รูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน

Rainfall Pattern in Thailand Due to the Influence of Tropical Cyclone

สุนิสา สายอุปราช

กรรณิการ์ ม่วงชู

ปิยะพงษ์ ปานแก้ว

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Rainfall Pattern in Thailand Due to the Influence of Tropical Cyclone

Sunisa Saiuparad
Kannikar Muangchoo
Piyapong Pankaew

This Research in Funded by Faculty of Science and Technology
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
Year 2015

ชื่อเรื่อง	รูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน
ผู้วิจัย	นางสาวสุนิสา สายอุปราช, นางกรรณิการ์ ม่วงชู และนายปิยะพงษ์ ปานแก้ว
ปีที่ทำวิจัย	พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบของฝนในประเทศไทยที่ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อน ข้อมูลของปริมาณฝนรายปีที่นำมาวิเคราะห์ได้รับมาจากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971-2000 โดยการวิเคราะห์ข้อมูลของฝนรายปี (Annual rain) ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบภาพรวม (Composite Analysis) ของฝนรายปีในช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย และจำแนกประเภทรูปแบบของฝนด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis) แบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering method) โดยการวัดความคล้ายระหว่างรูปแบบของฝนในแต่ละปี และใช้หลักเกณฑ์ Single Linkage ในการรวมกลุ่ม โดยเลือกใช้ระยะห่างระหว่างข้อมูลหน่วยที่ใกล้กันที่สุดมาพิจารณา ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนที่พบบ่อยมักจะเกิดในบริเวณภาคตะวันออกและบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งจะพบว่ามีปริมาณฝนมาก โดยรูปแบบของฝนที่เกิดบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทยนั้นมีปริมาณฝนน้อย จึงทำให้เกิดภัยแล้งตามมา

คำสำคัญ : พายุหมุนเขตร้อน/ รูปแบบของฝน

Title	Rainfall Pattern in Thailand Due to the Influence of Tropical Cyclone
Researcher	Miss Sunisa Saiuparad
	Mrs Kannikar Muangchoo
	Mr Piyapong Pankaew
Year	2015

Abstract

This research study about rainfall pattern in Thailand due to the influenced of the tropical cyclone. The annual rainfall analysis was derived from the Thai Meteorological Department (TMD) since 1971-2000. The analysis of annual rainfall used composite analysis and classification of rainfall patterns with cluster analysis. To measuring the similarity between the rainfall patterns in each year by hierarchical clustering method. In addition, use to Single Linkage rules for grouping the rainfall pattern and using the distance between the units close together as possible into consideration. The summarized of rainfall pattern due to the influenced of the tropical cyclone are usually found in the eastern and northeastern regions of Thailand. It is found that a heavy rainfall. The rainfall pattern in the western regions of Thailand has the least amount of rainfall as a result of drought.

Keywords: Rainfall Pattern/ Tropical Cyclone

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยจากงานวิจัย เรื่องรูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน ขอขอบพระคุณอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณ ดร.ดุษฎี ศุขวัฒน์ คณะพลังงานและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาของงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา นอกจากนั้นขอขอบคุณหัวหน้างานวิจัยและพัฒนาและผู้ปฏิบัติงาน ผู้ประสานงานวิจัย และหัวหน้างานการเงิน ที่ให้คำแนะนำในขั้นตอนการดำเนินการรายงานความก้าวหน้าในการทำวิจัยและการเบิกจ่ายงบประมาณของการทำวิจัย

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ ของคณะผู้วิจัยทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย (ก)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ข)

กิตติกรรมประกาศ (ค)

สารบัญ (ง)

สารบัญตาราง (ฉ)

สารบัญรูปภาพ (ช)

1. บทนำ **1**

1.1 ความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **4**

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1.1 ฝน 4

2.1.2 พายุหมุนเขตร้อน 6

2.1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Composite Analysis) 10

2.1.4 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Cluster Analysis) 10

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
3. ระเบียบวิธีการวิจัย		**16**
3.1	ข้อมูล	16
3.2	วิเคราะห์แบบภาพรวม (Composite Analysis) ของฝนรายวันในช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย	17
3.3	วิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering method)	17
4. ผลของการทดลอง		**18**
4.1	วิเคราะห์แบบภาพรวม (Composite Analysis) ของฝนรายปีในช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย	18
4.2	ข้อมูลปริมาณฝนรายปีจากกรมอุตุนิยมวิทยา	18
4.3	รูปแบบของฝนในประเทศไทย	19
5. สรุปผล และข้อเสนอแนะของการทดลอง		**22**
5.1	สรุปผลการทดลอง	22
5.2	ข้อเสนอแนะ	22
บรรณานุกรม		**23**
ประวัติคณะผู้วิจัย		**26**

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ	5
4.1	ค่าความแปรปรวนของฝนรายปี	18
4.2	ข้อมูลปริมาณฝนรายปี กรมอุตุนิยมวิทยา	19

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	ปริมาณฝนรายปี (มม.) ของประเทศไทย	5
2.2	รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนกรกฎาคม	8
2.3	รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนสิงหาคม	9
3.1	ขั้นตอนการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	16
4.1	แสดงปริมาณฝนรายปี (มม.) ของ ปี ค.ศ.1977, ปี ค.ศ.1983 และ ปี ค.ศ.1999	20
4.2	แสดงปริมาณฝนรายปี (มม.) ของ ปี ค.ศ.1978, ปี ค.ศ.2000 และ ปี ค.ศ.2002	20
4.3	แสดงปริมาณฝนรายปี (มม.) ของ ปี ค.ศ.1995, ปี ค.ศ.2007 และ ปี ค.ศ.2008	21

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อประเทศไทยเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม โดยทั่วไปประเทศไทยมีฝนอยู่ในเกณฑ์ดี พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝน 1,200-1,600 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,572.5 มิลลิเมตร ปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่ผันแปรไปตามลักษณะภูมิประเทศ นอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้งและมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝน จะเพิ่มขึ้นบ้างพร้อมทั้งมีพายุฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมาก โดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขา หรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (มรสุมฤดูร้อน) ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศและบริเวณภาคตะวันออก [1]

ฝนมีการแปรผันได้อย่างมากทั้งในเชิงพื้นที่ เวลา และปริมาณ [2] จึงเป็นองค์ประกอบทางอุตุนิยมวิทยาที่คาดหมายได้ยากที่สุด และรูปแบบของฝน (Rainfall Pattern) ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยก็เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการคาดหมายการเกิดฝนได้เป็นอย่างดี โดยรูปแบบของฝนคือ การวิเคราะห์การกระจายตัวของฝนในเชิงพื้นที่ เมื่อเทียบกับตำแหน่งและเส้นทางเคลื่อนตัวของพายุ นอกจากนี้ยังขึ้นกับลักษณะของภูมิประเทศที่พายุเคลื่อนตัวผ่าน ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของภูมิอากาศที่หลากหลายแต่อิทธิพลที่สำคัญคือ อิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่สามารถทำความเสียหายได้รุนแรง และเป็นบริเวณกว้าง โดยมีลักษณะเด่น คือ มีศูนย์กลางหรือที่เรียกว่า ตาพายุ เป็นบริเวณที่มีลมสงบ อากาศโปร่งใส โดยอาจมีเมฆและฝนบ้างเล็กน้อยล้อมรอบด้วยพื้นที่บริเวณกว้างรัศมีหลายร้อยกิโลเมตร ซึ่งปรากฏฝนตกหนักและพายุลมแรง ลมแรงพัดเวียนเข้าหาศูนย์กลาง เมื่อพายุหมุนเขตร้อนมาถึงจะปรากฏลมแรง ฝนตกหนักและมีพายุฟ้าคะนอง ประเทศไทยได้รับผลกระทบจาก พายุหมุนเขตร้อน ที่ก่อตัวในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก และพายุหมุนเขตร้อนที่ก่อตัวในบริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งเราเรียกว่า ไซโคลน แม้พายุหมุนเขตร้อนที่ก่อตัวในบริเวณมหาสมุทรอินเดียจะไม่เข้าสู่ประเทศไทยโดยตรง แต่ก็สามารถก่อความเสียหายต่อประเทศไทยได้เช่นกัน เมื่อทิศการเคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณใกล้ประเทศไทยทางด้านตะวันตก ในกรณีของพายุหมุนเขตร้อนซึ่งก่อตัวในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้นั้นจะเคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทยในบริเวณต่างๆ ของประเทศแตกต่างกันตามฤดูกาล

