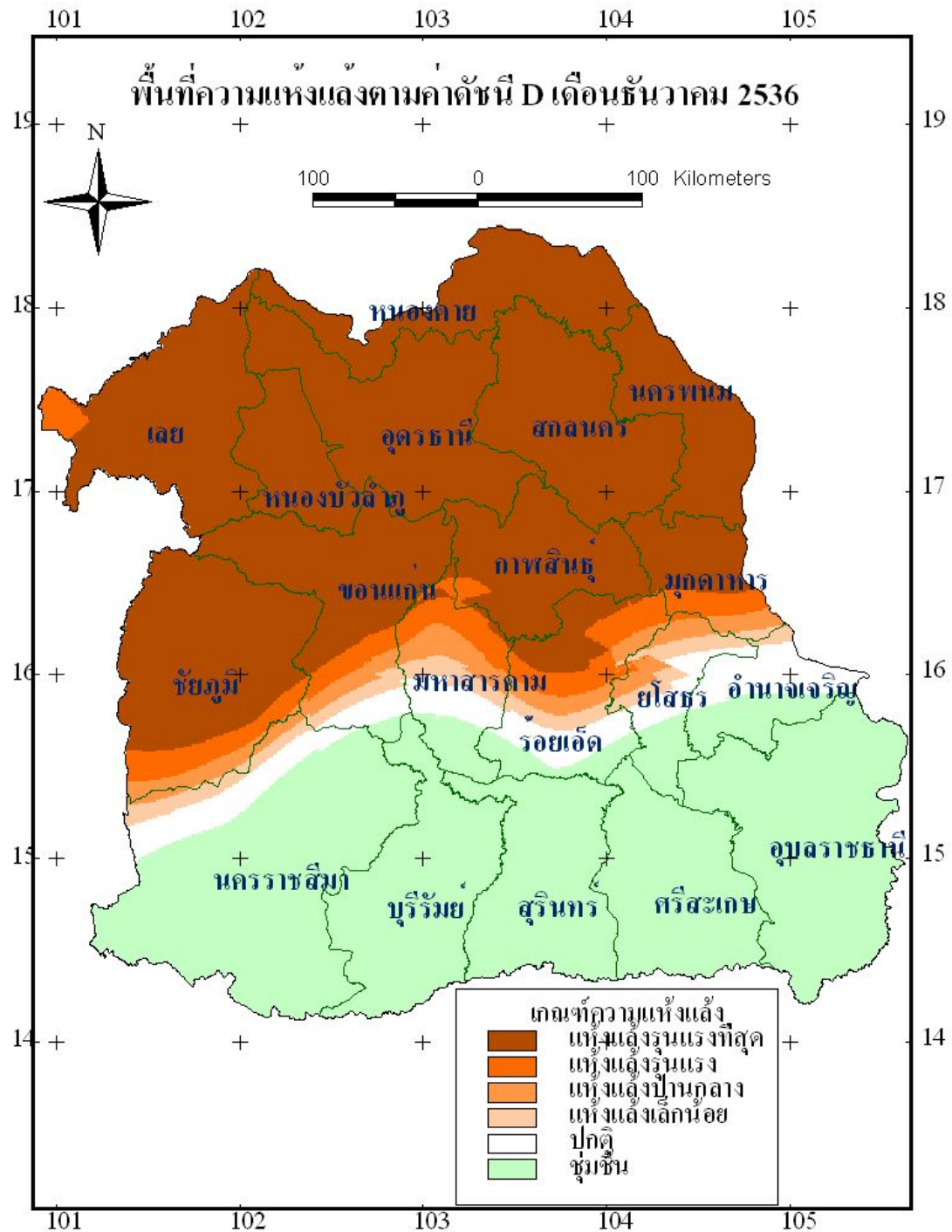
### 2.3.4 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D ในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงที่สุดส่วนมากอยู่ในบริเวณจังหวัดชัยภูมิ สกลนคร นครพนม กาฬสินธุ์ มุกดาหาร ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี กับบางพื้นที่ของจังหวัดเลย นครราชสีมาและศรีสะเกษ นอกจากนี้พื้นที่ส่วนใหญ่มีความแห้งแล้งปานกลางถึงรุนแรง เว้นแต่จังหวัดนครราชสีมาที่มีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงชุ่มชื้น โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D เดือนกุมภาพันธ์ 2536

แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D ในเดือนธันวาคม 2536 ซึ่งมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงที่สุดทางตอนบนของภาค คือ บริเวณจังหวัดเลย หนองคาย อุดรธานี หนองบัวลำภู สกลนคร นครพนม ขอนแก่น ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ และมุกดาหาร สำหรับบริเวณตอนกลางของภาคมีความแห้งแล้งเล็กน้อยไปจนถึงรุนแรง ส่วนบริเวณตอนล่างของภาคไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ กับมีพื้นที่ความชุ่มชื้นอยู่ในบริเวณจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 16



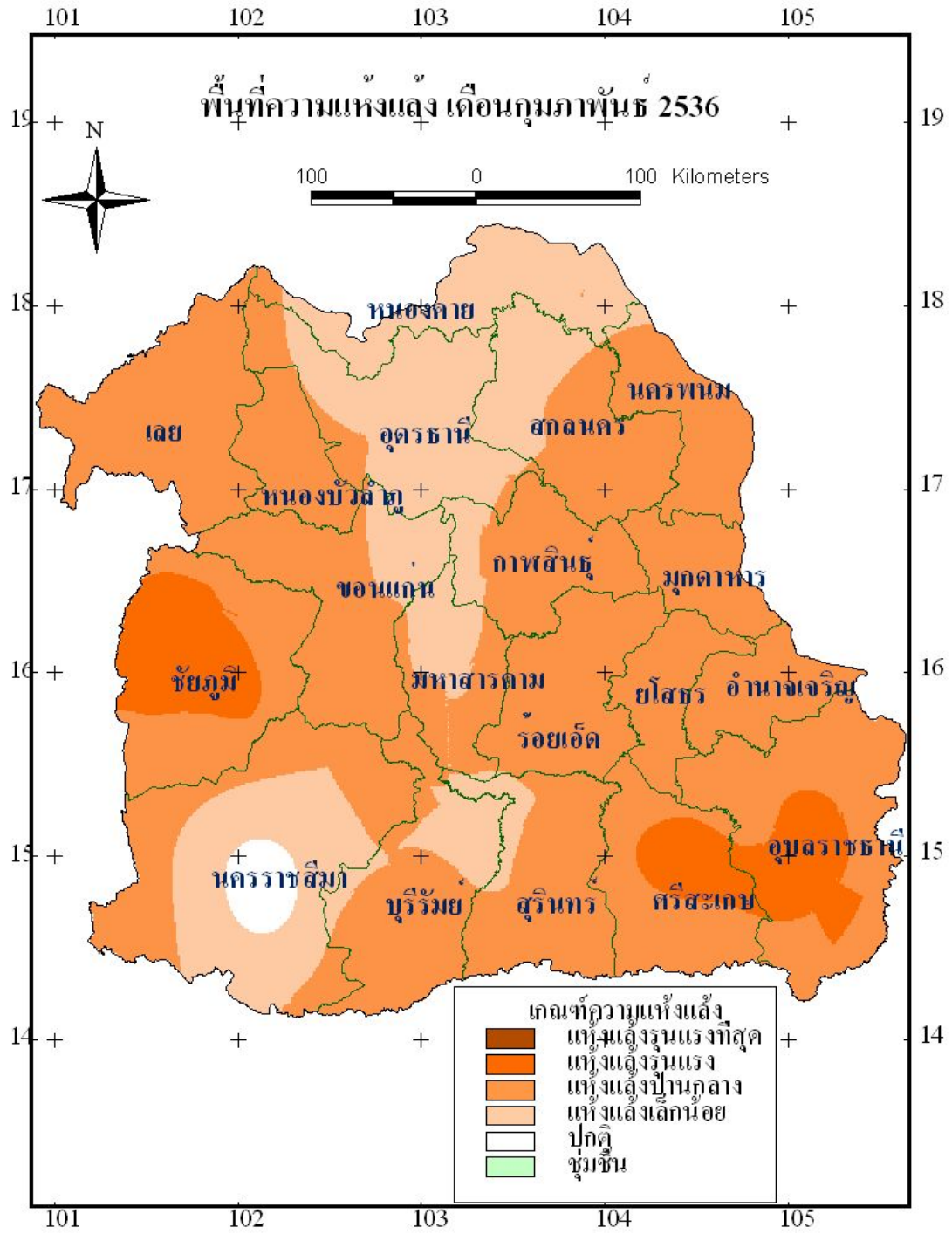
รูปที่ 16 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D เดือนธันวาคม 2536

### 2.3.5 แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก

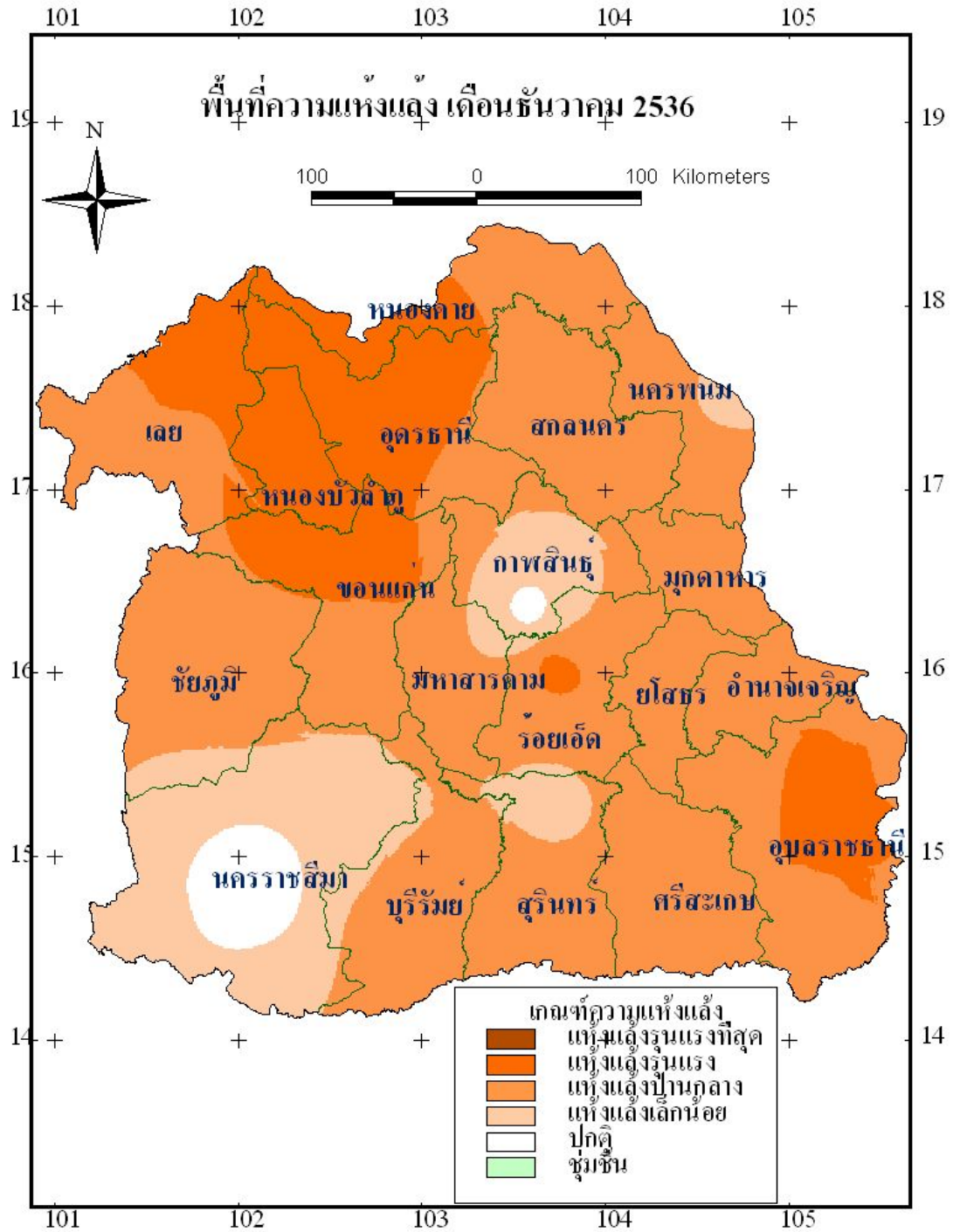
ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง PDSI, SPI, AI และ D ในปี 2536 ซึ่งมีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์เชิงสถิติเป็นรายเดือน ตามตารางที่ 9 แล้วนำมาวิเคราะห์และซ้อนทับข้อมูลกันของค่าดัชนีทุกชนิด เพื่อหาพื้นที่ความแห้งแล้งที่เหมาะสมตามดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีข้อมูลค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก จากผลการวิเคราะห์ด้วย Weighting Score Method ตามภาคผนวกที่ 8 และ 9

การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทุกชนิดแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก ซึ่งได้ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 พบว่ามีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงอยู่ในบางพื้นที่ของจังหวัด ชัยภูมิ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี โดยมีพื้นที่แห้งแล้งปานกลางเป็นส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในบริเวณ จังหวัดเลย สกลนคร นครพนม มุกดาหาร ชัยภูมิ ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร อำนาจเจริญ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ส่วนบริเวณที่มีพื้นที่แห้งแล้งเล็กน้อยอยู่ที่ จังหวัดหนองคาย และอุดรธานี กับบางพื้นที่ของจังหวัดสกลนคร ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม บุรีรัมย์ สุรินทร์ และนครราชสีมา ยกเว้นพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดนครราชสีมาไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 17

การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทุกชนิดแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก ซึ่งได้ดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งในเดือนธันวาคม 2536 พบว่ามีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงอยู่ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเลย หนองคาย อุดรธานี หนองบัวลำภู ขอนแก่น และอุบลราชธานี กับบางพื้นที่ของจังหวัดร้อยเอ็ด นอกจากนั้นพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์พื้นที่แห้งแล้งปานกลาง เว้นแต่จังหวัดนครราชสีมา กาฬสินธุ์ กับบางพื้นที่ของจังหวัดร้อยเอ็ดมีพื้นที่แห้งแล้งเล็กน้อย โดยเฉพาะพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดนครราชสีมา และกาฬสินธุ์ไม่มีความแห้งแล้งหรือเป็นปกติ โดยผลการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่