พายุหมุนเขตร้อน (Tropical Cyclone) มีถิ่นกำเนิดเหนือมหาสมุทรใกล้เขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อน [3] ประเทศไทยต้องการฝนจากพายุหมุนเขตร้อนอย่างน้อยปีละ 2 ลูก ถ้ามีน้อยกว่านี้ก็จะทำให้เกิดสภาวะ

ฝนแล้ง แต่ถ้าได้รับฝนจากพายุหมุนเขตร้อนมากกว่า 2 ลูก ก็จะเกิดน้ำท่วม ดังตัวอย่างจากเหตุการณ์น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2526 เกิดขึ้นเพราะมีพายุหมุนเขตร้อนพัดผ่านภาคเหนือ ภาคกลาง จำนวนหลายลูก ดังนั้นถ้าประเทศไทยได้รับฝนจากพายุหมุนเขตร้อนที่เหมาะสมก็จะทำให้ประเทศมีน้ำเพียงพอสำหรับการเกษตรกรรมและการอุปโภคและบริโภค ดังนั้นฝนจากพายุหมุนเขตร้อนจึงมีความสำคัญต่อสภาวะฝนแล้งหรือน้ำท่วมในประเทศไทยเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นแล้วความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่มีความรุนแรงอาจเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอีกด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์รูปแบบของฝน (Rainfall Pattern) อันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนจึงมีความสำคัญเนื่องจากสามารถคาดหมายการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเมื่อทราบตำแหน่งของพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นในประเทศไทยได้ ซึ่ง Robert J. และคณะ [4] ได้ทำการศึกษารูปแบบของฝนในประเทศออสเตรเลียจากอิทธิพลของความแตกต่างของแรงบนพื้นที่ของระบบที่เกิดการเปลี่ยนแปลง พบว่ารูปแบบของฝนจะปรับเปลี่ยนไปตาม ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level Pressure)

นอกจากนั้น L. Eslami-Andargoli และคณะ [5] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของฝนที่เกิดจากการกระจายตัวของป่าชายเลน บริเวณอ่าวมอร์ตัน, ตะวันออกเฉียงใต้ รัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ในช่วงระยะเวลากว่า 32 ปี (1972-2004) จุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้คือการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบและปริมาณน้ำฝนโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศประวัติศาสตร์เพื่อระบุการกระจายตัวของพื้นที่ป่าชายเลนและวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ศึกษารูปแบบ

จากการสืบค้นยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบของฝนอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย ดังนั้นทีมผู้วิจัยจึงทำการศึกษารูปแบบของฝนอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนในตำแหน่งและเส้นทางการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และคาดหมายตำแหน่งพื้นที่ที่จะมีฝนตกหนักและฝนแล้งเมื่อทราบตำแหน่งของพายุหมุนเขตร้อน และคาดหมายรูปแบบของฝนในอนาคตอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อน นอกจากนั้นแล้วยังทำการคาดหมายการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนบริเวณเหนือเขื่อนที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านเพื่อช่วยจัดสรรการระบายน้ำสำหรับภาคการเกษตรให้เหมาะสม และเพื่อช่วยในการวางแผนบรรเทาสาธารณภัยที่เกิดจากพายุหมุนเขตร้อนในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหารูปแบบของฝนจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อนเมื่อพิจารณาจากตำแหน่งและการเคลื่อนตัวของพายุและคาดหมายรูปแบบของฝนในอนาคต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

วิเคราะห์ฝนในบริเวณประเทศไทย ไม่รวมถึงฝนอ่าวไทย และในทะเลอันดามัน เนื่องจากไม่มีข้อมูลฝนในทะเล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถคาดหมายการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเมื่อทราบตำแหน่งของพายุหมุนเขตร้อน
2. สามารถคาดหมายการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนบริเวณเหนือเขื่อนที่มีพายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนที่ผ่านเพื่อช่วยจัดสรรการระบายน้ำสำหรับภาคการเกษตรได้อย่างเหมาะสม
3. เพื่อคาดหมายรูปแบบของฝนอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนในอนาคตได้
4. เพื่อช่วยวางแผนบรรเทาสาธารณภัยจากพายุหมุนเขตร้อนได้ทันถ่วงที

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันตก

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

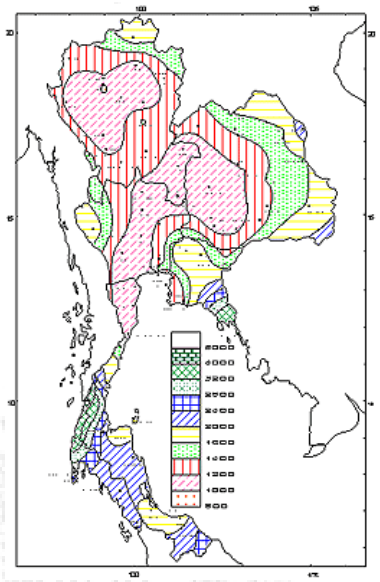
การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษารูปแบบของฝนในประเทศไทยที่ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งจะมีการจัดกลุ่มรูปแบบของฝนที่คล้ายกันหรือที่มีลักษณะใกล้เคียงกันอยู่ในรูปแบบเดียวกันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Composite Analysis) และการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Cluster Analysis) และมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์รูปแบบของฝนดังนี้

2.1.1 ฝน

ฝนเกิดจากอนุภาคของไอน้ำขนาดต่างๆ ในก้อนเมฆเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นจนไม่สามารถลอยตัวอยู่ในก้อนเมฆได้ก็จะตกลงมาเป็นฝน ฝนจะตกลงมายังพื้นดินได้นั้นจะต้องมีเมฆเกิดในท้องฟ้าก่อน เมฆมีอยู่หลายชนิด มีเมฆบางชนิดเท่านั้นที่ทำให้มีฝนตก เราทราบแล้วว่าไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นเมฆก็ต่อเมื่อมีอนุภาคกลั่นตัวเล็กๆอยู่เป็นจำนวนมากเพียงพอและไอน้ำจะเกาะตัวบนอนุภาคเหล่านี้รวมกันทำให้เกิดเป็นเมฆ เมฆจะกลั่นตัวเป็นน้ำฝนได้ก็ต้องมีอนุภาคแข็งตัว (Freezing nuclei) หรือเม็ดน้ำขนาดใหญ่ซึ่งจะดึงเม็ดน้ำขนาดเล็กมารวมตัวกันจนเป็นเม็ดฝน สภาวะของน้ำที่ตกลงมาจากท้องฟ้า อาจเป็นลักษณะของฝน ฝนละออง หิมะหรือลูกเห็บ ซึ่งเรารวมเรียกว่าหยาดน้ำฟ้า (Precipitation) ซึ่งจะตกลงมาในลักษณะไหน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศในพื้นที่นั้นๆ

ปริมาณฝนรวมตลอดปีเฉลี่ยทั่วประเทศมีค่าประมาณ 1,572.5 มิลลิเมตร ปริมาณฝนในแต่ละพื้นที่เปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ นอกเหนือจากการผันแปรตามฤดูกาล บริเวณประเทศไทยตอนบนปกติจะแห้งแล้ง และมีฝนน้อยในฤดูหนาว เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นบ้าง พร้อมทั้งมีพายุฟ้าคะนอง และเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นมาก โดยจะมีปริมาณฝนมากที่สุด ในเดือนสิงหาคมหรือกันยายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากส่วนใหญ่จะอยู่ด้านหน้าทิวเขา หรือด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ พื้นที่ทางด้านตะวันตกของประเทศ บริเวณอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และบริเวณภาคตะวันออก บริเวณจังหวัดจันทบุรี และตราด โดยเฉพาะที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด มีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อยส่วนใหญ่อยู่ด้านหลังเขา ได้แก่ พื้นที่บริเวณตอนกลางของภาคเหนือ บริเวณจังหวัดลำพูน ลำปาง แพร่ บริเวณภาคกลาง และด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณจังหวัดชัยภูมิและนครราชสีมา สำหรับภาคใต้มีฝนชุกเกือบตลอดปียกเว้นช่วงฤดูร้อน พื้นที่บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันออกในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนกันยายน ส่วนช่วงฤดูหนาวบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งเป็นด้านรับลมมรสุม

ตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีปริมาณฝนมากกว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีปริมาณฝนมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากที่สุดของภาคใต้ อยู่บริเวณจังหวัดระนอง ซึ่งมีปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 4,000 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีฝนน้อย ได้แก่ ภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน ด้านหลังทิวเขาตะนาวศรี บริเวณจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ ปริมาณฝนรายปีของประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 2.1 และตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ปริมาณฝนรายปี (มม.) ของประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2007) [6]

ตารางที่ 2.1 ปริมาณฝน (มม.) ของประเทศไทยในฤดูกาลต่าง ๆ

ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	จำนวนวันฝนตกตลอดปี
เหนือ	104.6	166.5	955.2	123
ตะวันออกเฉียงเหนือ	72.8	211.1	1,111.9	117
กลาง	130.0	192.3	907.4	113
ตะวันออก	201.3	257.8	1,440.2	131
ใต้ฝั่งตะวันออก	819.9	197.9	661.2	148
ใต้ฝั่งตะวันตก	429.5	380.0	1,914.7	176

2.1.2 พายุหมุนเขตร้อน

2.1.2.1 ลักษณะทั่วไปของพายุหมุนเขตร้อน

พายุหมุนเขตร้อนเป็นคำทั่ว ๆ ไปที่ใช้สำหรับเรียกพายุหมุนหรือพายุไซโคลน (cyclone) ที่มีถิ่นกำเนิดเหนือมหาสมุทรในเขตร้อนแถบละติจูดต่ำ แต่อยู่นอกเขตบริเวณเส้นศูนย์สูตร เพราะยังไม่เคยปรากฏว่ามีพายุหมุนเขตร้อนเกิดที่เส้นศูนย์สูตรพายุนี้เกิดขึ้นในมหาสมุทร หรือทะเลที่มีอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 26 องศาเซลเซียล หรือ 27 องศาเซลเซียล ขึ้นไป และมีปริมาณไอน้ำสูง เมื่อเกิดขึ้นแล้ว มักเคลื่อนตัวตามกระแสลมส่วนใหญ่จากทิศตะวันออกมาทางทิศตะวันตก และค่อยโค้งขึ้นไปทางละติจูดสูง แล้วเวียนโค้งกลับไปทางทิศตะวันออกอีก พายุหมุนเขตร้อนเกิดขึ้นได้หลายแห่งในโลก และมีชื่อเรียกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด บริเวณที่มีพายุหมุนเขตร้อนเกิดขึ้นเป็นประจำ ได้แก่

- มหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก ทางตะวันตกของลองจิจูด 170 องศาตะวันออก เมื่อมีกำลังแรงสูงสุด เรียกว่า "ไต้ฝุ่น" เกิดมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม

- มหาสมุทรแอตแลนติกเหนือแถวทะเลแคริบเบียนและอ่าวเม็กซิโก เรียกว่า "เฮอร์ริเคน" เกิดมากในเดือนสิงหาคม กันยายน และตุลาคม

- มหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ ฝั่งตะวันตกของประเทศเม็กซิโก เรียกว่า "เฮอร์ริเคน"

- บริเวณมหาสมุทรอินเดียเหนือ อ่าวเบงกอล เรียกว่า "ไซโคลน"

- บริเวณมหาสมุทรอินเดียเหนือ ทะเลอาระเบีย เรียกว่า "ไซโคลน"

- มหาสมุทรอินเดียใต้ ตะวันตกของลองจิจูด 90 องศาตะวันออก เรียกว่า "ไซโคลน"

พายุหมุนเขตร้อนเมื่ออยู่ในสภาวะที่เจริญเติบโตเต็มที่ จะเป็นพายุที่มีความรุนแรงที่สุดชนิดหนึ่งในบรรดาพายุที่เกิดขึ้นในโลก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณตั้งแต่ 100 กิโลเมตรขึ้นไป และเกิดขึ้นพร้อมกับลมที่พัดแรงมาก ระบบการหมุนเวียนของลมเป็นไป โดยพัดเวียนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเข้าสู่ศูนย์กลางของพายุในซีกโลกเหนือ ส่วนในซีกโลกใต้พัดเวียนตามเข็มนาฬิกา ยิ่งใกล้ศูนย์กลางลมจะหมุนเกือบเป็นวงกลมและมีความเร็วสูงที่สุด ความเร็วลมสูงสุดที่บริเวณใกล้ศูนย์กลางนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความรุนแรงของพายุ ซึ่งในย่านมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก และทะเลจีนใต้มีการแบ่งตามข้อตกลงระหว่างประเทศดังนี้

- พายุดีเปรสชันเขตร้อน (tropical depression) ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางไม่ถึง 34 นอต (63 กม./ ชม.)

- พายุโซนร้อน (tropical storm) ความเร็วลมใกล้ศูนย์กลาง 34 นอต (63 กม./ ชม.) ขึ้นไปแต่ไม่ถึง 64 นอต (118 กม./ ชม.)

- ไต้ฝุ่น (typhoon) ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางตั้งแต่ 64 นอต (118 กม./ ชม.) ขึ้นไป

2.1.2.2 ผลกระทบที่มีต่อประเทศไทย

พายุหมุนเขตร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ปกคลุมพื้นที่กว้างนับร้อยกิโลเมตร จึงก่อให้เกิดผลกระทบเป็นบริเวณกว้าง โดยเฉพาะในอาณาบริเวณที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนผ่านจะได้รับผลกระทบมากที่สุด ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากพายุแปรผันตามความรุนแรงของพายุ เมื่อพายุมีกำลังแรงในขั้นดีเปรสชันความเสียหายส่วนใหญ่จะเกิดขึ้น เนื่องจากฝนตกหนักและอุทกภัยที่เกิดขึ้นตามมา เมื่อพายุมีกำลังแรงขึ้นเป็นพายุโซนร้อนหรือไต้ฝุ่น จะมีความเสียหายเพิ่มขึ้นอีกมากทั้งชีวิตและทรัพย์สิน เนื่องจากฝนตกหนัก อุทกภัย ลมพัดแรงจัด ในทะเลมีคลื่นสูงเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ และมีคลื่นซัดฝั่ง

สำหรับพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นพายุดีเปรสชัน เนื่องจากพายุอ่อนกำลังลงก่อนถึงประเทศไทย ส่วนที่มีกำลังแรงขนาดพายุโซนร้อนหรือไต้ฝุ่นมีโอกาสเคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยน้อย จากสถิติในรอบ 48 ปีที่ผ่านมามีเพียง 11 ครั้งที่มีกำลังแรงเป็นพายุโซนร้อนหรือไต้ฝุ่น (ไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนพายุทั้งหมดที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย) และในจำนวน 11 ครั้งดังกล่าวมีเพียงครั้งเดียวที่พายุเคลื่อนเข้ามา ขณะมีกำลังแรงเป็นไต้ฝุ่น ได้แก่ ไต้ฝุ่น "เกย์" ที่เคลื่อนขึ้นฝั่งจังหวัดชุมพร เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2532

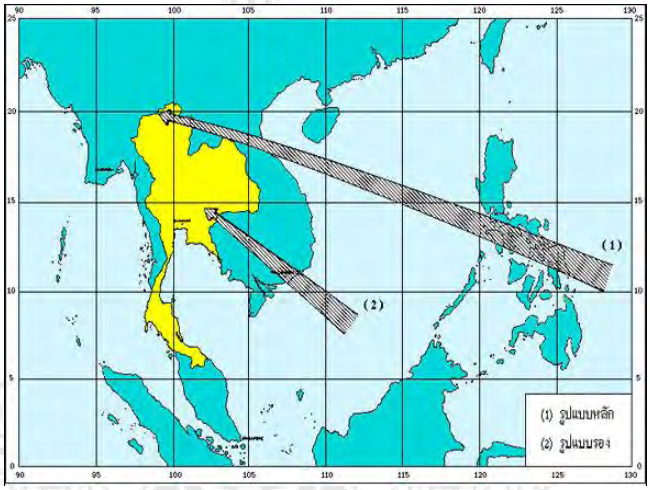
ในส่วนของประเทศไทยผลกระทบเนื่องจากพายุมีทั้งประโยชน์และโทษ พายุที่อ่อนกำลังลงเป็นดีเปรสชัน มีประโยชน์ในแง่ที่ก่อให้เกิดฝนตกปริมาณมากซึ่งช่วยคลี่คลายสภาวะความแห้งแล้ง และสามารถกักเก็บน้ำไว้ตามแหล่งกักเก็บน้ำต่าง ๆ เพื่อใช้ในช่วงที่มีฝนน้อย ในส่วนที่เป็นโทษของพายุดีเปรสชันคืออุทกภัยซึ่งมักเกิดขึ้นหลังจากที่มีฝนตกหนักต่อเนื่อง และโรคระบาดที่เกิดตามมาหลังจากเกิดอุทกภัย และเมื่อพายุมีกำลังแรงขนาดพายุโซนร้อนจะมีความเสียหายเพิ่มขึ้นอีกจากวาตภัย เนื่องจากความเร็วลมตั้งแต่ 34 นอต (62 กม./ชม.) ขึ้นไปจะรุนแรงจนทำให้สิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงเสียหาย กิ่งไม้ต้นไม้หักโค่น และหากเป็นไต้ฝุ่นจะยิ่งมีความเสียหายมากขึ้น