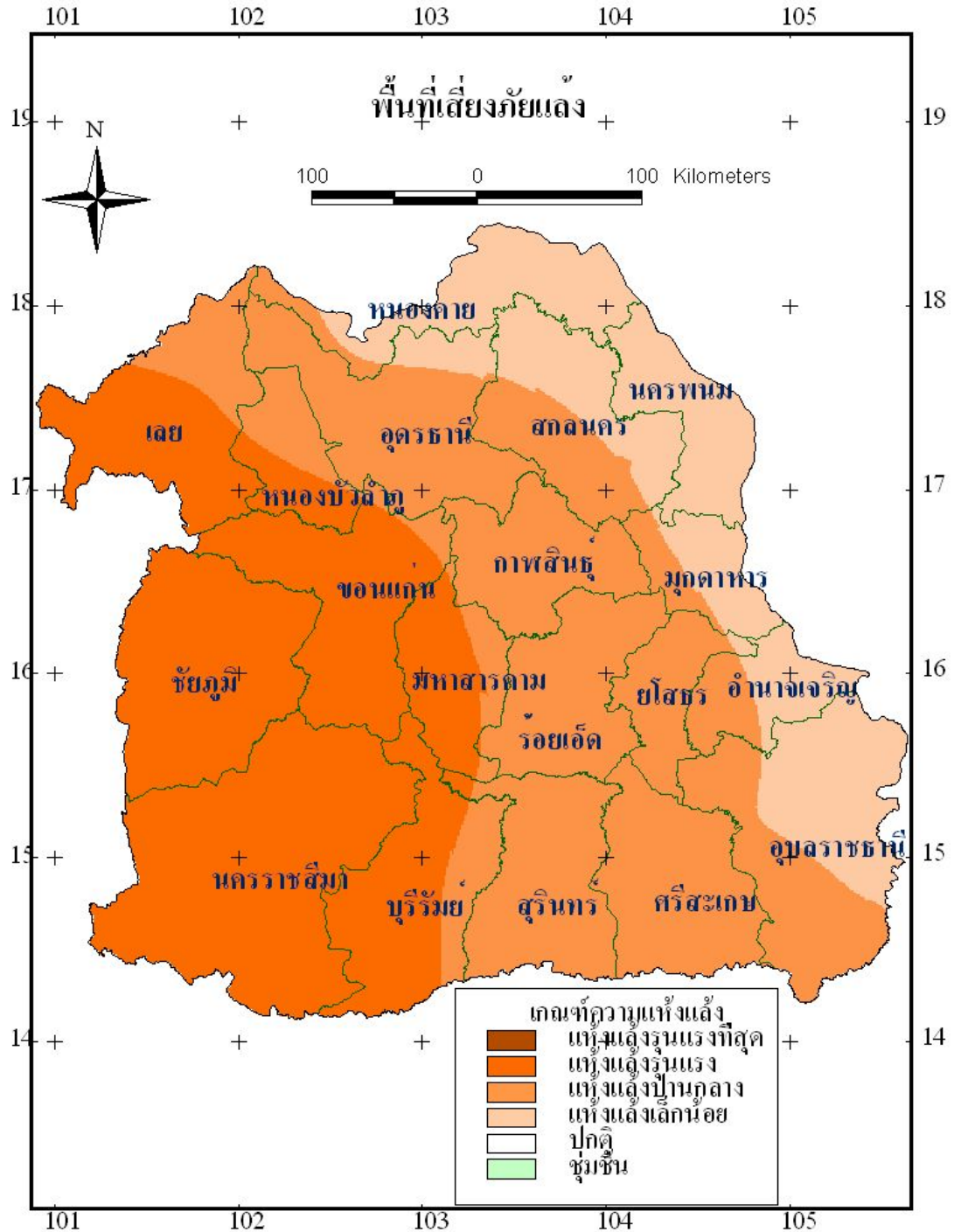
รูปที่ 17 แผนที่แสดงพื้นที่ความเข้มแสงตามแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก เดือนกุมภาพันธ์ 2536



รูปที่ 18 แผนที่แสดงพื้นที่ความเข้มแสงตามแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก เดือนธันวาคม 2536

พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัดในบริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากฐานข้อมูลระบบสารสนเทศพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลในภาคผนวกที่ 10 ต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์แบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก ด้วย Weighting Score Method และได้ข้อมูลตามภาคผนวกที่ 11 ซึ่งมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรุนแรงอยู่ที่จังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ และนครราชสีมา กับบางพื้นที่ของจังหวัดเลย

หนองบัวลำภู มหาสารคาม และบุรีรัมย์ ส่วนบริเวณอื่น ๆ มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ตามรูปที่ 19



รูปที่ 19 แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง

## บทที่ 3

### บทวิจารณ์

#### 3.1 ข้อวิจารณ์ข้อมูลอุตุนิมวิทยา

การดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 คือการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูล เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่าข้อมูลสารประกอบอุตุนิมวิทยาที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ มีความถูกต้องเป็นที่เชื่อถือได้ และอนุกรมภูมิอากาศมีความเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งประเทศต่าง ๆ ได้ให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยจะต้องทำการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ต่อไป ซึ่งจากผลการทดสอบครั้งนี้เป็นที่ยอมรับได้ตามนัยสำคัญทางสถิติที่ตั้งไว้

การจัดเตรียมข้อมูลเริ่มต้นเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้านั้นเป็นการดำเนินการที่สำคัญมาก ถือได้ว่าเป็นหัวใจของการวิเคราะห์วิจัยในเรื่องนี้ที่จำเป็นจะต้องได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการออกมา สำหรับใช้ปฏิบัติการหรือดำเนินการในขั้นตอนอื่นต่อไป โดยข้อมูลอุตุนิมวิทยาในการวิเคราะห์วิจัยครั้งนี้ เนื่องจากผลลัพธ์ของข้อมูลดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง PDSI นั้นใช้ข้อมูลในช่วง 10 ปี ดังนั้นในการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งตามสมการหรือแบบจำลองดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง AI, SPI และ D เพื่อให้สอดคล้องกันจึงใช้ข้อมูลรายเดือนในช่วง 10 ปี เช่นเดียวกัน ตั้งแต่ พ.ศ. 2536–2545 โดยข้อมูลที่ใช้เพื่อคำนวณค่าดัชนีความแห้งแล้ง AI ได้ใช้ข้อมูล 5 ชนิด คือ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และความยาวนานแสงแดดเฉลี่ยรายเดือน จำนวน 16 สถานี ที่มีข้อมูลครบสมบูรณ์ ถ้าขาดข้อมูลชนิดใดชนิดหนึ่งแล้วจะไม่สามารถคำนวณค่าดัชนี AI ได้เลย ส่วนข้อมูลที่ใช้เพื่อคำนวณค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI และ D นั้นใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนเพียงอย่างเดียว จำนวน 25 สถานี แต่ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง D จะต้องใช้ค่าปกติของปริมาณฝนรายเดือน หรือค่าเฉลี่ยคาบ 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2514–2543 มาใช้ในการคำนวณด้วย

#### 3.2 ข้อวิจารณ์ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง

ผลลัพธ์ค่าดัชนี PDSI ในคาบ 10 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม 2536 – ธันวาคม 2545 จากการพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่าในปี 2536 และ 2543 มีค่าความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดอันดับที่หนึ่งและสองตามลำดับ โดยส่วนใหญ่ค่าดัชนีความแห้งแล้งทางอุตุนิมวิทยาของ Palmer (PDSI) แสดงค่าเป็น “ลบ (-)” ในระดับค่าที่แตกต่างกันในพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจะเกิดขึ้นอย่างชัดเจน ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงกุมภาพันธ์ ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความแห้งแล้งในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์และธันวาคม 2536 มีค่าดัชนี PDSI เป็นลบอย่างชัดเจน สำหรับช่วงเดือนมีนาคมถึงสิงหาคม จะเป็นช่วงที่ค่าดัชนีความแห้งแล้ง

ทางอุตุนิยมิวิทยาของ Palmer แสดงค่าเป็น “บวก (+)” ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความชุ่มชื้นสูงกว่าค่าปกติที่ควรจะเป็น

ค่าดัชนี SPI เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ปริมาณฝนเพียงอย่างเดียว และได้ทำการวิเคราะห์ในช่วง 3, 6, 9 และ 12 เดือน ซึ่งเรียกว่า SPI3, SPI6, SPI9 และ SPI12 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดอยู่ในปี 2536 และ 2541 แต่จากการวิเคราะห์ครั้งนี้ไม่มีข้อมูลค่าดัชนี SPI6, SPI9 และ SPI12 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนี SPI เริ่มทำการวิเคราะห์ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2535 เป็นต้นไป ซึ่งเป็นช่วงที่สิ้นสุดฤดูฝน จึงทำให้ค่า SPI สะสมของช่วง 6 เดือน นั้นเริ่มตั้งแต่เดือนเมษายน 2536 และค่า SPI สะสมของช่วง 9 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2536 ส่วนค่า SPI สะสมของช่วง 12 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2536 เป็นต้นไป

ค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI3 เป็นค่าดัชนีแสดงความแห้งแล้งต่อเนื่องในช่วง 3 เดือน จากการพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่า ส่วนใหญ่ค่าดัชนี SPI3 แสดงค่าเป็น “ลบ (-)” ในระดับค่าที่แตกต่างกันในทุกปี ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความแห้งแล้งในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน ตามผลการวิเคราะห์ซึ่งพบว่าในปี 2536 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด โดยเฉพาะในเดือนมีนาคมและธันวาคม 2536 มีค่าดัชนี SPI3 เป็นลบอย่างชัดเจน สำหรับเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ จะเป็นช่วงที่ค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI3 แสดงค่าเป็น “บวก (+)” มากกว่าค่าเป็น “ลบ (-)” ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีค่าความชุ่มชื้นสูงกว่าค่าปกติ

ค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI6 เป็นค่าดัชนีแสดงความแห้งแล้งต่อเนื่องในช่วง 6 เดือน จากการพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่า ส่วนใหญ่ค่าดัชนี SPI6 แสดงค่าเป็น “ลบ (-)” ในระดับค่าที่แตกต่างกันในทุกปี เช่นเดียวกับกับ SPI3 แต่เป็นการแสดงความแห้งแล้งต่อเนื่องที่ยาวนานกว่า ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความแห้งแล้งในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน ตามผลการวิเคราะห์ซึ่งพบว่าในปี 2541 และ 2536 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง และสองตามลำดับ โดยเฉพาะในเดือนกรกฎาคม 2541 มีค่าดัชนี SPI6 เป็นลบอย่างชัดเจน โดยมีค่าต่ำกว่า -1 ซึ่งมีความถี่สะสมมากกว่าเดือนอื่น ๆ ในปีเดียวกัน

ค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI9 เป็นค่าดัชนีแสดงความแห้งแล้งต่อเนื่องในช่วง 9 เดือน จากการพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่า ส่วนใหญ่ค่าดัชนี SPI9 แสดงค่าเป็น “ลบ (-)” ในระดับค่าที่แตกต่างกันในทุกปี เช่นเดียวกับกับ SPI6 แต่เป็นการแสดงความแห้งแล้งต่อเนื่องที่ยาวนานกว่า ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความแห้งแล้งในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน ตามผลการวิเคราะห์ซึ่งพบว่าในปี 2536 และ 2541 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง และสองตามลำดับ โดยเฉพาะในเดือนกันยายน 2536 มีค่าดัชนี SPI9 เป็นลบอย่างชัดเจน โดยค่าดัชนี SPI9 ต่ำกว่า -1 ซึ่งมีความถี่สะสมมากกว่าเดือนอื่น ๆ ในปีเดียวกัน

ค่าดัชนีความแห้งแล้ง SPI12 เป็นค่าดัชนีแสดงความแห้งแล้งต่อเนื่องในช่วง 12 เดือน หรือ 1 ปี จากการพิจารณาในภาพรวมแล้วพบว่า ส่วนใหญ่ค่าดัชนี SPI12 แสดงค่าเป็น “ลบ (-)” ในระดับค่าที่แตกต่างกันในทุกปี ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ดังกล่าวมีความแห้งแล้งในระดับความรุนแรงที่แตกต่างกัน ตามผลการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่าในปี 2536 และ 2541 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง และสองตามลำดับ เช่นเดียวกันกับค่าดัชนี SPI9

ค่าดัชนี AI ซึ่ง K.C. Sinha Ray (2000) ได้ทำการศึกษาเอาไว้ในพื้นที่ของประเทศอินเดีย โดยเป็นการนำค่าผลต่างระหว่างศักย์การคายระเหยกับการคายระเหยจริง แล้วหารด้วยศักย์การคายระเหยต่อจากนั้นจึงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ออกมา ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ความเร็วลมเฉลี่ย และความยาวนานแสงแดดเฉลี่ย รายเดือน โดยเฉพาะข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยนั้นจะต้องทำการคำนวณค่าให้อยู่ที่ระดับ 2 เมตร ซึ่งเป็นระดับเดียวกันกับความสูงของพืชโดยเฉลี่ย เมื่อนำมาใช้ศึกษากับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ในครั้งนี้พบว่าได้ค่าดัชนี AI ที่สูงมาก ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีที่ได้แสดงค่าความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดมากกว่าค่าดัชนีชนิดอื่นๆ โดยจะต้องทำการปรับค่าดัชนีตามเกณฑ์ความแห้งแล้งให้เหมาะสมกับประเทศไทยต่อไปซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับรายงานภาคสนามในช่วงเวลาเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าดัชนีชนิดอื่นๆ ได้ต่อไป ซึ่งเกณฑ์ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI กำหนดให้ค่า  $\leq 0$  เป็นค่าปกติ ส่วน ค่า  $1 - 25\%$  เป็นแห้งแล้งเล็กน้อย ค่า  $26 - 50\%$  เป็นแห้งแล้งปานกลาง ค่า  $51 - 55\%$  เป็นแห้งแล้งรุนแรง ค่า  $> 55\%$  เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด จากผลการวิเคราะห์พบว่าในปี 2541 และ 2536 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่งและสองตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีชนิดอื่น ๆ โดยค่าดัชนีสูงที่สุดอยู่ในทุกปีและมีค่าประมาณ  $+58\%$  ส่วนค่าดัชนีต่ำที่สุดเท่ากับ  $-3\%$  อยู่ในปี 2541 เมื่อพิจารณาเป็นรายเดือนพบว่าเดือนกุมภาพันธ์ 2541 มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด

ค่าดัชนี D ซึ่ง Li et al. (1996) ได้ทำการศึกษาเอาไว้ในพื้นที่ของประเทศจีนโดยใช้ค่าปริมาณฝนอย่างเดียวในการวิเคราะห์ เมื่อนำมาใช้ศึกษากับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยแล้ว น่าจะมีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้อง โดยการเปรียบเทียบกับรายงานภาคสนามในช่วงเวลาเดียวกัน และสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบกับค่าดัชนีชนิดอื่นๆ ได้ต่อไป ซึ่งเกณฑ์ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D กำหนดให้ค่า  $\geq 0$  เป็นค่าปกติ ส่วน ค่า  $-1$  ถึง  $-25\%$  เป็นแห้งแล้งเล็กน้อย ค่า  $-26$  ถึง  $-50\%$  เป็นแห้งแล้งปานกลาง ค่า  $-51$  ถึง  $-80\%$  เป็นแห้งแล้งรุนแรง ค่า  $< -80\%$  เป็นแห้งแล้งรุนแรงที่สุด ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าในปี 2536 และ 2538 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่ง และสองตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายเดือนพบว่าเดือนมกราคม 2536 มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด ซึ่งเป็นการบ่งบอกอย่างชัดเจนว่าเดือนมกราคมนั้นเป็นช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย และมีปริมาณฝนน้อยหรือไม่มีฝนตกเลย ทำให้ค่าดัชนีแสดงค่าความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด ตามค่าปริมาณฝนที่ตก

### 3.3 ข้อวิจารณ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สำหรับผลการวิเคราะห์พบว่าในปี 2536 และ 2541 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดเป็นอันดับที่หนึ่งและสองตามลำดับ ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทั้ง 2 ปีดังกล่าวนี้ มาใช้เป็นกรณีศึกษาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์เชิงสถิติกัน โดยใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

เมื่อพิจารณาในปี 2536 ระหว่างค่าดัชนี SPI ด้วยกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.608 ถึง 0.983 โดยดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.983 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าดัชนี SPI ทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีหรือคิดเป็นร้อยละ 60 ขึ้นไป ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีอื่นๆ นั้น พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ AI มีความสัมพันธ์กันมากกว่าค่าดัชนีชนิดอื่นๆ โดยมีค่าสูงถึง 0.657 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งหมายความว่าค่าดัชนีทั้งสองชนิดนี้มีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี เนื่องจากองค์ประกอบพื้นฐานของสมการหรือแบบจำลองค่าดัชนี PDSI และ AI มาจากการใช้ค่าศักยภาพการคายระเหยและการคายระเหยจริงในการคำนวณค่าดัชนีทั้งสองชนิดนี้ แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนี PDSI กับ D ก็มีความสัมพันธ์กันเป็นอันดับที่สอง โดยมีค่าเท่ากับ 0.454 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนค่าดัชนี PDSI กับ SPI3, SPI6, SPI9 และ SDPI12 มีค่าระหว่าง 0.082 ถึง 0.415 ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์กันน้อย เมื่อพิจารณาเป็นรายเดือนแล้ว พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SPI ด้วยกัน มีความสัมพันธ์กันดีที่สุดในทุกเดือนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.612 ขึ้นไป โดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายนค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.998 ส่วนค่าดัชนีอื่นๆ มีความสัมพันธ์กันลดลงไปตามลำดับ แต่ยังคงมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างดีโดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งถือว่าเป็นเดือนที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด และค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สอง โดยมีค่าเท่ากับ 0.833 และ 0.431 ตามลำดับ และในเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นเดือนที่มีความแห้งแล้งรุนแรงเป็นอันดับที่สอง พบว่าค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด และค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สอง โดยมีค่าเท่ากับ 0.711 และ 0.437 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตลอดทั้งปี 2536

เมื่อพิจารณาในปี 2541 ระหว่างค่าดัชนี SPI ด้วยกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.327 ถึง 0.823 โดยดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.823 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SPI ด้วยกันในปี 2541 น้อยกว่าในปี 2536 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีอื่นๆ นั้นพบค่าดัชนี PDSI กับ D มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุด และค่าดัชนี PDSI กับ AI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นอันดับที่สอง โดยมีค่าเท่ากับ 0.516 และ 0.329 ตามลำดับ ซึ่งคล้ายกันกับปี 2536 แต่มีความสัมพันธ์กันน้อยกว่า และค่าดัชนี PDSI กับ SPI3, SPI6, SPI9 และ SDPI12 มีค่าระหว่าง 0.146 ถึง 0.244 ซึ่งถือว่า

ความสัมพันธ์กันน้อยที่สุดหรืออาจจะกล่าวได้ว่าเกือบไม่มีความสัมพันธ์กันเลย เมื่อพิจารณาเป็นรายเดือนแล้ว พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี SPI ด้วยกัน มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างดี โดยค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.998 ในเดือนเดือนตุลาคม ยกเว้นค่าดัชนี SPI3 กับ SPI12 มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อยในเดือนเมษายนและพฤศจิกายน ส่วนค่าดัชนี PDSI กับ D มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างดีเกือบทุกเดือน โดยเฉพาะในเดือนมิถุนายนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.909 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แต่ค่าดัชนี PDSI กับ AI มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างน้อย โดยในแต่ละเดือนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.407 ลงไป

### 3.4 ข้อวิจารณ์แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้ง

ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยวิทยา PDSI, SPI, AI และ D ในการวิเคราะห์วิจัยครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญ หรือให้ความสนใจสำหรับค่าดัชนีที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งมากกว่าค่าดัชนีที่แสดงพื้นที่ความชุ่มชื้น กล่าวคือ การแบ่งเกณฑ์ค่าดัชนีที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้ง ได้แบ่งตามเกณฑ์ค่าดัชนีแต่ละชนิดที่กำหนดไว้ตามทฤษฎี 5 ระดับ คือ แห้งแล้งเล็กน้อย แห้งแล้งปานกลาง แห้งแล้งรุนแรง และแห้งแล้งรุนแรงที่สุด ส่วนเกณฑ์ค่าดัชนีที่แสดงพื้นที่ที่เป็นปกติไปจนถึงชุ่มชื้นที่สุดนั้น ได้แบ่งไว้เพียง 2 ระดับเท่านั้น คือ ค่าปกติ และชุ่มชื้น

การจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัดทางอุตุนิยวิทยา โดยใช้วิธีการนำเข้าโปรแกรม ArcView ซึ่งจะได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะของจุด (Point) แล้ว Interpolate ข้อมูลในรูปแบบ Point ให้เป็น Grid Cell ขนาด  $1 \times 1$  ตารางกิโลเมตร ด้วยวิธี Kriging Interpolation ต่อจากนั้น Clip ด้วยแผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาตรฐาน 1 : 250,000 (โดยมีพื้นที่ประมาณ 170,226 ตารางกิโลเมตร) ซึ่งจะทำให้ได้แผนที่เชิงตัวเลขแสดงขอบเขตพื้นที่ความแห้งแล้ง ตามค่าดัชนีชี้วัดแต่ละชนิด สำหรับวิธีการกรึง (Kriging Method) คือ วิธีประมาณค่าช่วงแบบกรึง เป็นวิธีการประมาณค่าโดยการให้ค่านำหนักของค่าข้อมูลเข้าเฉลี่ย (Averaged Input Values) การคำนวณค่านำหนักกระทำโดยใช้แบบจำลองเซมิเวรีโอแกรม (Semivariograms) ซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูล ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบว่า ข้อมูลมีความเหมาะสมกับแบบจำลองเซมิเวรีโอแกรมใดมากที่สุด ต่อจากนั้นจึงทำการประมาณค่าดังกล่าวต่อไป

$$Z = \sum(W_i * Z_i)$$

เมื่อ  $Z$  คือ ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง ณ ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่า

$Z_i$  คือ ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง ที่คำนวณได้ที่สถานี  $i$  (point value of point  $i$ )

$W_i$  คือ ค่านำหนักของสถานี  $i$  (weight factor  $i$ )

สำหรับผลการวิเคราะห์แผนที่เชิงตัวเลข แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีแต่ละชนิดเป็นรายเดือน นั้นได้เลือกเอาเดือนกุมภาพันธ์และธันวาคม 2536 นำมาแสดงไว้ตามผลการวิเคราะห์แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้ง ซึ่งถือว่าเป็นเดือนที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด แล้วนำมาใช้

เปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์กัน เพื่อหาแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งที่เหมาะสมตามดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุทกนิยมนิยามด้วย Weighting Score Method ดังรูปที่ 17, 18 และ 19 สำหรับแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งรายเดือนตามค่าดัชนี PDSI, SPI3, SPI6, SPI9, SPI12, AI และ D ในปี 2536 และ 2541 ทั้งหมดนั้นได้บันทึกลงในแผ่นดิสเก็ตตามแนบ โดยแบ่งเป็นแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI, SPI3, AI และ D อย่างละ 24 รูป ส่วนแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI6 มีจำนวน 21 รูป SPI9 มีจำนวน 18 รูป และ SPI12 มีจำนวน 14 รูป โดยรวมทั้งหมดจำนวน 149 รูป

การเปรียบเทียบแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2536 พบว่าแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี PDSI ส่วนใหญ่แสดงพื้นที่แห้งแล้งเล็กน้อยถึงปานกลางโดยมีบางพื้นที่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของภาคมีพื้นที่แห้งแล้งรุนแรง กับมีค่าปกติทางตอนล่างของภาค ส่วนแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 ส่วนใหญ่มีความแห้งแล้งเล็กน้อยทางตอนล่างของภาคส่วนบริเวณอื่นๆ มีค่าปกติ แต่แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ส่วนใหญ่แสดงพื้นที่แห้งแล้งปานกลางถึงรุนแรง สำหรับแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D นั้นแสดงพื้นที่แห้งแล้งรุนแรงถึงรุนแรงที่สุดเป็นบริเวณกว้าง เว้นแต่บางพื้นที่ของจังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ความแห้งแล้งตั้งแต่ปกติไปจนถึงรุนแรง ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์กันระหว่างค่าดัชนี PDSI กับ SPI3 และระหว่างค่าดัชนี AI กับ D มีแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งใกล้เคียงกันโดยการจัดลำดับแผนที่แสดงพื้นที่ความความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดจากมากไปหาน้อย ตามค่าดัชนีแล้วได้ดังนี้คือ D, AI, PDSI และ SPI3 ตามลำดับ และจากการนำไปเปรียบเทียบกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแล้ว พบว่าแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ได้ค่าใกล้เคียงที่สุด

การเปรียบเทียบแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งในเดือนธันวาคม 2536 พบว่าแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี D มีการแบ่งพื้นที่ความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดจนไปถึงชุ่มชื้นจากตอนบนถึงตอนล่างของภาคอย่างชัดเจน เว้นแต่แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี SPI3 กับ SPI12 และระหว่างค่าดัชนี SPI6 กับ SPI9 ซึ่งมีแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งใกล้เคียงกัน และจากการนำไปเปรียบเทียบกับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแล้ว พบว่าแผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI ได้ค่าใกล้เคียงที่สุดเช่นเดียวกับเดือนกุมภาพันธ์

แต่อย่างไรก็ตามโดยการพิจารณาในภาพรวมทุกเดือนแล้ว พบว่าส่วนใหญ่แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันตามค่าดัชนีที่วิเคราะห์ได้ โดยการจัดลำดับแผนที่แสดงพื้นที่ความความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดจากมากไปหาน้อย ตามค่าดัชนีแล้วได้ดังนี้คือ AI, D, SPI และ PDSI ตามลำดับ ซึ่งค่าดัชนี AI จะแสดงพื้นที่ความแห้งแล้งที่รุนแรงที่สุด เมื่อนำมาใช้ศึกษากับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจะต้องทำการปรับเกณฑ์ความแห้งแล้งให้เหมาะสมต่อไป ซึ่งผลลัพธ์แผนที่เชิงตัวเลขที่ได้ในขั้นตอนนี้ถือได้ว่าเป็นข้อมูลอ้างอิง ที่แสดง

สภาพความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาตามระดับที่กำหนดในพื้นที่บริเวณจังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งยังคงต้องการการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์เพื่อให้อยู่ในระดับที่ต้องการ วิธีตรวจสอบที่สามารถจะกระทำได้อีกก็โดยการเปรียบเทียบกับรายงานภาคสนามในช่วงเวลาเดียวกันหลายๆ ครั้งหลายๆ เวลา แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด เพื่อการปรับแก้ไขค่าที่ต้องการต่อไป

ในการตรวจสอบเปรียบเทียบกับรายงานความเสียหายจากพื้นที่ประสบภัยแล้ง โดยจากผลการวิเคราะห์แผนที่แสดงพื้นที่ความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัดทางอุตุนิยมวิทยาพบว่าในปี 2536 และ 2541 ซึ่งเป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยา (2537) ว่าในปี 2536 ได้เกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ประมาณกลางเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม ซึ่งทำให้พื้นที่เกษตรกรรมใน 33 จังหวัด ได้รับความเสียหายกว่า 7 ล้านไร่ นอกจากนี้ในช่วงเดือนตุลาคมฝนได้หมดเร็วกว่าปกติทำให้ข้าวในเขตนาข้าวและพืชไร่อื่นๆ ได้รับความเสียหายกว่า 8 ล้านไร่ ส่วนในปี 2541 ซึ่งเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ รุนแรงที่สุดในช่วงปี 2540-2541 จากรายงานของกลุ่มภูมิภาค กรมอุตุนิยมวิทยา (2547) ว่าในปี 2541 เป็นปีที่ประเทศไทยมีฝนน้อยโดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ประสบปัญหาภัยแล้งรุนแรงต่อเนื่องจากปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะช่วงกลางเดือนมิถุนายนซึ่งเป็นช่วงที่ร่องความกดอากาศต่ำได้เลื่อนขึ้นไปทางเหนือ พาดผ่านนอกเขตประเทศไทย เกิดฝนทิ้งช่วงชัดเจนและเป็นบริเวณกว้าง และช่วงครึ่งหลังของเดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงที่มีรายงานฝนน้อย สำหรับความเสียหายปีนี้มีพื้นที่ประสบภัย 845 อำเภอ/กิ่งอำเภอ จาก 72 จังหวัด มีราษฎรเดือดร้อนมากกว่า 4 ล้านครอบครัว