2.1.2.3 รูปแบบทางเดินพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย

พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยส่วนใหญ่เคลื่อนมาจากด้านตะวันออกของประเทศ โดยมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้แล้วเคลื่อนตัวมา ในแนวทิศตะวันตกขึ้นฝั่งประเทศเวียดนามผ่านลาว หรือกัมพูชาเข้าสู่ประเทศไทย โดยผ่านเข้ามาทางจังหวัดต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณแนวพรมแดนด้านตะวันออก ส่วนพายุที่มีแหล่งกำเนิดในอ่าวเบงกอล หรือทะเลอันดามันแล้วเคลื่อนตัวมาในแนวทิศตะวันออกผ่านพม่าเข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันตก มีเพียงส่วนน้อยซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะในเดือนพฤษภาคม จะเห็นได้ว่าพายุที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในแต่ละเดือน นั้นมีความแตกต่างกันทั้งแหล่งกำเนิดและการเคลื่อนตัว

จากความแตกต่างดังกล่าวเมื่อพิจารณาสถิติเส้นทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 48 ปี ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 164 ลูก สามารถนำมาวิเคราะห์และกำหนดรูปแบบเส้นทางเดินพายุในแต่ละเดือน โดยพิจารณาจากเส้นทางเดินของพายุส่วนใหญ่เพื่อให้สามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ได้โดยง่าย และสะดวกกว่าการพิจารณาจากรายละเอียดของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งในแต่ละเดือนได้กำหนดแนวเส้นทางเดินพายุไว้ 2 รูปแบบ โดยรูปแบบที่ 1 เป็นรูปแบบหลักซึ่งพายุส่วนใหญ่มีโอกาสเคลื่อนตัวตามรูปแบบนี้มากกว่า ส่วนรูปแบบที่ 2 เป็นรูปแบบรองซึ่งพายุมีโอกาสเคลื่อนตัวตามรูปแบบนี้น้อยกว่ารูปแบบที่ 1 ซึ่งปรากฏผลดังตัวอย่างต่อไปนี้

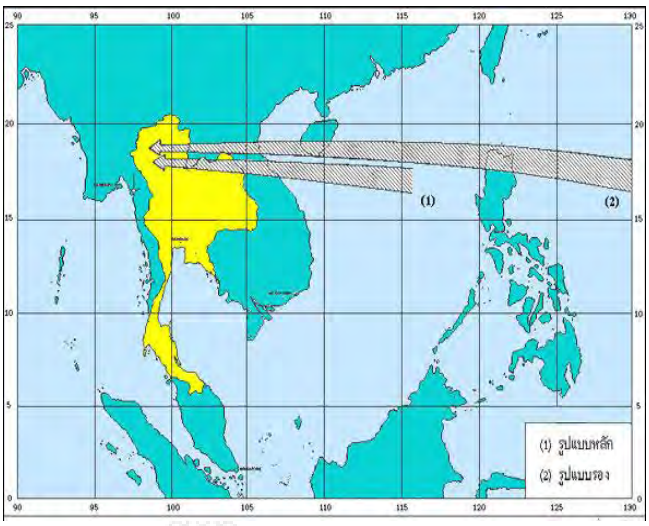
- รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย เดือนกรกฎาคม



รูปที่ 2.2 รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนกรกฎาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2007) [6]

รูปแบบหลักมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกเคลื่อนผ่านประเทศฟิลิปปินส์ ทะเลจีนใต้ ประเทศเวียดนามตอนบนและลาวผ่านเข้ามาใกล้ประเทศไทยทางเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้วเข้าสู่ภาคเหนือ หรืออาจเคลื่อนผ่านภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนก่อนเข้าสู่ภาคเหนือ ส่วนรูปแบบรองมีแหล่งกำเนิดในทะเลจีนใต้ตอนล่างเคลื่อนผ่านประเทศเวียดนามตอนล่างและกัมพูชาเข้าสู่ประเทศไทยบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างต่อกับภาคตะวันออก

- รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย เดือนสิงหาคม



รูปที่ 2.3 รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในเดือนสิงหาคม (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2007) [6]

รูปแบบหลักมีแหล่งกำเนิดในทะเลจีนใต้ตอนบนเคลื่อนขึ้นฝั่งประเทศเวียดนามตอนบน ผ่านลาวเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนรูปแบบรองมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกเคลื่อนผ่านประเทศฟิลิปปินส์ตอนบนทะเลจีนใต้ เกาะไหหลำอ่าวตังเกี๋ยประเทศเวียดนามตอนบนและลาวผ่านเข้ามาทางตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เข้าสู่ภาคเหนือ

จากสถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 48 ปี จำนวนทั้งหมด 164 ลูก เมื่อนำมาหาความถี่ที่พายุแต่ละลูกเคลื่อนผ่านในแต่ละพื้นที่ 1 grid (1 lat 1 long) แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถี่ของแต่ละ grid นั้นแล้ว จึงนำค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่มาวิเคราะห์แผนที่เส้นเท่า ซึ่งจากการวิเคราะห์สถิติพายุโดยรวมตลอดทั้งปีปรากฏว่าบริเวณที่ศูนย์กลางพายุเคลื่อนผ่านมากที่สุดคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยเฉพาะจังหวัดนครพนมมีพายุเคลื่อนผ่าน 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ของพายุทั้งหมดจำนวน 164 ลูก รองลงไปได้แก่พื้นที่บริเวณจังหวัดมุกดาหาร สกลนคร หนองคาย อุดรธานี กาฬสินธุ์ หนองบัวลำภูและเลย มีพายุเคลื่อนผ่าน 15 - 20 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนพายุทั้งหมด

2.1.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Composite Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นเทคนิคการสุ่มตัวอย่างบนพื้นฐานของความน่าจะเป็นเงื่อนไขของเหตุการณ์บางอย่างที่เกิดขึ้น [7] ถ้าในการทดลองมีตัวอย่างทั้งหมด N องค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบประกอบด้วยสมาชิก M ตัว ดังนั้นสามารถคำนวณความแปรปรวนที่ไม่ต่อเนื่องของแต่ละองค์ประกอบได้ ดังสมการต่อไปนี้ [8]

$$s^2_{\text{within composite i}} = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{M}[D_{i,j} - C_i]^2 \quad (1)$$

$$s^2_{\text{within}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} s^2_{\text{within composite i}} \quad (2)$$

เมื่อ $C_1,...C_N$ คือ N องค์ประกอบ

$D_{i,j}$ คือ ค่าการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ j ในองค์ประกอบ i

2.1.4 การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Cluster Analysis)

การวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล [9] คือ ชุดของวิธีการในการสร้าง การจัดหมวดหมู่ที่เหมาะสมของข้อมูลโดยได้จากข้อมูลเริ่มต้นที่ยังไม่มีการจัดกลุ่ม ซึ่งใช้ค่าข้อมูลที่สังเกตได้จากแต่ละที่ และการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูลนั้น เป็นเทคนิคในการแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลที่คล้ายกันอยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน หรือไม่จำเป็นต้องทราบว่าแต่ละหน่วยอยู่กลุ่มใดมาก่อน ประกอบด้วยหลายเทคนิควิธี ยกตัวอย่าง 2 วิธีเช่น

2.1.4.1 วิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น [10] (Hierarchical clustering method) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการแบ่งกลุ่ม Case หรือแบ่งกลุ่มตัวแปร โดยมีเงื่อนไขดังนี้

1. ในกรณีที่ใช้ในการแบ่ง Case นั้น จำนวน Case ต้องไม่มากนัก (จำนวน Case ควรต่ำกว่า 200 ถ้าตั้งแต่ 200 ขึ้นไปใช้ K-Means Cluster) และจำนวนตัวแปรต้องไม่มากเช่นกัน
2. ไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน
3. ไม่จำเป็นต้องทราบว่าตัวแปรใดหรือ Case ใดอยู่กลุ่มใดก่อน

ขั้นตอนของเทคนิค Hierarchical Cluster สาหรับการแบ่งกลุ่ม Case

ขั้นที่ 1 เลือกตัวแปรหรือปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลที่ทาให้ Case ต่างกัน นั่นคือ ตัวแปรนั้นจะทำให้สามารถแบ่งกลุ่ม Case ได้ชัดเจน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก

ขั้นที่ 2 เลือกวิธีการวัดระยะห่างระหว่าง Case แต่ละคู่ หรือเลือกวิธีการคำนวณเพื่อวัดค่าความคล้ายของ Case แต่ละคู่

ขั้นที่ 3 เลือกหลักเกณฑ์ในการรวมกลุ่ม หรือรวม Cluster

การวัดความคล้าย (Similarity Measure)

เทคนิค Cluster ใช้ในการจัด Case ที่คล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน หรือจัดกลุ่มตัวแปรที่สัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มเดียวกัน นั่นคือ จะมีการวัดความคล้ายกันของ Case ทีละคู่ ในกรณีที่เป็นการจัดกลุ่ม Case ส่วนการจัดกลุ่มตัวแปร การวัดความคล้ายจะเป็นการวัดความคล้ายของตัวแปรแต่ละคู่ คือ การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เมื่อต้องการจัดกลุ่ม Case จะต้องหาความคล้ายของ Case ถึง ${}^{n}C_{2}$ คู่ เมื่อมีข้อมูล Case = n แต่ถ้าต้องการจัดกลุ่มตัวแปรจะต้องหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทีละคู่รวมถึง ${}^{k}C_{2}$ คู่ เมื่อมีตัวแปร k ตัว

การวัดความคล้ายของ Case แต่ละคู่อาจจะวัดด้วยระยะห่าง (Distance) หรือวัดด้วยค่าความคล้าย (Similarity) แต่การวัดความสัมพันธ์ของตัวแปรจะวัดด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation)

ข้อมูลที่นามาใช้ในเทคนิค Hierarchical จะเป็นข้อมูลชนิดตัวเลข หรือเป็นเชิงปริมาณ (Interval หรือ Ratio scale) หรือข้อมูลอยู่ในรูปความถี่ หรือ Binary

- กรณีที่วัดความคล้ายด้วยระยะห่าง

ถ้าระยะห่างระหว่าง Case คู่ใดต่ำ แสดงว่า Case คู่นั้นอยู่ใกล้กัน หรือมีความคล้ายกัน ควรจะจัดให้อยู่ในกลุ่ม หรือ Cluster เดียวกัน

- กรณีที่วัดความคล้ายด้วยของ Case

ถ้าค่าความคล้ายของ Case คู่ใดมีค่ามาก แสดงว่า Case คู่นั้นคล้ายกันมาก จึงควรจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน การคำนวณค่าความคล้ายจะแตกต่างกัน ถ้าชนิดของข้อมูลแตกต่างกัน

- กรณีที่วัดความคล้ายของตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ถ้าตัวแปรคู่ใด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาก แสดงว่าคู่นั้นสัมพันธ์กันมาก ควรจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน

หลักการการรวมกลุ่ม (Methods for Combining Cluster)

หลักเกณฑ์ในการรวมกลุ่มในแต่ละขั้นตอนข้างต้นมีหลายวิธี ดังนี้ [11]

1. Single Linkage คือ การหาระยะห่างระหว่าง 2 กลุ่มข้อมูลใด ๆ และรวม 2 กลุ่ม ข้อมูลที่มีระยะห่างที่ใกล้กันที่สุด โดยเลือกใช้ระยะห่างระหว่างข้อมูลหน่วยที่ใกล้กันที่สุดจากแต่ละกลุ่มมาพิจารณาคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$d(a,b) = \min(dist(x_{ai}, x_{bj})) \qquad (3)$$

โดยที่ x_{ai} แทนข้อมูลหน่วยที่ i กลุ่ม a

x_{bj} แทนข้อมูลหน่วยที่ j กลุ่ม b

2. Complete Linkage วิธีนี้จะตรงข้ามกับวิธี Single Linkage นั่นคือ เลือกใช้ ระยะห่างระหว่างข้อมูลหน่วยที่ไกลกันที่สุดจากแต่ละกลุ่มมาพิจารณา แล้วจึงรวม 2 กลุ่มข้อมูลที่มีระยะห่างใกล้กันที่สุด คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$d(a,b) = \max(dist(x_{ai}, x_{bj})) \tag{4}$$

โดยที่ x_{ai} แทนข้อมูลหน่วยที่ i กลุ่ม a

x_{bj} แทนข้อมูลหน่วยที่ j กลุ่ม b

3. Average Linkage Between Groups คือ การหาค่าระยะห่างเฉลี่ยของทุกคู่ข้อมูลระหว่างกลุ่มข้อมูล 2 กลุ่มใด ๆ โดยรวม 2 กลุ่มข้อมูลที่มีระยะห่างเฉลี่ยใกล้กันที่สุด คำนวณได้จากสมการดังนี้

$$d(a,b) = \frac{1}{n_a n_b} \sum_{i=1}^{n_a} \sum_{j=1}^{n_b} dist(x_{ai}, x_{bj}) \tag{5}$$

โดยที่ x_{ai} แทนข้อมูลหน่วยที่ i กลุ่ม a

x_{bj} แทนข้อมูลหน่วยที่ j กลุ่ม b

n_a แทนจำนวนข้อมูลในกลุ่ม a

n_b แทนจำนวนข้อมูลในกลุ่ม b

4. Ward Linkage คือ การหาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลทีละคู่ภายในกลุ่ม แล้วจึงรวม 2 กลุ่มข้อมูลที่ทำให้ค่าระยะห่างของผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม (Sum of square withincluster distance) เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คำนวณดังนี้

$$d(a,b) = \left(\frac{n_a n_b}{n_a + n_b} \right)^{\frac{1}{2}} dist \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_a} x_{ai}}{n_a}, \frac{\sum_{i=1}^{n_b} x_{bi}}{n_b} \right) \tag{6}$$

โดยที่ x_{ai} แทนข้อมูลหน่วยที่ i กลุ่ม a

x_{bj} แทนข้อมูลหน่วยที่ j กลุ่ม b

n_a แทนจำนวนข้อมูลในกลุ่ม a

n_b แทนจำนวนข้อมูลในกลุ่ม b

2.1.4.1 อัลกอริทึมจัดกลุ่มแบบเคมีน (K-Means algorithm)

เทคนิควิธีการจัดกลุ่มข้อมูลโดยอัลกอริทึมจัดกลุ่มแบบเคมีน [11] สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1956 ซึ่งอัลกอริทึมจัดกลุ่มแบบเคมีนนี้ สมาชิกแต่ละตัวภายในกลุ่มจะมีระยะใกล้จุดศูนย์กลางหรือตัวแทนของกลุ่ม (Centroid) นั้นมากที่สุด ขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้อัลกอริทึมจัดกลุ่มแบบเคมีนประกอบด้วย การกำหนดจำนวนกลุ่มเริ่มต้น การสุ่มตัวแทนกลุ่ม การจัดข้อมูลแต่ละตัวเข้ากลุ่ม และการปรับปรุงตัวแทนกลุ่มในแต่ละกลุ่ม สรุปตามวิธีการได้ 6 ขั้นตอนดังนี้ [10]

ขั้นที่ 1 กำหนดจำนวนกลุ่ม (k) ที่ต้องการจะแบ่ง

ขั้นที่ 2 สุ่มจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าระยะห่างของข้อมูลทุกตัวกับตัวแทนของกลุ่มในแต่ละกลุ่มว่าข้อมูลตัว นั้นสมควรที่จะจัดให้อยู่ในกลุ่มใด โดยพิจารณาจากค่าระยะห่างที่น้อยที่สุด

ขั้นที่ 4 ปรับปรุงจุดศูนย์กลางของข้อมูลแต่ละกลุ่มใหม่ โดยคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในกลุ่ม $(\bar{x}_j)$ ดังแสดงในสมการ (3) เพื่อใช้เป็นตัวแทนใหม่ของกลุ่ม

ขั้นที่ 5 ทำขั้นตอนที่ 3 และ 4 ซ้ำ จนกระทั่งสมาชิกทุกตัวในกลุ่มแต่ละกลุ่มจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปยังกลุ่มอื่น ๆ

ค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในกลุ่ม $(\bar{x}_j)$ ตามขั้นตอนที่ 4 คำนวณได้ดังนี้

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n_i} x_{ij}; i = 1,2,...n_i; j = 1,2,...,k \qquad (7)$$