## บทที่ 4

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 4.1 สรุป

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Test) ของข้อมูลสารประกอบอตุณิยมวิทยารายเดือนในคาบ 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2536 – 2545 ที่สถานีอตุณิยมวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 25 สถานี ซึ่งจากผลการทดสอบครั้งนี้เป็นที่ยอมรับได้ตามนัยสำคัญทางสถิติที่ตั้งไว้ แล้วจึงนำข้อมูลไปใช้ในสมการหรือ แบบจำลองในการคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง Standardized Precipitation Index (SPI), Aridity Anomaly Index (AI) และ The Meteorological Drought Index (D) เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือได้มาตรฐานตามข้อกำหนดขององค์การอตุณิยมวิทยาโลก (WMO) รวมทั้งเป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศพื้นที่ประสบภัยแล้ง และประยุกต์ใช้แบบจำลองดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยา Palmer Drought Severity Index (PDSI) ซึ่งเป็นการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยเรื่อง Meteorological Drought Classification basing on Using Normalized Difference Vegetative Index โดยนำมาศึกษาวิจัยในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดของประเทศไทย ทั้งนี้ได้คิดค้นในการพัฒนาและหาค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยาขึ้น โดยได้อ้างอิงและประยุกต์มาจากหลักการทางวิชาการในปัจจุบันที่ใช้ในต่างประเทศ คือ ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง AI และ D ซึ่งยังไม่มีผู้ศึกษาวิจัยไว้ในพื้นที่ของประเทศไทยมาก่อน โดยได้นำค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยาใหม่นี้มาใช้เปรียบเทียบ และหาความสัมพันธ์กับดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยา ที่มีผู้ทำการศึกษาวิจัยไว้แล้ว เพื่อให้ได้แผนที่เชิงตัวเลขที่แสดงค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยาที่เหมาะสม สำหรับพื้นที่ศึกษาด้วยวิธี การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษา และพัฒนาแบบจำลองดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอตุณิยมวิทยาในพื้นที่ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติในช่วงเวลาที่ศึกษา (พ.ศ. 2536 – 2545) พบว่าในปี 2536 และ 2541 เป็นปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงที่สุดอันดับที่หนึ่งและสองตามลำดับ และจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กัน จากกรณีศึกษาในปี 2536 ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเมทริกซ์ (Matrix Correlations Coefficient) ระหว่างค่าดัชนี PDSI กับ AI พบว่ามีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.657 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ส่วนในปี 2541 ระหว่างค่าดัชนี PDSI กับ D พบว่ามีความสัมพันธ์กันมากที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.516 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 สำหรับค่าดัชนี SPI นั้นมีความสัมพันธ์กันกับค่าดัชนีชนิดอื่นค่อนข้างน้อย ยกเว้นเฉพาะในกลุ่ม SPI ด้วยกันเท่านั้นที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดในปี 2536 คือระหว่างค่าดัชนี SPI9 กับ SPI12 มีค่าเท่ากับ 0.983 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ห้วงครั้งนี้ ได้ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ ประสบภัยแล้งบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 4 ชนิด คือค่าดัชนี PDSI, SPI, AI และ D โดยเฉพาะค่าดัชนี SPI ได้ทำการวิเคราะห์แบ่งออกเป็นในช่วง 3, 6, 9, 12 เดือน หรือ SPI3, SPI6, SPI9 และ SPI12 ตามลำดับ พร้อมกับได้ผลผลิตแผนที่เชิงตัวเลข (Digital Map) รายเดือนจำนวน รวม 149 รูป ซึ่งเป็นแผนที่ที่แสดงขอบเขตสภาพพื้นที่ความแห้งแล้ง และความรุนแรงของความแห้งแล้งในระดับต่าง ๆ ในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม ซึ่งจาก ผลการวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบกับแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งแล้ว พบว่าแผนที่แสดงความแห้งแล้งตามค่าดัชนีชี้วัด AI ให้ค่าใกล้เคียงกับแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งมากที่สุด แต่ให้ค่าที่ แสดงความรุนแรงของความแห้งแล้งในระดับที่สูงมากเกินกว่าที่เป็นจริง ซึ่งจะต้องปรับเกณฑ์ความแห้งแล้งตามค่าดัชนี AI นี้ให้เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทยก่อนนำไปใช้ต่อไป แต่อย่างไรก็ตามในการวิเคราะห์ห้วงครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการใช้ ประโยชน์ในการเฝ้าระวัง คาดการณ์และติดตามประเมินผล รวมทั้งเตือนภัยในเชิงรุก การเตรียมการป้องกันความเสียหายจากภัยแล้ง และเตรียมความพร้อมในการเผชิญกับสภาพความแห้งแล้งเพื่อลดหรือบรรเทาผลเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น โดยสามารถกำหนดแผนดำเนินการทั้งระยะสั้น และระยะยาว ในการหาทางป้องกันและแก้ไข ความเสียหายเป็นการล่วงหน้าอย่างทันท่วงทีในพื้นที่ ที่ประสบภัยแล้งเป็นประจำทุกปี ซึ่งจากผลของการวิเคราะห์ทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปร ทางด้านภูมิอากาศ ได้แก่ มรสุมชนิดต่าง ๆ (Monsoon) ร่องมรสุม (Inter Tropical Convergence Zone) และพายุหมุนเขตร้อน (Tropical Storm) เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อสภาพความแห้งแล้ง และความชุ่มชื้นในบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออย่างชัดเจน

#### 4.2 ข้อเสนอแนะ

แผนที่เชิงตัวเลขแสดงความแห้งแล้งทางอุตุนิยมวิทยาตามค่าดัชนีต่างๆ ที่ได้รับจากการ ศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือว่าเป็นแผนที่แสดงค่าสถิติที่ใช้อ้างอิงเหตุการณ์ที่ผ่านมาในอดีต ว่ามีลักษณะ และแนวโน้มการเกิดความแห้งแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นอย่างไร บริเวณใดเกิดความแห้งแล้งบ่อย ที่สุด ระดับความรุนแรงมากหรือน้อย ช่วงที่เกิดอยู่ในเวลาใดและปัจจัยที่ทำให้เกิดคืออะไร เหล่านี้ จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นข้อมูลเบื้องต้น เพื่อการวางแผนป้องกันและบรรเทาความ สูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากภัยธรรมชาติในระดับหนึ่งเท่านั้น ในทางปฏิบัติหากต้องการความ ถูกต้องที่มากกว่านี้ จำเป็นที่จะต้องมีการดำเนินการศึกษาวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่นำมาใช้ในแบบจำลองควรมีช่วงความยาวนานมากกว่านี้ อย่างน้อย 25 ปีขึ้นไป

2. ต้องมีการนำข้อมูลพืชที่มีการปลูกจริงในแต่ละช่วงเวลา มาใช้ในการคำนวณของ แบบจำลอง เพื่อให้ได้ค่า Transpiration, Potential Transpiration, Potential Evapotranspiration และ

Crop Reference Evapotranspiration เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการคำนวณค่าสมดุลน้ำในแต่ละพื้นที่ ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด สำหรับพัฒนาแบบจำลองค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง PDSI และ AI

3. ต้องมีการปรับปรุงข้อมูลดินให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากยิ่งขึ้น เป็นข้อมูลที่ทันสมัยและมีคุณสมบัติของดินต่างๆ ตรงกับพื้นที่ที่ต้องการศึกษา สำหรับพัฒนาแบบจำลองค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้ง PDSI

4. การทดสอบความถูกต้องกับข้อมูลภาคสนาม ควรมีการดำเนินการอย่างสม่ำเสมอและหลาย ๆ บริเวณพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้ได้ข้อมูลในหลากหลายรูปแบบตรงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด เพื่อนำมาปรับปรุง แก้ไข แผนที่ให้มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

อนึ่ง นอกจากนี้แล้วผลการศึกษาวิจัยที่ได้นี้คือแผนที่เชิงตัวเลขแสดงขอบเขตพื้นที่ ประสพภัยแล้งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งทางอุทกนิยมนิยามวิทยาเป็นตัวแปรหลัก ซึ่งพื้นที่ที่ใช้ศึกษานั้นครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งภาคเป็นบริเวณกว้างมาก ดังนั้นในโอกาสต่อไป ควรทำการศึกษาวิจัยในพื้นที่ที่เป็นรายละเอียดในระดับจังหวัดหรือระดับอำเภอ รวมทั้งใช้ตัวแปรทางด้านอื่นๆ ในการศึกษาวิจัยร่วมด้วย เช่น แผนที่เชิงกายภาพภูมิสารสนเทศ ที่เป็นการรังวัดพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Surface Model : DSM) และแบบจำลองระดับสูง (Digital Elevation Model : DEM) ซึ่งเป็นโมเดลจากระบบสำรวจรังวัดภูมิประเทศด้วยเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน (Light Detection And Ranging : LIDAR) รวมทั้งแผนที่เชิงตัวเลขข้อมูลการใช้ที่ดิน (Land use) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น และได้แผนที่เชิงตัวเลขใกล้เคียงกับพื้นที่ประสพภัยแล้งจริง โดยจะต้องมีการสำรวจภาคสนาม เพื่อติดตามและประเมินผลแล้วนำข้อมูลจริงมาเปรียบเทียบและปรับแก้ต่อไปในการลงพื้นที่ Test Site บริเวณประสพภัยแล้งตามผลการศึกษาวิจัยที่ได้ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็น Ground Truth และถูกต้องตรงตามเป็นจริง ทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเฝ้าระวัง คาดการณ์ และเตือนภัยในเชิงรุก สำหรับแก้ปัญหาภัยแล้งได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามภัยแล้งเป็นภัยธรรมชาติที่เป็นปัญหาในระดับชาติ และทำให้ราษฎรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประสพภัยเป็นประจำทุกปี ซึ่งถ้ามีการบูรณาการในการบริหารจัดการร่วมกันของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง อย่างมีระบบและเป็นลำดับอย่างต่อเนื่องและเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่าย โดยมีกรอบกระบวนการที่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลาที่เกิดวิกฤติภัยแล้งขึ้น ก็จะสามารถตอบสนองประสิทธิภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยอาศัยและมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม มาเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการ จัดเก็บ วิเคราะห์ และประมวลผลแบบจำลอง แล้วนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งก็จะสามารถแก้ปัญหาจากภัยธรรมชาตินี้ได้ในที่สุด

## คำนิยม

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ ดร. สมชาย ไข่ม่วง ผู้อำนวยการสำนักพยากรณ์อากาศ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีชี้วัดความแห้งทางอุตุนิยมวิทยาของ Palmer (PDSI) พร้อมทั้งให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการวิเคราะห์วิจัย และจัดทำเอกสารวิชาการนี้ และขอขอบคุณนายสมาน ปราการรัตน์ หัวหน้ากลุ่มวิชาการอุตุนิยมวิทยาเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา และนายนิพนธ์ สุคันธเมศวร์ เจ้าหน้าที่บริหารงานอุตุนิยมวิทยา 7 ส่วนฝ่ายวังสภาวะอากาศ สำนักฝ่ายวังและเตือนสภาวะอากาศ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จนทำให้เอกสารวิชาการนี้สำเร็จครบถ้วนสมบูรณ์

เทวินทร์ โจมทา

## บรรณานุกรม

- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ. 2545. ระบบสารสนเทศพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง. ศูนย์คอมพิวเตอร์.  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชลาลัย แจ่มผล. 2547. ความรุนแรงของความแห้งแล้งในประเทศไทย. กลุ่มภูมิอากาศ.  
สำนักพัฒนาอุตุนิยมนวิทยา. กรมอุตุนิยมนวิทยา.
- รัชมี สุวรรณวิระกำธร. 2545. การวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแล้งโดยการซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ  
เมทริกซ์ : กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำเชิญ. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์. คณะวิทยาศาสตร์.  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สมชาย ไบม่วง และคณะ. 2548. Meteorological Drought Classification basing on Using Normalized  
Difference Vegetative Index. กลุ่มวิชาการอุตุนิยมนวิทยาเกษตร. สำนักพัฒนาอุตุนิยมนวิทยา.  
กรมอุตุนิยมนวิทยา.
- สมบัติ อยู่เมือง. 2548. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล  
เพื่อบริหารจัดการพิบัติภัยที่เกิดจากน้ำท่วมในลุ่มน้ำปิง วัง ยม และน่าน. ภาควิชาธรณีวิทยา.  
คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กลุ่มภูมิอากาศ. 2547. สภาวะฝนแล้งในประเทศไทย. เอกสารเผยแพร่. สำนักพัฒนาอุตุนิยมนวิทยา.  
กรมอุตุนิยมนวิทยา.
- กองภูมิอากาศ. 2536. ฤดูฝนของประเทศไทย ประจำปี 2536. กรมอุตุนิยมนวิทยา.
- กองภูมิอากาศ. 2541. ฤดูฝนของประเทศไทย ประจำปี 2541. กรมอุตุนิยมนวิทยา.
- Amin Haque. 2003. Estimating actual areal evapotranspiration from potential evapotranspiration  
using physical models based on complementary relationships meteorological data.  
Department of Chemistry and Physics, Alcorn State University, Alcorn State, Lorman,  
Mississippi 39096, USA
- Anne Steinemann. 2003. Drought Indicators and Triggers: A Stochastic Approach to  
Evaluation. Journal of the American Water Resources Association.
- Anne Steinemann et. al 2005. Drought Indicators and Triggers. Forthcoming, in Wilhite, D. (ed).  
Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues. Marcel Dekker,  
NY, 2005.
- Antarpreet Singh Jutla. 2006. Hydrologic Modeling of Reconstructed Watersheds using a System  
Dynamics Approach. Forthcoming, in Wilhite, D. (ed). Drought and Water Crises: Science,  
Technology, and Management Issues. Marcel Dekker, NY, 2005.