โดยที่ n_i คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มแต่ละครั้งของการแบ่งกลุ่ม

x_{ij} คือ ข้อมูลในหน่วยที่ i กลุ่มที่ j

$\bar{x}_j$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในกลุ่มที่ j

k คือ จำนวนกลุ่มทั้งหมด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติ กรมอุตุนิยมวิทยา [12] ได้สรุปข้อมูลเกี่ยวกับพายุหมุนเขตร้อน ในงานการประชุมเชิงปฏิบัติการระหว่างประเทศครั้งที่ 6 ด้านพายหมุนเขตร้อนขององค์การอุตุนิยมวิทยา โลก (6 th International Work Shop on Tropical Cyclones of the World Meteorological Organization) กล่าวคือ พายุหมุนเขตร้อนมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยพายุหมุนเขตร้อนมีพลังงานและความเร็วลมเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในบางพื้นที่

Robert J. และคณะ [4] ศึกษารูปแบบของฝนในประเทศออสเตรเลียจากอิทธิพลของความแตกต่างของแรงบนพื้นที่ของระบบที่เกิดการเปลี่ยนแปลง พบว่ารูปแบบของฝนจะปรับเปลี่ยนไปตาม ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level Pressure)

L. Eslami-Andargoli และคณะ [5] ศึกษาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของฝนที่เกิดจากการกระจายตัวของป่าชายเลน บริเวณอ่าวมอร์ตัน, ตะวันออกเฉียงใต้ รัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ในช่วงระยะเวลากว่า 32 ปี (1972-2004) จุดมุ่งหมายของการวิจัยนี้คือการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบและปริมาณน้ำฝนโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศประวัติศาสตร์เพื่อระบุการกระจายตัวของพื้นที่ป่าชายเลนและวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ศึกษารูปแบบ โดยระบุการกระจายของพื้นที่ป่าชายเลนและคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงและระบุความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของฝน ปริมาณน้ำฝนและการกระจายป่าชายเลน พบว่ารูปแบบของฝนมีความสัมพันธ์กับการกระจายตัวของป่าชายเลน

P. Guhathakurta and M. Rajeevan [13] ศึกษารูปแบบของฝนในประเทศอินเดียโดยการเตรียมข้อมูลฝนในแต่ละช่วงเวลา โดยเลือกข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีที่มีข้อมูลมากที่สุดในช่วงปี ค.ศ. 1901-2003 ซึ่งข้อมูลปริมาณน้ำฝนแต่ละสถานีต้องไม่น้อยกว่า 90% ของแต่ละปี ถ้าสถานีไหนข้อมูลสูญหายก็จะเก็บข้อมูลจากสถานีถัดไป โดยทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 458 ตำบล โดยที่แต่ละตำบลแทนแต่ละสถานี โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตในการคำนวณปริมาณฝนเฉลี่ยของแต่ละสถานีที่คำนวณจากพื้นที่ถ่วงน้ำหนัก ผลพบว่ารูปแบบของฝนในเดือนมิถุนายนกรกฎาคม และกันยายนปริมาณน้ำฝนจะลดลง ขณะที่เดือนสิงหาคมปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล [14] พยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของจังหวัดกาฬสินธุ์ในปี 2549 โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 2 วิธี คือ วิธีของวินเตอร์ และวิธีของบอกซ์-เจนกินส์ ซึ่งพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) ที่ต่ำที่สุด โดยศึกษากับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของจังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2539 ถึงเดือนธันวาคม 2548 เพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคม 2549 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ซึ่งนำมาใช้ในการพิจารณาเปรียบเทียบ

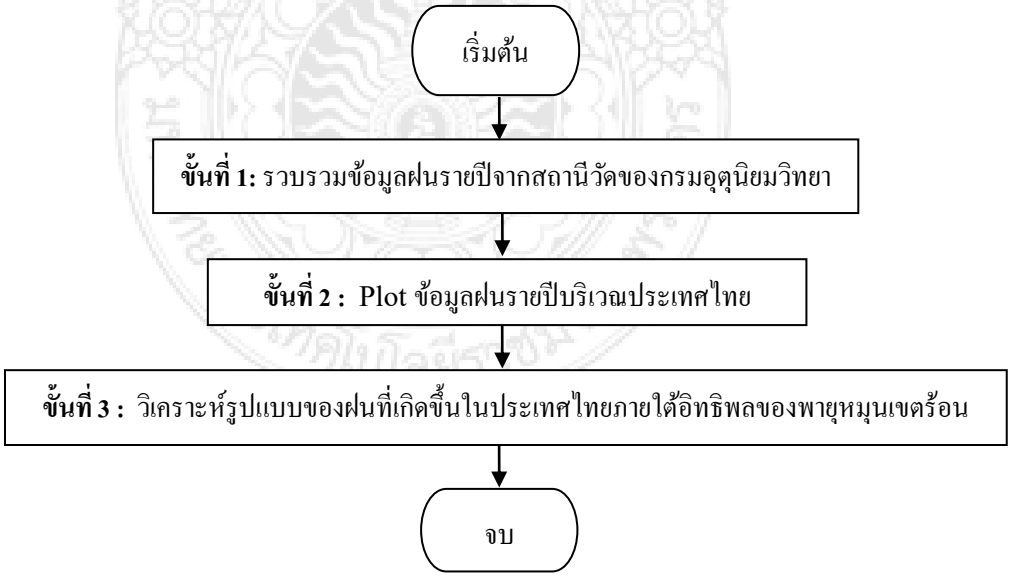
ตัวแบบพยากรณ์ พบว่าวิธีของวินเตอร์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลปริมาณน้ำฝนมากที่สุด สำหรับค่าพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปีของปี 2549 เท่ากับ 1,393 มิลลิเมตรต่อปี

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษารูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากอิทธิพลของพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลของฝนรายปี (Annual rain)โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบภาพรวม (Composite Analysis) ของฝนรายปีในช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย และจำแนกประเภทรูปแบบของฝนด้วยวิธีการวิเคราะห์กลุ่ม (Cluster Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคในการแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ และแบ่งกลุ่มข้อมูลที่คล้ายกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน หรือไม่จำเป็นต้องทราบว่าแต่ละหน่วยอยู่กลุ่มใดมาก่อน โดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Cluster Techniques) คือการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering method) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการแบ่งกลุ่ม Case หรือแบ่งกลุ่มตัวแปร นอกจากนั้นยังทำการคาดหมายรูปแบบและการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนเมื่อทราบตำแหน่งของพายุหมุนเขตร้อน

3.1 ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือ ฝนรายปี (Annual rain) ในช่วงที่ประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อน ในรอบ 30 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971-2000 โดยวัดจากสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งวิธีการเก็บและรวบรวมข้อมูลแสดงในภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.2 วิเคราะห์แบบภาพรวม (Composite Analysis) ของฝนรายวันในช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย

การวิเคราะห์แบบภาพรวมเป็นการหาความแปรปรวนที่ไม่ต่อเนื่องของฝนรายปีในช่วงที่มีพายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย โดยใช้สมการที่ 3.1 และ 3.2

$$s^2_{\text{ within composite i}} = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{M}[D_{i,j} - C_i]^2 \tag{3.1}$$

$$s^2_{\text{ within}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \; s^2_{\text{ within composite i}} \tag{3.2}$$

เมื่อ $C_1,...C_N$ คือ N องค์ประกอบ

$D_{i,j}$ คือ ค่าการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ j ในองค์ประกอบ i

3.3 วิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering method)

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้นซึ่งเป็นการแบ่งกลุ่มที่จำนวนกลุ่มต้องไม่มากนัก และจำนวนตัวแปรต้องไม่มากเช่นกัน โดยไม่จำเป็นต้องทราบจำนวนกลุ่มมาก่อน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 เลือกตัวแปรหรือปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลที่ทำให้ Case ต่างกัน นั่นคือ ตัวแปรนั้นจะทำให้สามารถแบ่งกลุ่ม Case ได้ชัดเจน คือ ฝนรายปี ที่เกิดจากพายุหมุนเขตร้อน

ขั้นที่ 2 วัดความคล้ายด้วยระยะห่างระหว่าง Case ถ้าระยะห่างระหว่าง Case คู่ใดต่ำ แสดงว่า Case คู่นั้นอยู่ใกล้กัน หรือมีความคล้ายกัน ควรจะจัดให้อยู่ในกลุ่ม หรือ Cluster เดียวกัน

ขั้นที่ 3 เลือกหลักเกณฑ์ Single Linkage ในการรวมกลุ่ม หรือรวม Cluster

Single Linkage คือ การหาระยะห่างระหว่าง 2 กลุ่มข้อมูลใด ๆ และรวม 2 กลุ่ม ข้อมูลที่มีระยะห่างที่ใกล้กันที่สุด โดยเลือกใช้ระยะห่างระหว่างข้อมูลหน่วยที่ใกล้กันที่สุดจากแต่ละกลุ่มมาพิจารณา คำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$d(a,b) = \min(dist(x_{ai}, x_{bj})) \tag{3.3}$$

โดยที่ x_{ai} แทนข้อมูลหน่วยที่ i กลุ่ม a

x_{bj} แทนข้อมูลหน่วยที่ j กลุ่ม b

บทที่ 4 ผลของการทดลอง

4.1 วิเคราะห์แบบภาพรวม (Composite Analysis) ของฝนรายปีในช่วงที่พายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย

การวิเคราะห์แบบภาพรวมเป็นการหาค่าความแปรปรวนที่ไม่ต่อเนื่องของฝนรายปีในช่วงที่มีพายุหมุนเขตร้อนเข้าประเทศไทย ของแต่ละสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน ซึ่งค่าความแปรปรวนของฝนรายปีแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความแปรปรวนของฝนรายปี

สถานีตรวจวัด	S.D. (มม.)	ความแปรปรวน (S^2)
เชียงใหม่	186.05	1153.82
อุบลราชธานี	220.43	1619.65
สงขลา	108.52	392.55
ตาก	143.06	682.21
กรุงเทพมหานคร	236.98	1871.99

จากตารางที่ 4.1 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณฝนรายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ.1971-2000 ของแต่ละสถานีมีการกระจายตัวที่เหมาะสมและมีค่าความแปรปรวนของฝนรายปีเหมาะสมเช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถนำปริมาณฝนรายปีของแต่ละสถานีตรวจวัดมาวิเคราะห์รูปแบบของฝนได้

4.2 ข้อมูลปริมาณฝนรายปีจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลปริมาณฝนรายปีที่มาจากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นลักษณะข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน โดยทำการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 30 ปี โดยทำการเลือกสถานีตรวจวัดปริมาณฝนทั้งหมด 5 สถานี ได้แก่ เชียงใหม่ อุบลราชธานี สงขลา ตาก และกรุงเทพมหานคร เป็นตัวแทนปริมาณฝนรายปีในประเทศไทย โดยปริมาณฝนรายปีแสดงในตารางที่ 4.2

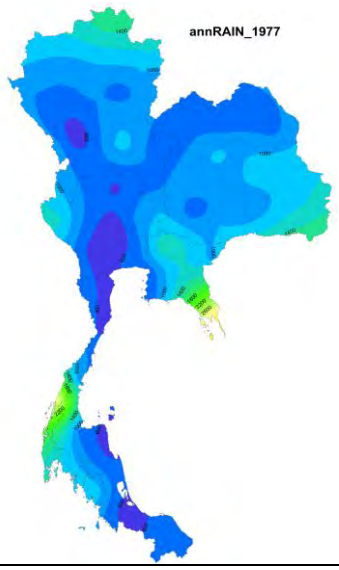
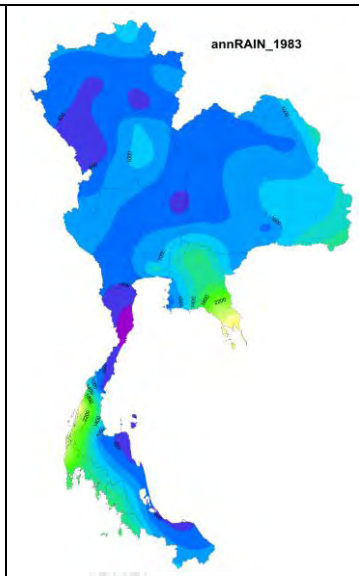
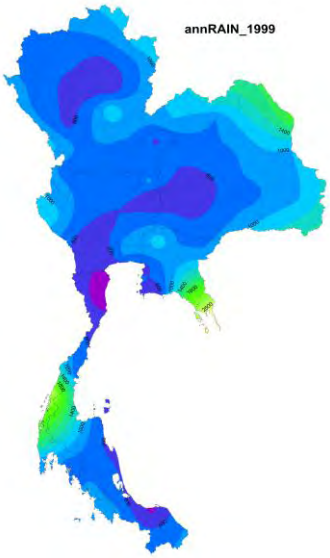
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลปริมาณฝนรายปี กรมอุตุนิยมวิทยา

สถานี	ค.ศ.1975	ค.ศ.1985	ค.ศ.1995	ค่าเฉลี่ย (Average)	SD	AVG+SD	AVG-SD
เชียงใหม่	1063.2	530.5	815.9	850.26	186.05	1036.31	664.21
อุบลราชธานี	1397	1172.3	1037.3	1310.07	220.43	1530.5	1089.64
สงขลา	547.9	636.9	673.5	534.87	108.52	643.39	426.35
ตาก	676.1	628	793.8	697.55	143.06	840.61	554.49
กรุงเทพมหานคร	996.9	879.7	1361.1	1075.03	236.98	1312.01	838.05

จากตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณฝนรายปีใน ค.ศ.1975, ค.ศ.1985 และ ค.ศ.1995 ของแต่ละสถานี และค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนจำนวน 30 ปี ของประเทศไทย พบว่าใน ปี ค.ศ.1975 มีปริมาณฝนรายปีมาก เนื่องจากมีผลรวมของค่าเฉลี่ยกับค่าส่วนเบี่ยงมาตรฐาน (AVG+SD) มากกกว่าฝนรายปี ใน ปี ค.ศ. 1975 ของแต่ละสถานี แต่ในปี ค.ศ.1985 และ ค.ศ. 1995 มีปริมาณฝนน้อย เนื่องจากมีผลรวมของค่าเฉลี่ยกับค่าส่วนเบี่ยงมาตรฐาน (AVG+SD) น้อยกว่าฝนรายปี ของปี ค.ศ.1985 และ ค.ศ. 1995

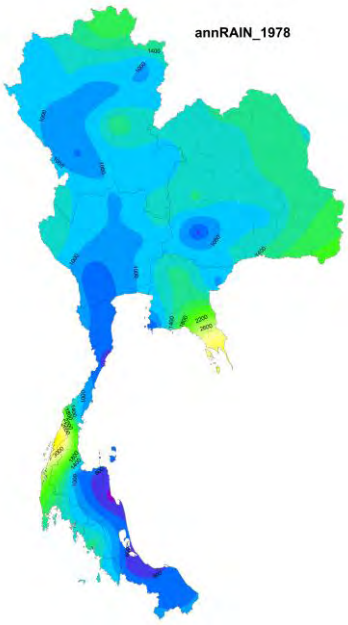
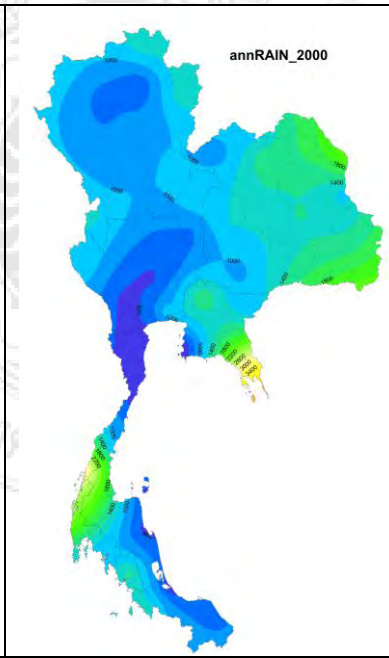
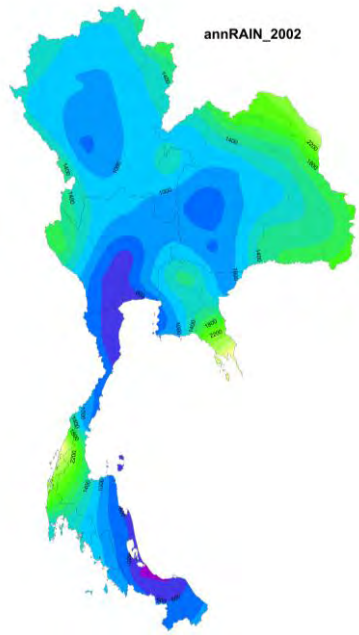
4.3 รูปแบบของฝนในประเทศไทย

การจัดกลุ่มรูปแบบของฝนในประเทศไทยเป็นการจัดกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering method) โดยการวัดความคล้ายระหว่างรูปแบบของฝนในแต่ละปี และใช้หลักเกณฑ์ Single Linkage ในการรวมกลุ่ม โดยเลือกใช้ระยะห่างระหว่างข้อมูลหน่วยที่ใกล้กันที่สุดมาพิจารณา ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนได้ดังนี้