- Benjamin Lloyd-Hughes and Mark A. Saunders. 2002. A Drought Climatology For Europe. Royal Meteorological Society. International Journal of Climatology. Int. J. Climatol. 22: 1571-1592 (2002).
- B. Narasimhan and R. Srinivasan. 2005. Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring. Agricultural and Forest Meteorology 133 (2005) 69-88. Spatial Science Laboratory, Texas Agricultural Experiment Station, 1500 Research Pkwy, Ste.B223, College, TX 77840,USA.
- F. Kemal Sonmez et. al 2005. An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardized Precipitation Index. Natural Hazards (2005)35: 243-264. DOI 10.1007/s11069-004-5704-7.
- Jianbiao Lu. 2002. Modeling Regional Evapotranspiration for Forested Watersheds across the Southern United States. A thesis submitted to the Faculty of North Carolina State University. Department of Forestry. Raleigh.
- Joshua B. Fisher. et. al 2004. Evapotranspiration Models compared on a Sierra Nava Forest ecosystem. Department of Environmental Science, Policy and Management, Forest Science Division, University of California 151 Hilgard Hall, Baerkeley, CA 94720-3114, USA.
- K.C. Sinha Ray. 2000. Role of Drought Early Warning Systems for Sustainable Agricultural Research in India. India Meteorological Department, Pune, India.
- Li K. 2000. Drought Early Warning Impact Assessment in China. Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
- Mckee T.B. Doesken, N.J. and J. Kleist. 1993. The Relationship of Drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applie Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, 1993 Anaheim CA, pp. 179-186.
- Michael T. Hobbins. et. al. 1999. The Complementary Relationship in Regional Evapotranspiration: The CRAE Model and The Advection-Aridity Approach. Civil Engineering Dept.,Colorado State University, Fort Collins, CO 80523.
- Michael T. Hobbins. et. al. 2001. The Complementary Relationship in Estimation of Regional Evapotranspiration: An enhanced Advection-Aridity model. Civil Engineering Dept., Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, Paper number 2000WR900359.
- Miroslav Trnka. et. al. 2003. Selected Methods of Drought Evaluation in South Moravia and Northern Austria. Institute for Landscape Ecology, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno, Czech Republic.

- Palmer W. C. 1965. Meteorological Drought. Research Paper No.45. Office of Climatology, U.S. Weather Bureau, Washington, D.C.
- Paul W. Brown. et al. 2001. Penman Monteith Crop Coefficients for Use with Desert Turf Systems. Dep. of Soil, Water and Environmental Sci., Univ. of Arizona, Tucson, AZ 85721, Published in Crop Sci. 41:1197-1206(2001).
- Richard G. Allen. Luis S. Pereira. Dirk Raes. Martin Smith. 1998. Crop Evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO-Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 199., M-56. ISBN 92-5-104219-5.
- Shamsuddin Shahid et. al. 2005. Study the Spatio-Temporal Characteristics of Drought in North Bangladesh using Geographic Information System. Remote Sensing & GIS Fos, School of Advance Technologies, Asian Institute of Technology. Pathum Thani -12120, Thailand.
- S.M. Vicente-Serrano and J.I. Lopez-Moreno. 2005. Hydrological response to different time scale of climatological drought: an evaluation of standardized precipitation index in a mountainous Mediterranean basin. Hydrology and Earth System Sciences Discussions. 2, 1221-1246.
- พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัด, [http://202.12.97.99/drought/drought\\_data.htm](http://202.12.97.99/drought/drought_data.htm)
- เนื้อที่แล้งซ้ำซาก, [http://www.idd.go.th/web\\_irw/drought.html](http://www.idd.go.th/web_irw/drought.html)
- AnClim Software, <http://www.klimahom.com/software/ACDownload.html>
- FAO-PMON Program, <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/webpub/REVMETH.htm>
- R-1.9.0 Software, <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.html>
- SPI\_SL\_6 Software, [http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi\\_program.htm#program](http://www.drought.unl.edu/monitor/spi/program/spi_program.htm#program)

**ภาคผนวก**

## ภาคผนวกที่ 1 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี PDSI ปี 2536 (1993)

PDSI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	PDSI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-10.25	1	.3	.6	.6	-40	1	.3	.6	40.4
-4.44	1	.3	.6	1.3	-33	1	.3	.6	41.0
-4.40	1	.3	.6	1.9	-19	2	.6	1.3	42.3
-3.99	1	.3	.6	2.6	-14	1	.3	.6	42.9
-3.65	1	.3	.6	3.2	-12	2	.6	1.3	44.2
-3.45	1	.3	.6	3.8	-09	2	.6	1.3	45.5
-3.35	1	.3	.6	4.5	-04	1	.3	.6	46.2
-3.18	1	.3	.6	5.1	.00	24	7.7	15.4	61.5
-2.99	1	.3	.6	5.8	.01	1	.3	.6	62.2
-2.98	1	.3	.6	6.4	.03	2	.6	1.3	63.5
-2.96	1	.3	.6	7.1	.05	1	.3	.6	64.1
-2.95	1	.3	.6	7.7	.07	1	.3	.6	64.7
-2.81	1	.3	.6	8.3	.12	1	.3	.6	65.4
-2.76	1	.3	.6	9.0	.16	1	.3	.6	66.0
-2.75	1	.3	.6	9.6	.20	1	.3	.6	66.7
-2.74	1	.3	.6	10.3	.23	3	1.0	1.9	68.6
-2.64	1	.3	.6	10.9	.26	1	.3	.6	69.2
-2.63	1	.3	.6	11.5	.29	2	.6	1.3	70.5
-2.62	1	.3	.6	12.2	.32	1	.3	.6	71.2
-2.51	1	.3	.6	12.8	.36	1	.3	.6	71.8
-2.47	1	.3	.6	13.5	.38	1	.3	.6	72.4
-2.29	1	.3	.6	14.1	.43	1	.3	.6	73.1
-2.23	1	.3	.6	14.7	.44	2	.6	1.3	74.4
-2.08	1	.3	.6	15.4	.48	1	.3	.6	75.0
-2.03	1	.3	.6	16.0	.49	1	.3	.6	75.6
-2.01	1	.3	.6	16.7	.57	1	.3	.6	76.3
-1.92	1	.3	.6	17.3	.59	1	.3	.6	76.9
-1.91	1	.3	.6	17.9	.76	1	.3	.6	77.6
-1.88	1	.3	.6	18.6	.86	1	.3	.6	78.2
-1.79	2	.6	1.3	19.9	.88	1	.3	.6	78.8
-1.67	1	.3	.6	20.5	.95	2	.6	1.3	80.1
-1.63	1	.3	.6	21.2	1.04	1	.3	.6	80.8
-1.59	2	.6	1.3	22.4	1.05	2	.6	1.3	82.1
-1.56	1	.3	.6	23.1	1.06	1	.3	.6	82.7
-1.38	1	.3	.6	23.7	1.10	1	.3	.6	83.3
-1.37	1	.3	.6	24.4	1.13	1	.3	.6	84.0
-1.35	1	.3	.6	25.0	1.14	2	.6	1.3	85.3
-1.32	1	.3	.6	25.6	1.28	1	.3	.6	85.9
-1.26	1	.3	.6	26.3	1.34	1	.3	.6	86.5
-1.25	1	.3	.6	26.9	1.36	1	.3	.6	87.2
-1.17	1	.3	.6	27.6	1.37	1	.3	.6	87.8
-1.10	1	.3	.6	28.2	1.43	1	.3	.6	88.5
-1.05	2	.6	1.3	29.5	1.51	1	.3	.6	89.1
-1.03	2	.6	1.3	30.8	1.53	1	.3	.6	89.7
-1.01	1	.3	.6	31.4	1.61	1	.3	.6	90.4
-.90	1	.3	.6	32.1	1.83	1	.3	.6	91.0
-.84	1	.3	.6	32.7	1.84	2	.6	1.3	92.3
-.83	1	.3	.6	33.3	1.86	2	.6	1.3	93.6
-.82	1	.3	.6	34.0	1.88	1	.3	.6	94.2
-.80	3	1.0	1.9	35.9	1.95	1	.3	.6	94.9
-.74	1	.3	.6	36.5	2.02	1	.3	.6	95.5
-.69	1	.3	.6	37.2	2.04	1	.3	.6	96.2
-.62	2	.6	1.3	38.5	2.48	1	.3	.6	96.8
-.46	1	.3	.6	39.1	2.59	1	.3	.6	97.4
-.41	1	.3	.6	39.7	3.29	1	.3	.6	98.1

## ภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

PDSI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	PDSI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
3.31	1	.3	.6	98.7	Total	156	50.0	100.0	
4.25	1	.3	.6	99.4	Missing	156	50.0		
5.75	1	.3	.6	100.0	Total	312	100.0		

## ภาคผนวกที่ 2 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI3 ปี 2536 (1993)

SPI3 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI3 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-2.61	1	.3	.3	.3	-1.27	1	.3	.3	19.0
-2.55	1	.3	.3	.7	-1.24	2	.6	.7	19.7
-2.37	1	.3	.3	1.0	-1.23	1	.3	.3	20.0
-2.33	1	.3	.3	1.3	-1.22	5	1.6	1.7	21.7
-2.29	1	.3	.3	1.7	-1.21	3	1.0	1.0	22.7
-2.23	1	.3	.3	2.0	-1.19	1	.3	.3	23.0
-2.07	1	.3	.3	2.3	-1.17	3	1.0	1.0	24.0
-2.03	1	.3	.3	2.7	-1.15	2	.6	.7	24.7
-1.99	1	.3	.3	3.0	-1.14	1	.3	.3	25.0
-1.96	1	.3	.3	3.3	-1.13	2	.6	.7	25.7
-1.92	2	.6	.7	4.0	-1.12	2	.6	.7	26.3
-1.91	2	.6	.7	4.7	-1.11	2	.6	.7	27.0
-1.89	1	.3	.3	5.0	-1.10	1	.3	.3	27.3
-1.85	1	.3	.3	5.3	-1.09	2	.6	.7	28.0
-1.83	1	.3	.3	5.7	-1.05	2	.6	.7	28.7
-1.80	1	.3	.3	6.0	-1.04	1	.3	.3	29.0
-1.77	1	.3	.3	6.3	-1.02	3	1.0	1.0	30.0
-1.76	1	.3	.3	6.7	-1.01	1	.3	.3	30.3
-1.75	1	.3	.3	7.0	-1.00	3	1.0	1.0	31.3
-1.68	1	.3	.3	7.3	-.97	4	1.3	1.3	32.7
-1.66	1	.3	.3	7.7	-.96	3	1.0	1.0	33.7
-1.65	1	.3	.3	8.0	-.92	2	.6	.7	34.3
-1.64	2	.6	.7	8.7	-.90	1	.3	.3	34.7
-1.61	1	.3	.3	9.0	-.89	2	.6	.7	35.3
-1.60	2	.6	.7	9.7	-.87	1	.3	.3	35.7
-1.59	2	.6	.7	10.3	-.86	1	.3	.3	36.0
-1.58	2	.6	.7	11.0	-.85	2	.6	.7	36.7
-1.57	1	.3	.3	11.3	-.84	1	.3	.3	37.0
-1.52	1	.3	.3	11.7	-.83	3	1.0	1.0	38.0
-1.51	2	.6	.7	12.3	-.82	2	.6	.7	38.7
-1.50	3	1.0	1.0	13.3	-.81	2	.6	.7	39.3
-1.47	1	.3	.3	13.7	-.80	2	.6	.7	40.0
-1.45	2	.6	.7	14.3	-.79	1	.3	.3	40.3
-1.44	1	.3	.3	14.7	-.77	3	1.0	1.0	41.3
-1.39	2	.6	.7	15.3	-.76	4	1.3	1.3	42.7
-1.38	1	.3	.3	15.7	-.75	2	.6	.7	43.3
-1.36	1	.3	.3	16.0	-.71	3	1.0	1.0	44.3
-1.35	3	1.0	1.0	17.0	-.70	1	.3	.3	44.7
-1.34	1	.3	.3	17.3	-.68	1	.3	.3	45.0
-1.33	1	.3	.3	17.7	-.67	1	.3	.3	45.3
-1.30	1	.3	.3	18.0	-.65	3	1.0	1.0	46.3
-1.29	1	.3	.3	18.3	-.64	2	.6	.7	47.0
-1.28	1	.3	.3	18.7	-.63	3	1.0	1.0	48.0

## ภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

SPI3 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI3 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
- .62	2	2	.6	48.7	.22	1	.3	.3	78.0
- .59	1	1	.3	49.0	.23	2	.6	.7	78.7
- .58	3	3	1.0	50.0	.24	1	.3	.3	79.0
- .56	1	1	.3	50.3	.26	1	.3	.3	79.3
- .55	1	1	.3	50.7	.27	1	.3	.3	79.7
- .54	3	3	1.0	51.7	.29	3	1.0	1.0	80.7
- .53	2	2	.6	52.3	.32	2	.6	.7	81.3
- .52	1	1	.3	52.7	.36	1	.3	.3	81.7
- .51	2	2	.6	53.3	.38	2	.6	.7	82.3
- .50	1	1	.3	53.7	.39	1	.3	.3	82.7
- .49	2	2	.6	54.3	.40	1	.3	.3	83.0
- .47	1	1	.3	54.7	.41	1	.3	.3	83.3
- .45	3	3	1.0	55.7	.43	1	.3	.3	83.7
- .43	2	2	.6	56.3	.44	3	1.0	1.0	84.7
- .42	1	1	.3	56.7	.49	1	.3	.3	85.0
- .41	2	2	.6	57.3	.50	1	.3	.3	85.3
- .39	2	2	.6	58.0	.53	2	.6	.7	86.0
- .38	1	1	.3	58.3	.55	1	.3	.3	86.3
- .37	2	2	.6	59.0	.56	1	.3	.3	86.7
- .36	1	1	.3	59.3	.58	1	.3	.3	87.0
- .35	1	1	.3	59.7	.61	2	.6	.7	87.7
- .34	1	1	.3	60.0	.62	1	.3	.3	88.0
- .32	1	1	.3	60.3	.64	1	.3	.3	88.3
- .31	1	1	.3	60.7	.70	1	.3	.3	88.7
- .30	2	2	.6	61.3	.73	2	.6	.7	89.3
- .29	2	2	.6	62.0	.74	1	.3	.3	89.7
- .28	1	1	.3	62.3	.75	1	.3	.3	90.0
- .27	2	2	.6	63.0	.80	1	.3	.3	90.3
- .25	1	1	.3	63.3	.81	1	.3	.3	90.7
- .24	1	1	.3	63.7	.82	1	.3	.3	91.0
- .23	1	.3	.3	64.0	.86	1	.3	.3	91.3
- .21	1	.3	.3	64.3	.88	2	.6	.7	92.0
- .19	1	.3	.3	64.7	.89	3	1.0	1.0	93.0
- .17	2	.6	.6	65.3	.91	1	.3	.3	93.3
- .15	3	1.0	1.0	66.3	.95	1	.3	.3	93.7
- .12	3	1.0	1.0	67.3	.98	1	.3	.3	94.0
- .11	1	.3	.3	67.7	.99	1	.3	.3	94.3
- .08	3	1.0	1.0	68.7	1.01	1	.3	.3	94.7
- .05	2	.6	.6	69.3	1.04	1	.3	.3	95.0
- .04	2	.6	.6	70.0	1.10	1	.3	.3	95.3
- .02	2	.6	.6	70.7	1.13	1	.3	.3	95.7
- .01	1	.3	.3	71.0	1.14	1	.3	.3	96.0
.00	2	.6	.6	71.7	1.20	1	.3	.3	96.3
.01	2	.6	.6	72.3	1.21	1	.3	.3	96.7
.02	1	.3	.3	72.7	1.29	2	.6	.7	97.3
.03	2	.6	.6	73.3	1.34	1	.3	.3	97.7
.04	1	.3	.3	73.7	1.39	1	.3	.3	98.0
.06	2	.6	.6	74.3	1.43	1	.3	.3	98.3
.08	1	.3	.3	74.7	1.57	1	.3	.3	98.7
.09	1	.3	.3	75.0	1.63	1	.3	.3	99.0
.10	1	.3	.3	75.3	1.72	1	.3	.3	99.3
.11	2	.6	.6	76.0	1.77	1	.3	.3	99.7
.14	2	.6	.6	76.7	2.13	1	.3	.3	100.0
.15	1	.3	.3	77.0	Total	300	96.2	100.0	
.19	2	.6	.6	77.7	Missing	12	3.8		
					Total		100.0		

## ภาคผนวกที่ 3 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI6 ปี 2541 (1998)

SPI6 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI6 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-2.61	1	.3	.3	.3	-1.26	1	.3	.3	25.3
-2.60	1	.3	.3	.7	-1.25	3	1.0	1.0	26.3
-2.51	1	.3	.3	1.0	-1.24	1	.3	.3	26.7
-2.47	1	.3	.3	1.3	-1.22	1	.3	.3	27.0
-2.43	1	.3	.3	1.7	-1.21	2	.6	.7	27.7
-2.38	1	.3	.3	2.0	-1.20	2	.6	.7	28.3
-2.37	1	.3	.3	2.3	-1.17	1	.3	.3	28.7
-2.30	1	.3	.3	2.7	-1.15	1	.3	.3	29.0
-2.26	1	.3	.3	3.0	-1.12	1	.3	.3	29.3
-2.19	3	1.0	1.0	4.0	-1.11	2	.6	.7	30.0
-2.18	1	.3	.3	4.3	-1.10	1	.3	.3	30.3
-2.13	2	.6	.7	5.0	-1.08	1	.3	.3	30.7
-2.11	1	.3	.3	5.3	-1.07	1	.3	.3	31.0
-2.10	1	.3	.3	5.7	-1.05	2	.6	.7	31.7
-2.05	1	.3	.3	6.0	-1.04	1	.3	.3	32.0
-2.04	1	.3	.3	6.3	-1.01	1	.3	.3	32.3
-2.03	1	.3	.3	6.7	-.99	1	.3	.3	32.7
-1.99	1	.3	.3	7.0	-.98	1	.3	.3	33.0
-1.96	2	.6	.7	7.7	-.97	3	1.0	1.0	34.0
-1.91	1	.3	.3	8.0	-.96	1	.3	.3	34.3
-1.89	1	.3	.3	8.3	-.95	2	.6	.7	35.0
-1.87	3	1.0	1.0	9.3	-.94	1	.3	.3	35.3
-1.83	2	.6	.7	10.0	-.93	3	1.0	1.0	36.3
-1.81	1	.3	.3	10.3	-.92	2	.6	.7	37.0
-1.80	1	.3	.3	10.7	-.89	2	.6	.7	37.7
-1.79	1	.3	.3	11.0	-.88	1	.3	.3	38.0
-1.78	2	.6	.7	11.7	-.87	2	.6	.7	38.7
-1.76	1	.3	.3	12.0	-.85	2	.6	.7	39.3
-1.74	1	.3	.3	12.3	-.84	2	.6	.7	40.0
-1.72	2	.6	.7	13.0	-.83	3	1.0	1.0	41.0
-1.70	2	.6	.7	13.7	-.82	1	.3	.3	41.3
-1.69	1	.3	.3	14.0	-.81	1	.3	.3	41.7
-1.64	1	.3	.3	14.3	-.80	2	.6	.7	42.3
-1.63	1	.3	.3	14.7	-.79	2	.6	.7	43.0
-1.61	1	.3	.3	15.0	-.78	1	.3	.3	43.3
-1.59	2	.6	.7	15.7	-.76	1	.3	.3	43.7
-1.58	1	.3	.3	16.0	-.75	2	.6	.7	44.3
-1.56	1	.3	.3	16.3	-.74	1	.3	.3	44.7
-1.55	3	1.0	1.0	17.3	-.73	2	.6	.7	45.3
-1.53	2	.6	.7	18.0	-.72	1	.3	.3	45.7
-1.52	2	.6	.7	18.7	-.70	2	.6	.7	46.3
-1.51	2	.6	.7	19.3	-.68	1	.3	.3	46.7
-1.50	1	.3	.3	19.7	-.67	1	.3	.3	47.0
-1.49	1	.3	.3	20.0	-.66	2	.6	.7	47.7
-1.48	1	.3	.3	20.3	-.65	2	.6	.7	48.3
-1.47	1	.3	.3	20.7	-.63	1	.3	.3	48.7
-1.43	1	.3	.3	21.0	-.62	3	1.0	1.0	49.7
-1.40	1	.3	.3	21.3	-.59	4	1.3	1.3	51.0
-1.38	1	.3	.3	21.7	-.57	4	1.3	1.3	52.3
-1.37	2	.6	.7	22.3	-.56	1	.3	.3	52.7
-1.36	1	.3	.3	22.7	-.55	2	.6	.7	53.3
-1.35	3	1.0	1.0	23.7	-.54	1	.3	.3	53.7
-1.33	2	.6	.7	24.3	-.53	2	.6	.7	54.3
-1.32	1	.3	.3	24.7	-.52	3	1.0	1.0	55.3
-1.30	1	.3	.3	25.0	-.51	1	.3	.3	55.7

## ภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

SPI6 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI6 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-.47	2	.6	.7	56.3	.10	1	.3	.3	84.7
-.46	2	.6	.7	57.0	.13	1	.3	.3	85.0
-.45	1	.3	.3	57.3	.15	3	1.0	1.0	86.0
-.44	2	.6	.7	58.0	.16	1	.3	.3	86.3
-.43	3	1.0	1.0	59.0	.17	1	.3	.3	86.7
-.42	1	.3	.3	59.3	.19	1	.3	.3	87.0
-.41	1	.3	.3	59.7	.21	1	.3	.3	87.3
-.38	2	.6	.7	60.3	.24	1	.3	.3	87.7
-.37	2	.6	.7	61.0	.26	1	.3	.3	88.0
-.36	2	.6	.7	61.7	.27	1	.3	.3	88.3
-.33	2	.6	.7	62.3	.28	1	.3	.3	88.7
-.32	1	.3	.3	62.7	.29	2	.6	.7	89.3
-.31	2	.6	.7	63.3	.31	2	.6	.7	90.0
-.30	1	.3	.3	63.7	.36	1	.3	.3	90.3
-.29	3	1.0	1.0	64.7	.40	1	.3	.3	90.7
-.28	3	1.0	1.0	65.7	.41	1	.3	.3	91.0
-.27	2	.6	.7	66.3	.44	1	.3	.3	91.3
-.26	1	.3	.3	66.7	.46	1	.3	.3	91.7
-.24	3	1.0	1.0	67.7	.49	1	.3	.3	92.0
-.22	1	.3	.3	68.0	.50	1	.3	.3	92.3
-.21	2	.6	.7	68.7	.51	1	.3	.3	92.7
-.19	1	.3	.3	69.0	.61	1	.3	.3	93.0
-.17	3	1.0	1.0	70.0	.63	2	.6	.7	93.7
-.16	2	.6	.7	70.7	.67	1	.3	.3	94.0
-.15	1	.3	.3	71.0	.72	1	.3	.3	94.3
-.14	1	.3	.3	71.3	.76	1	.3	.3	94.7
-.13	5	1.6	1.7	73.0	.81	1	.3	.3	95.0
-.12	1	.3	.3	73.3	.82	1	.3	.3	95.3
-.11	2	.6	.7	74.0	.84	1	.3	.3	95.7
-.10	1	.3	.3	74.3	.86	1	.3	.3	96.0
-.06	3	1.0	1.0	75.3	.90	1	.3	.3	96.3
-.05	2	.6	.7	76.0	.94	1	.3	.3	96.7
-.04	3	1.0	1.0	77.0	.96	2	.6	.7	97.3
-.03	2	.6	.7	77.7	.99	1	.3	.3	97.7
-.01	3	1.0	1.0	78.7	1.03	1	.3	.3	98.0
.00	2	.6	.7	79.3	1.25	1	.3	.3	98.3
.01	1	.3	.3	79.7	1.28	1	.3	.3	98.7
.02	4	1.3	1.3	81.0	1.37	1	.3	.3	99.0
.03	2	.6	.7	81.7	1.42	1	.3	.3	99.3
.04	2	.6	.7	82.3	1.45	1	.3	.3	99.7
.05	4	1.3	1.3	83.7	1.54	1	.3	.3	100.0
.07	1	.3	.3	84.0	Total	300	96.2	100.0	
.08	1	.3	.3	84.3	Missing	12	3.8		
					Total		100.0		

## ภาคผนวกที่ 4 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI9 ปี 2536 (1993)

SPI3 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI3 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-2.14	1	.3	.7	.7	-.98	1	.3	.7	48.7
-2.12	1	.3	.7	1.3	-.96	2	.6	1.3	50.0
-2.05	2	.6	1.3	2.7	-.91	2	.6	1.3	51.3
-1.99	1	.3	.7	3.3	-.86	1	.3	.7	52.0
-1.97	1	.3	.7	4.0	-.85	1	.3	.7	52.7
-1.87	1	.3	.7	4.7	-.83	2	.6	1.3	54.0
-1.81	3	1.0	2.0	6.7	-.81	1	.3	.7	54.7
-1.79	1	.3	.7	7.3	-.77	1	.3	.7	55.3
-1.77	2	.6	1.3	8.7	-.76	2	.6	1.3	56.7
-1.75	1	.3	.7	9.3	-.75	4	1.3	2.7	59.3
-1.73	1	.3	.7	10.0	-.74	2	.6	1.3	60.7
-1.71	1	.3	.7	10.7	-.73	1	.3	.7	61.3
-1.67	1	.3	.7	11.3	-.71	1	.3	.7	62.0
-1.66	3	1.0	2.0	13.3	-.67	1	.3	.7	62.7
-1.65	1	.3	.7	14.0	-.65	1	.3	.7	63.3
-1.62	1	.3	.7	14.7	-.64	1	.3	.7	64.0
-1.61	1	.3	.7	15.3	-.61	1	.3	.7	64.7
-1.60	1	.3	.7	16.0	-.60	1	.3	.7	65.3
-1.57	1	.3	.7	16.7	-.55	1	.3	.7	66.0
-1.52	1	.3	.7	17.3	-.53	1	.3	.7	66.7
-1.51	1	.3	.7	18.0	-.50	1	.3	.7	67.3
-1.50	2	.6	1.3	19.3	-.49	1	.3	.7	68.0
-1.48	1	.3	.7	20.0	-.48	1	.3	.7	68.7
-1.47	1	.3	.7	20.7	-.46	2	.6	1.3	70.0
-1.46	3	1.0	2.0	22.7	-.45	1	.3	.7	70.7
-1.44	1	.3	.7	23.3	-.39	3	1.0	2.0	72.7
-1.42	1	.3	.7	24.0	-.34	1	.3	.7	73.3
-1.41	3	1.0	2.0	26.0	-.30	1	.3	.7	74.0
-1.40	2	.6	1.3	27.3	-.29	1	.3	.7	74.7
-1.39	1	.3	.7	28.0	-.27	3	1.0	2.0	76.7
-1.38	1	.3	.7	28.7	-.26	1	.3	.7	77.3
-1.37	1	.3	.7	29.3	-.24	1	.3	.7	78.0
-1.36	1	.3	.7	30.0	-.13	1	.3	.7	78.7
-1.35	1	.3	.7	30.7	-.08	1	.3	.7	79.3
-1.34	1	.3	.7	31.3	-.05	1	.3	.7	80.0
-1.33	2	.6	1.3	32.7	-.04	1	.3	.7	80.7
-1.30	1	.3	.7	33.3	-.03	1	.3	.7	81.3
-1.29	1	.3	.7	34.0	-.02	1	.3	.7	82.0
-1.25	1	.3	.7	34.7	.00	1	.3	.7	82.7
-1.23	2	.6	1.3	36.0	.05	1	.3	.7	83.3
-1.21	1	.3	.7	36.7	.07	2	.6	1.3	84.7
-1.20	1	.3	.7	37.3	.08	1	.3	.7	85.3
-1.18	1	.3	.7	38.0	.10	1	.3	.7	86.0
-1.17	1	.3	.7	38.7	.11	1	.3	.7	86.7
-1.16	2	.6	1.3	40.0	.13	1	.3	.7	87.3
-1.15	2	.6	1.3	41.3	.14	1	.3	.7	88.0
-1.14	2	.6	1.3	42.7	.16	1	.3	.7	88.7
-1.13	1	.3	.7	43.3	.18	1	.3	.7	89.3
-1.11	1	.3	.7	44.0	.29	1	.3	.7	90.0
-1.09	1	.3	.7	44.7	.36	2	.6	1.3	91.3
-1.08	1	.3	.7	45.3	.44	1	.3	.7	92.0
-1.07	1	.3	.7	46.0	.50	2	.6	1.3	93.3
-1.03	1	.3	.7	46.7	.61	1	.3	.7	94.0
-1.01	1	.3	.7	47.3	.62	1	.3	.7	94.7
-1.00	1	.3	.7	48.0	.66	1	.3	.7	95.3

## ภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

SPI9 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI9 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
.69	1	.3	.7	96.0	1.01	1	.3	.7	99.3
.77	1	.3	.7	96.7	1.26	1	.3	.7	100.0
.83	1	.3	.7	97.3	Total	150	48.1	100.0	
.89	1	.3	.7	98.0	Missing	162	51.9		
.92	1	.3	.7	98.7	Total		100.0		

## ภาคผนวกที่ 5 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี SPI12 ปี 2536 (1993)

SPI12 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	SPI12 Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-2.25	1	.3	1.3	1.3	-.52	1	.3	1.3	73.3
-2.17	1	.3	1.3	2.7	-.51	2	.6	2.7	76.0
-2.09	1	.3	1.3	4.0	-.40	1	.3	1.3	77.3
-2.06	2	.6	2.7	6.7	-.33	1	.3	1.3	78.7
-1.89	1	.3	1.3	8.0	-.32	1	.3	1.3	80.0
-1.88	1	.3	1.3	9.3	-.11	1	.3	1.3	81.3
-1.84	2	.6	2.7	12.0	-.04	1	.3	1.3	82.7
-1.82	1	.3	1.3	13.3	-.03	1	.3	1.3	84.0
-1.81	1	.3	1.3	14.7	.00	2	.6	2.7	86.7
-1.80	2	.6	2.7	17.3	.07	2	.6	2.7	89.3
-1.78	1	.3	1.3	18.7	.13	1	.3	1.3	90.7
-1.77	1	.3	1.3	20.0	.14	1	.3	1.3	92.0
-1.74	1	.3	1.3	21.3	.22	1	.3	1.3	93.3
-1.69	1	.3	1.3	22.7	.25	1	.3	1.3	94.7
-1.62	1	.3	1.3	24.0	.27	1	.3	1.3	96.0
-1.59	1	.3	1.3	25.3	.84	1	.3	1.3	97.3
-1.56	1	.3	1.3	26.7	.88	1	.3	1.3	98.7
-1.52	3	1.0	4.0	30.7	.90	1	.3	1.3	100.0
-1.49	2	.6	2.7	33.3	Total	75	24.0	100.0	
-1.47	1	.3	1.3	34.7	Missing	237	76.0		
-1.45	1	.3	1.3	36.0	Total		100.0		
-1.40	2	.6	2.7	38.7					
-1.39	2	.6	2.7	41.3					
-1.38	1	.3	1.3	42.7					
-1.37	1	.3	1.3	44.0					
-1.33	2	.6	2.7	46.7					
-1.28	1	.3	1.3	48.0					
-1.25	1	.3	1.3	49.3					
-1.24	1	.3	1.3	50.7					
-1.23	1	.3	1.3	52.0					
-1.16	1	.3	1.3	53.3					
-1.15	1	.3	1.3	54.7					
-1.13	1	.3	1.3	56.0					
-.99	1	.3	1.3	57.3					
-.95	1	.3	1.3	58.7					
-.92	1	.3	1.3	60.0					
-.86	1	.3	1.3	61.3					
-.79	1	.3	1.3	62.7					
-.78	1	.3	1.3	64.0					
-.76	2	.6	2.7	66.7					
-.74	1	.3	1.3	68.0					
-.56	2	.6	2.7	70.7					
-.54	1	.3	1.3	72.0					

## ภาคผนวกที่ 6 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี AI ปี 2541 (1998)

AI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	AI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-3.11	1	.3	.5	.5	47.59	2	.6	1.0	29.8
15.94	1	.3	.5	1.0	47.60	1	.3	.5	30.4
18.65	1	.3	.5	1.6	47.70	1	.3	.5	30.9
26.64	1	.3	.5	2.1	47.79	1	.3	.5	31.4
33.41	1	.3	.5	2.6	47.85	1	.3	.5	31.9
33.61	1	.3	.5	3.1	47.91	1	.3	.5	32.5
35.57	1	.3	.5	3.7	48.03	1	.3	.5	33.0
36.04	1	.3	.5	4.2	48.26	1	.3	.5	33.5
37.75	1	.3	.5	4.7	48.31	1	.3	.5	34.0
38.55	1	.3	.5	5.2	48.47	1	.3	.5	34.6
39.35	1	.3	.5	5.8	48.69	1	.3	.5	35.1
39.56	1	.3	.5	6.3	48.88	2	.6	1.0	36.1
39.95	1	.3	.5	6.8	48.89	1	.3	.5	36.6
40.27	1	.3	.5	7.3	48.99	1	.3	.5	37.2
40.31	1	.3	.5	7.9	49.01	1	.3	.5	37.7
40.35	1	.3	.5	8.4	49.03	1	.3	.5	38.2
40.64	1	.3	.5	8.9	49.04	1	.3	.5	38.7
40.77	1	.3	.5	9.4	49.10	1	.3	.5	39.3
40.88	1	.3	.5	9.9	49.19	1	.3	.5	39.8
41.02	1	.3	.5	10.5	49.23	1	.3	.5	40.3
41.10	1	.3	.5	11.0	49.31	1	.3	.5	40.8
41.49	1	.3	.5	11.5	49.36	1	.3	.5	41.4
41.59	1	.3	.5	12.0	49.38	1	.3	.5	41.9
41.69	1	.3	.5	12.6	49.51	1	.3	.5	42.4
42.05	1	.3	.5	13.1	49.54	1	.3	.5	42.9
42.34	1	.3	.5	13.6	49.66	1	.3	.5	43.5
42.51	1	.3	.5	14.1	49.75	1	.3	.5	44.0
43.04	1	.3	.5	14.7	49.82	1	.3	.5	44.5
43.36	1	.3	.5	15.2	50.13	1	.3	.5	45.0
43.54	1	.3	.5	15.7	50.29	1	.3	.5	45.5
43.78	1	.3	.5	16.2	50.35	1	.3	.5	46.1
43.84	1	.3	.5	16.8	50.36	1	.3	.5	46.6
44.09	1	.3	.5	17.3	50.37	1	.3	.5	47.1
44.10	1	.3	.5	17.8	50.38	2	.6	1.0	48.2
44.14	1	.3	.5	18.3	50.46	2	.6	1.0	49.2
44.25	1	.3	.5	18.8	50.59	1	.3	.5	49.7
44.57	1	.3	.5	19.4	50.69	1	.3	.5	50.3
44.69	1	.3	.5	19.9	50.76	1	.3	.5	50.8
45.18	1	.3	.5	20.4	50.82	1	.3	.5	51.3
45.32	1	.3	.5	20.9	51.01	1	.3	.5	51.8
45.41	1	.3	.5	21.5	51.06	1	.3	.5	52.4
45.49	1	.3	.5	22.0	51.09	1	.3	.5	52.9
45.88	1	.3	.5	22.5	51.26	1	.3	.5	53.4
45.99	1	.3	.5	23.0	51.28	1	.3	.5	53.9
46.11	1	.3	.5	23.6	51.49	1	.3	.5	54.5
46.16	1	.3	.5	24.1	51.61	1	.3	.5	55.0
46.42	1	.3	.5	24.6	51.66	1	.3	.5	55.5
46.82	1	.3	.5	25.1	51.67	1	.3	.5	56.0
47.00	1	.3	.5	25.7	51.81	1	.3	.5	56.5
47.05	1	.3	.5	26.2	51.92	1	.3	.5	57.1
47.08	1	.3	.5	26.7	52.23	1	.3	.5	57.6
47.09	1	.3	.5	27.2	52.25	1	.3	.5	58.1
47.13	1	.3	.5	27.7	52.28	1	.3	.5	58.6
47.19	1	.3	.5	28.3	52.30	2	.6	1.0	59.7
47.49	1	.3	.5	28.8	52.56	1	.3	.5	60.2

## ภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

AI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	AI Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
52.59	1	.3	.5	60.7	56.41	1	.3	.5	91.1
52.60	1	.3	.5	61.3	56.49	1	.3	.5	91.6
52.79	1	.3	.5	61.8	56.55	1	.3	.5	92.1
52.82	1	.3	.5	62.3	56.63	1	.3	.5	92.7
52.86	1	.3	.5	62.8	56.72	2	.6	1.0	93.7
52.87	1	.3	.5	63.4	56.75	1	.3	.5	94.2
53.03	1	.3	.5	63.9	56.88	1	.3	.5	94.8
53.06	1	.3	.5	64.4	56.89	1	.3	.5	95.3
53.11	2	.6	1.0	65.4	57.07	1	.3	.5	95.8
53.13	1	.3	.5	66.0	57.34	1	.3	.5	96.3
53.22	2	.6	1.0	67.0	57.44	1	.3	.5	96.9
53.26	1	.3	.5	67.5	57.57	1	.3	.5	97.4
53.42	1	.3	.5	68.1	57.67	1	.3	.5	97.9
53.44	1	.3	.5	68.6	57.90	1	.3	.5	98.4
53.46	1	.3	.5	69.1	58.38	1	.3	.5	99.0
53.49	1	.3	.5	69.6	58.47	1	.3	.5	99.5
53.54	1	.3	.5	70.2	58.53	1	.3	.5	100.0
53.56	1	.3	.5	70.7	Total	191	61.2	100.0	
53.57	1	.3	.5	71.2	Missing	121	38.8		
53.58	1	.3	.5	71.7	Total		100.0		
53.59	1	.3	.5	72.3					
53.68	1	.3	.5	72.8					
53.70	1	.3	.5	73.3					
53.85	2	.6	1.0	74.3					
53.92	1	.3	.5	74.9					
53.94	1	.3	.5	75.4					
54.03	1	.3	.5	75.9					
54.11	1	.3	.5	76.4					
54.14	1	.3	.5	77.0					
54.25	1	.3	.5	77.5					
54.31	1	.3	.5	78.0					
54.37	1	.3	.5	78.5					
54.40	1	.3	.5	79.1					
54.44	1	.3	.5	79.6					
54.50	1	.3	.5	80.1					
54.64	1	.3	.5	80.6					
54.70	1	.3	.5	81.2					
54.85	1	.3	.5	81.7					
54.91	1	.3	.5	82.2					
54.98	1	.3	.5	82.7					
55.15	1	.3	.5	83.2					
55.17	1	.3	.5	83.8					
55.27	1	.3	.5	84.3					
55.28	1	.3	.5	84.8					
55.36	1	.3	.5	85.3					
55.41	1	.3	.5	85.9					
55.48	1	.3	.5	86.4					
55.51	1	.3	.5	86.9					
55.58	1	.3	.5	87.4					
55.67	1	.3	.5	88.0					
55.72	1	.3	.5	88.5					
55.73	1	.3	.5	89.0					
55.78	1	.3	.5	89.5					
56.03	1	.3	.5	90.1					
56.32	1	.3	.5	90.6					

## ภาคผนวกที่ 7 การแจกแจงความถี่ค่าดัชนี D ปี 2536 (1993)

D Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	D Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
-100	36	11.5	12.0	12.0	-34	4	1.3	1.3	54.3
-99	3	1.0	1.0	13.0	-33	2	.6	.7	55.0
-98	7	2.2	2.3	15.3	-32	1	.3	.3	55.3
-97	8	2.6	2.7	18.0	-31	2	.6	.7	56.0
-96	1	.3	.3	18.3	-30	1	.3	.3	56.3
-95	4	1.3	1.3	19.7	-29	1	.3	.3	56.7
-94	3	1.0	1.0	20.7	-28	1	.3	.3	57.0
-93	1	.3	.3	21.0	-26	2	.6	.7	57.7
-91	3	1.0	1.0	22.0	-25	2	.6	.7	58.3
-90	1	.3	.3	22.3	-24	4	1.3	1.3	59.7
-89	1	.3	.3	22.7	-23	1	.3	.3	60.0
-87	4	1.3	1.3	24.0	-21	3	1.0	1.0	61.0
-86	1	.3	.3	24.3	-20	3	1.0	1.0	62.0
-85	2	.6	.7	25.0	-19	1	.3	.3	62.3
-84	2	.6	.7	25.7	-18	1	.3	.3	62.7
-83	3	1.0	1.0	26.7	-17	4	1.3	1.3	64.0
-81	2	.6	.7	27.3	-16	5	1.6	1.7	65.7
-80	1	.3	.3	27.7	-15	4	1.3	1.3	67.0
-79	1	.3	.3	28.0	-14	1	.3	.3	67.3
-78	3	1.0	1.0	29.0	-13	1	.3	.3	67.7
-77	1	.3	.3	29.3	-12	2	.6	.7	68.3
-76	1	.3	.3	29.7	-11	1	.3	.3	68.7
-75	1	.3	.3	30.0	-10	3	1.0	1.0	69.7
-72	2	.6	.7	30.7	-9	2	.6	.7	70.3
-70	2	.6	.7	31.3	-7	3	1.0	1.0	71.3
-68	2	.6	.7	32.0	-6	2	.6	.7	72.0
-67	1	.3	.3	32.3	-5	1	.3	.3	72.3
-64	1	.3	.3	32.7	-3	3	1.0	1.0	73.3
-63	1	.3	.3	33.0	-2	2	.6	.7	74.0
-61	3	1.0	1.0	34.0	-1	2	.6	.7	74.7
-60	2	.6	.7	34.7	0	1	.3	.3	75.0
-59	2	.6	.7	35.3	2	1	.3	.3	75.3
-58	3	1.0	1.0	36.3	4	2	.6	.7	76.0
-57	1	.3	.3	36.7	7	1	.3	.3	76.3
-56	3	1.0	1.0	37.7	8	1	.3	.3	76.7
-55	6	1.9	2.0	39.7	9	1	.3	.3	77.0
-54	2	.6	.7	40.3	10	2	.6	.7	77.7
-53	2	.6	.7	41.0	11	2	.6	.7	78.3
-52	3	1.0	1.0	42.0	13	1	.3	.3	78.7
-51	1	.3	.3	42.3	14	1	.3	.3	79.0
-50	1	.3	.3	42.7	15	1	.3	.3	79.3
-49	1	.3	.3	43.0	16	1	.3	.3	79.7
-48	2	.6	.7	43.7	17	3	1.0	1.0	80.7
-47	4	1.3	1.3	45.0	19	3	1.0	1.0	81.7
-46	2	.6	.7	45.7	20	2	.6	.7	82.3
-44	2	.6	.7	46.3	21	1	.3	.3	82.7
-43	2	.6	.7	47.0	23	1	.3	.3	83.0
-42	1	.3	.3	47.3	24	3	1.0	1.0	84.0
-41	4	1.3	1.3	48.7	25	1	.3	.3	84.3
-40	1	.3	.3	49.0	28	2	.6	.7	85.0
-39	3	1.0	1.0	50.0	31	2	.6	.7	85.7
-38	4	1.3	1.3	51.3	33	1	.3	.3	86.0
-37	1	.3	.3	51.7	36	1	.3	.3	86.3
-36	3	1.0	1.0	52.7	37	2	.6	.7	87.0
-35	1	.3	.3	53.0	38	1	.3	.3	87.3

## ภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

D Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	D Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
39	1	.3	.3	87.7	106	1	.3	.3	95.0
40	1	.3	.3	88.0	114	1	.3	.3	95.3
44	1	.3	.3	88.3	117	1	.3	.3	95.7
46	1	.3	.3	88.7	141	1	.3	.3	96.0
49	1	.3	.3	89.0	147	1	.3	.3	96.3
50	1	.3	.3	89.3	148	1	.3	.3	96.7
51	1	.3	.3	89.7	165	1	.3	.3	97.0
54	1	.3	.3	90.0	200	1	.3	.3	97.3
55	1	.3	.3	90.3	326	1	.3	.3	97.7
58	2	.6	.7	91.0	341	1	.3	.3	98.0
60	3	1.0	1.0	92.0	397	1	.3	.3	98.3
61	2	.6	.7	92.7	406	1	.3	.3	98.7
72	1	.3	.3	93.0	602	1	.3	.3	99.0
76	1	.3	.3	93.3	605	1	.3	.3	99.3
81	1	.3	.3	93.7	719	1	.3	.3	99.7
85	1	.3	.3	94.0	866	1	.3	.3	100.0
86	1	.3	.3	94.3	Total	300	96.2	100.0	
104	1	.3	.3	94.7	Missing	12	3.8		
					Total		100.0		

ภาคผนวกที่ 8 ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก  
เดือนกุมภาพันธ์ 2536

WMO	STATION	Score							
		PDSI	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12	AI	D	Weight
48352	Nong Khai	2	1					3	2
48353	Loei		1				3	5	3
48350	Loei Agromet		2				4	3	3
48354	Udon Thani		1					4	3
48356	Sakon Nakhon	3	1				3	5	3
48355	Sakon Nakhon Agromet	2	1				3	4	3
48357	Nakhon Phanom	2	1				3	4	3
48358	Nakhon Phanom Agromet	2	1				3	5	3
48381	Khon Kaen	2	1				3	3	2
48384	Tha Phra Agromet		1				4	4	3
48383	Mukdahan	2	1					5	3
48382	Kosum Phisai	2	1					3	2
48390	Kamalasai	3							3
48403	Chaiyaphum	4	2					5	4
48405	Roi Et	3	1				3	5	3
48404	Roi Et Agromet		1					5	3
48408	Ubon Ratchathani Agromet		2				4	5	4
48407	Ubon Ratchathani		2				3	5	3
48409	Si Sa Ket Agromet		2				5	4	4
48431	Nakhon Ratchasima		1					1	1
48435	Pak Chong Agromet		1				4	5	3
48434	Chok Chai		1					1	1
48432	Surin		1				3	4	3
48433	Surin Agromet	1	2				4	2	2
48416	Tha Tum		1					4	3
48436	Nang Rong	3	2					5	3

ภาคผนวกที่ 9 ค่าดัชนีชี้วัดความแห้งแล้งแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก  
เดือนธันวาคม 2536

WMO	STATION	Score							
		PDSI	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12	AI	D	Weight
48352	Nong Khai	2	5	4	3	3		5	4
48353	Loei		5	3	4	5	3	5	4
48350	Loei Agromet		3	2	2	2	4	5	3
48354	Udon Thani		5	4	4	4		5	4
48356	Sakon Nakhon	5	2	2	2	3	3	5	3
48355	Sakon Nakhon Agromet	5	3	2	2	2	3	5	3
48357	Nakhon Phanom	1	2	2	1	2	3	5	2
48358	Nakhon Phanom Agromet	4	3	2	2	2	3	5	3
48381	Khon Kaen	3	5	3	3	4	3	5	4
48384	Tha Phra Agromet		3	2	3	3	3	5	3
48383	Mukdahan	1	5	2	2	2		5	3
48382	Kosum Phisai	2	3	3	2	3		3	3
48390	Kamalasai	1							1
48403	Chaiyaphum	2	3	2	2	2		5	3
48405	Roi Et	5	3	3	3	3	3	5	4
48404	Roi Et Agromet		2	3	3	3		5	3
48408	Ubon Ratchathani Agromet		4	4	4	4	4	1	4
48407	Ubon Ratchathani		4	4	5	5	1	1	3
48409	Si Sa Ket Agromet		2	4	3	4	3	1	3
48431	Nakhon Ratchasima		2	1	1	1		1	1
48435	Pak Chong Agromet		1	1	1	2	4	1	2
48434	Chok Chai		2	1	2	1		1	1
48432	Surin		5	4	2	4	2	1	3
48433	Surin Agromet	1	5	4	4	3	3	1	3
48416	Tha Tum		4	2	2	2		1	2
48436	Nang Rong	1	3	3	4	4		1	3

## ภาคผนวกที่ 10 ตารางแสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัด

รหัส จังหวัด	ชื่อจังหวัด	พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง (ร้อยละ)				รวม
		ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	
3	กาฬสินธุ์	28.34	35.97	35.69	เล็กน้อย	100
5	ขอนแก่น	17.6	0.93	51.49	29.98	100
10	ชัยภูมิ	15.87	2.84	32.86	48.43	100
17	ยโสธร	47.26	38.3	14.46	เล็กน้อย	100
20	นครพนม	77.05	22.95	เล็กน้อย	เล็กน้อย	100
21	นครราชสีมา	22.34	2.86	25.15	49.65	100
27	บุรีรัมย์	14.17	5.26	80.05	0.52	100
42	มหาสารคาม	16.61	0.17	83.02	0.2	100
45	ร้อยเอ็ด	20.16	28.98	50.86	เล็กน้อย	100
52	เลย	7.58	21.87	70.55	เล็กน้อย	100
53	ศรีสะเกษ	16.36	61.61	20.21	1.82	100
54	สกลนคร	57.67	34.97	7.36	เล็กน้อย	100
65	สุรินทร์	12.8	43.04	43.21	0.95	100
66	หนองคาย	81.62	18.38	เล็กน้อย	เล็กน้อย	100
68	อุดรธานี	30.4	36.91	32.32	0.37	100
71	อุบลราชธานี	55.52	44.48	เล็กน้อย	เล็กน้อย	100
73	มุกดาหาร	65.74	34.26	เล็กน้อย	เล็กน้อย	100
75	หนองบัวลำภู	11.36	9.31	72.48	6.85	100
76	อำนาจเจริญ	52.46	43.49	4.05	เล็กน้อย	100

ที่มา : ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[http://202.12.97.99/drought/drought\\_data.htm](http://202.12.97.99/drought/drought_data.htm)

ภาคผนวกที่ 11 พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งรายจังหวัดแบบคะแนนถ่วงน้ำหนัก

รหัส จังหวัด	ชื่อจังหวัด	พื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง (Score)				Weight
		Weight =2	Weight =3	Weight =4	Weight =5	
3	กาฬสินธุ์	1.13	1.44	1.43	0.00	2
5	ขอนแก่น	0.70	0.04	2.06	1.20	4
10	ชัยภูมิ	0.63	0.11	1.31	1.94	4
17	ยโสธร	1.89	1.53	0.58	0.00	4
20	นครพนม	3.08	0.92	0.00	0.00	2
21	นครราชสีมา	0.89	0.11	1.01	1.99	4
27	บุรีรัมย์	0.57	0.21	3.20	0.02	4
42	มหาสารคาม	0.66	0.01	3.32	0.01	4
45	ร้อยเอ็ด	0.81	1.16	2.03	0.00	3
52	เลย	0.30	0.87	2.82	0.00	4
53	ศรีสะเกษ	0.65	2.46	0.81	0.07	3
54	สกลนคร	2.31	1.40	0.29	0.00	2
65	สุรินทร์	0.51	1.72	1.73	0.04	4
66	หนองคาย	3.26	0.74	0.00	0.00	2
68	อุดรธานี	1.22	1.48	1.29	0.01	2
71	อุบลราชธานี	2.22	1.78	0.00	0.00	3
73	มุกดาหาร	2.63	1.37	0.00	0.00	2
75	หนองบัวลำภู	0.45	0.37	2.90	0.27	3
76	อำนาจเจริญ	2.10	1.74	0.16	0.00	3

หมายเหตุ ระดับ 0 หมายถึง ปกติ (Normal) : Weight = 1  
 ระดับ 1 หมายถึง แห้งแล้งเล็กน้อย (Mid Drought) : Weight = 2  
 ระดับ 2 หมายถึง แห้งแล้งปานกลาง (Moderate Drought) : Weight = 3  
 ระดับ 3 หมายถึง แห้งแล้งรุนแรง (Severe Drought) : Weight = 4  
 ระดับ 4 หมายถึง แห้งแล้งรุนแรงที่สุด (Extreme Drought) : Weight = 5

## ภาคผนวกที่ 12 ตารางแสดงเนื้อที่แล้งซ้ำซาก

ระดับความแล้งซ้ำซาก	เนื้อที่ (ไร่)					รวมเนื้อที่ทั้งหมด (ไร่)
	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคตะวันออก	ภาคกลาง	ภาคใต้	
1 – 3 ปี/ครั้ง	10,519,595	26,572,673	1,460,142	4,755,300	–	43,307,710
4 – 5 ปี/ครั้ง	77,994	8,385,481	760,930	69,652	718	9,294,775
6 – 10 ปี/ครั้ง	31,188	5,708,256	1,433,361	84,565	66,556	7,323,926
รวม	10,628,777	40,666,410	3,654,433	4,909,517	67,274	59,926,411

ระดับความถี่ของการเกิดความแห้งแล้ง แบ่งออกเป็น

- 1.ระดับรุนแรงมาก เป็นสภาวะที่ประสบความแห้งแล้ง 1 – 3 ปีต่อครั้ง
- 2.ระดับรุนแรงปานกลาง เป็นสภาวะที่ประสบความแห้งแล้ง 4 – 5 ปีต่อครั้ง
- 3.ระดับรุนแรงเล็กน้อย เป็นสภาวะที่ประสบความแห้งแล้ง 6 – 10 ปีต่อครั้ง

ที่มา : สถาบันวิจัย พัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย

กรมพัฒนาที่ดิน ([http://www.idd.go.th/web\\_irw/drought.html](http://www.idd.go.th/web_irw/drought.html))

## ภาคผนวกที่ 13 สรุปความเสียหายของจังหวัดที่ประสบภัยแล้ง ปี 2536

ชื่อจังหวัด	พื้นที่เสียหาย				รวม	
	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	พื้นที่การเกษตร(ไร่)	ครัวเรือน	คน
กาฬสินธุ์	14	161	724	5,741	66,925	325,273
ขอนแก่น	18	113	380	71,533	39,973	206,072
ชัยภูมิ	9	94	262	3,080	36,183	167,356
ยโสธร	9	71	392		43,877	245,964
นครพนม	10	70	245	22,353	22,258	122,129
นครราชสีมา	25	409	1,301	862,659	137,644	622,646
บุรีรัมย์	19	268	1,113	79,260	86,136	655,755
มหาสารคาม	11	299	1,275	44,314	124,798	602,019
ร้อยเอ็ด	17	162	1,280	242	173,170	605,312
เลย	12	91	336	43,222	226,660	100
ศรีสะเกษ	16	154	637	305	65,240	372,583
สกลนคร	15	155	648		94,627	457,657
สุรินทร์	13	171	1,243		152,870	789,668
หนองคาย	13	92	497		65,271	460,408
อุดรธานี	23	142	485	40	56,263	307,583
อุบลราชธานี	17	114	357	4,541	48,697	229,373
มุกดาหาร	7	77	347	17,337	23,277	111,510
รวม	248	2,643	11,522	1,111,405	1,253,431	6,525,986

ที่มา : สำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

## ภาคผนวกที่ 14 สรุปความเสียหายของจังหวัดที่ประสบภัยแล้ง ปี 2541

ชื่อจังหวัด	พื้นที่เสียหาย			รวม	
	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ครัวเรือน	คน
กาฬสินธุ์	18	128	892	86,860	507,454
ขอนแก่น	25	181	1,441	234,424	1,117,012
ชัยภูมิ	16	128	1,124	241,592	720,932
ยโสธร	9	77	502	67,097	355,200
นครพนม	12	97	617	56,298	351,859
นครราชสีมา	32	237	1,320	128,910	657,902
บุรีรัมย์	23	185	1,436	151,105	814,132
มหาสารคาม	13	129	1,212	96,158	483,716
ร้อยเอ็ด	20	182	1,827	185,405	940,016
เลย	14	83	403	63,086	253,181
ศรีสะเกษ	22	175	886	88,469	481,891
สกลนคร	18	122	794	107,017	619,723
สุรินทร์	17	158	1,387	157,402	822,396
หนองคาย	17	108	519	66,537	311,428
อุดรธานี	20	131	491	70,546	386,591
อุบลราชธานี	25	177	1,064	126,207	580,803
มุกดาหาร	7	52	287	28,792	159,799
หนองบัวลำภู	6	58	376	44,613	252,090
อำนาจเจริญ	7	54	373	46,121	238,220
รวม	321	2,472	16,954	2,019,639	10,072,345

ที่มา : สำนักเลขาธิการป้องกันภัยฝ่ายพลเรือน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

(ข้อมูลถึงวันที่ 1 กันยายน 2541)