		
ก) ฝนรายปี ค.ศ.1977	ข) ฝนรายปี ค.ศ.1983	ค) ฝนรายปี ค.ศ.1999

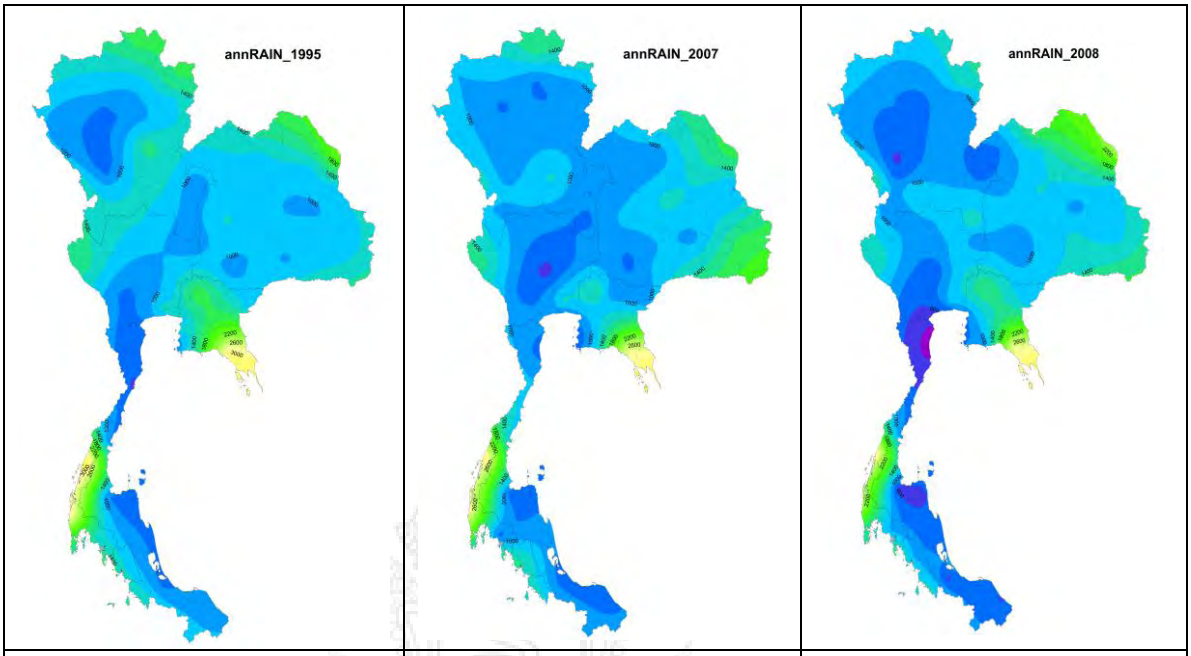
รูปที่ 4.1 แสดงปริมาณฝนรายปี (มม.) ของ ปี ค.ศ.1977, ปี ค.ศ.1983 และ ปี ค.ศ.1999

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าในปี ค.ศ. 1977, ค.ศ.1983 และ ค.ศ. 1999 ประเทศไทยมีฝนตกชุกในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 3,000 มม.

		
ก) ฝนรายปี ค.ศ.1978	ข) ฝนรายปี ค.ศ.2000	ค) ฝนรายปี ค.ศ.2002

รูปที่ 4.2 แสดงปริมาณฝนรายปี (มม.) ของ ปี ค.ศ.1978, ปี ค.ศ.2000 และ ปี ค.ศ.2002

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าในปี ค.ศ. 1978, ค.ศ.2000 และ ค.ศ. 2002 ประเทศไทยมีฝนตกชุกสม่ำเสมอทั่วบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ของประเทศ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 2,600 มม.



ก) ฝนรายปี ค.ศ.1995	ข) ฝนรายปี ค.ศ.2007	ค) ฝนรายปี ค.ศ.2008

รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณฝนรายปี (มม.) ของ ปี ค.ศ.1995, ปี ค.ศ.2007 และ ปี ค.ศ.2008

จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าในปี ค.ศ. 1995, ค.ศ.2007 และ ค.ศ. 2008 ประเทศไทยมีฝนตกชุกสม่ำเสมอทั่วบริเวณภาคตะวันตกและภาคใต้ของประเทศ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 2,200 มม.

จากรูปแบบของฝนในประเทศไทยทั้ง 3 รูปแบบ จะเห็นได้ว่าประเทศไทยมีแนวโน้มของปริมาณฝนลดลง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนน้อยลง จึงทำให้ประเทศไทยไม่ได้รับปริมาณฝนมากเหมือนในอดีต

บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะของการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษารูปแบบของฝนในประเทศไทยที่ได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งจะมีการจัดกลุ่มรูปแบบของฝนที่คล้ายกันหรือที่มีลักษณะใกล้เคียงกันอยู่ในรูปแบบเดียวกันโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Composite Analysis) และการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Cluster Analysis) แบบลำดับขั้น (Hierarchical clustering method) โดยการวัดความคล้ายระหว่างรูปแบบของฝนในแต่ละปี และใช้หลักเกณฑ์ Single Linkage ในการรวมกลุ่ม โดยเลือกใช้ระยะห่างระหว่างข้อมูลหน่วยที่ใกล้กันที่สุดมาพิจารณา ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบของฝนในประเทศไทยอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อนที่พบบ่อยจะเกิดในบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย โดยมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้แล้วเคลื่อนตัวมาขึ้นฝั่งประเทศเวียดนามผ่านลาวหรือกัมพูชาเข้าสู่ประเทศไทย โดยผ่านเข้ามาทางจังหวัดต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณแนวพรมแดนด้านตะวันออก และรูปแบบของฝนที่เกิดบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดในมหาสมุทรแปซิฟิกเคลื่อนผ่านประเทศฟิลิปปินส์ ทะเลจีนใต้ ประเทศเวียดนามตอนบนและลาว และสุดท้ายรูปแบบของฝนที่เกิดบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทยมีแหล่งกำเนิดในอ่าวเบงกอลหรือทะเลอันดามันแล้วเคลื่อนตัวมาในแนวทิศตะวันออกผ่านพม่าเข้าสู่ประเทศไทยทางด้านตะวันตกมีเพียงส่วนน้อย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษารูปแบบของฝนหนักและฝนแล้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก
2. พิจารณารูปแบบของฝนแบบรายเดือนในอนาคต

บรรณานุกรม

1. กรมอุตุนิยมวิทยา. (2007). ปริมาณฝน. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=55.

2. ขนิษฐา กู้ศรีสกุล. (2552). การแปรผันของปริมาณฝนเชิงพื้นที่และเวลาในประเทศไทย และความเชื่อมโยงกับความแปรปรวนของภูมิอากาศระดับภูมิภาคและระดับโลก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม ม.สงขลานครินทร์, สงขลา.

3. วัฒนา กันบัว. (สิงหาคม 2551). Tropical Cyclone and Strom Surge: พายุหมุนเขตร้อนและคลื่นพายุซัดฝั่ง. เอกสารนำเสนอในที่ประชุมเชิงปฏิบัติการ ซักซ้อมแผนปฏิบัติการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมกรุงเทพมหานครในระดับวิกฤติและกรณีเกิดคลื่นพายุซัดฝั่ง ประจำปี 2551, กรุงเทพมหานคร.

4. Robert, J.A. and Malcolm, R.H., (1993). **Circulation Features Associated with the Winter Rainfall Decrease in Southwestern Australia**. Journal of Climate, 6, pp. 1356-1367.

5. L Eslamai, A., PER, D., Sipe, N. and Chaseling, J. (2009). **Mangrove expansion and rainfall patterns in Moreton Bay**, southeast Queensland, Australia. Coastal and Shelf Science, 85 (2), 292-298.

6. กรมอุตุนิยมวิทยา. (2007). ปริมาณฝน. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=55.

7. NOAA, (2005). Composite Analysis Instructions. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.nws.noaa.gov/om/csd/pds/PCU4/Composites/CompInstructions.pdf

8. Contaminated Site Statistical Application Guidance Document. (2001). Composite Sample. Retrieved December 4, 2013, from http://www.env.gov.bc.ca/epd/remediation/guidance/technical/pdf/12/gd10_all.pdf

9. Everitt, B., Ismail, K., David, A.S. and Wessely, S. (2002). **Searching for a Gulf War syndrome using cluster analysis**. Psychological Medicine, 32, pp. 1371-1378.

10. สมโภชน์ ศรีสมุทร. การจำแนกกลุ่มตัวแปรด้วยเทคนิค cluster analysis. ค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.saruthipong.com/port/document/299-705/299-705-10.pdf

11. ปิยธิดา รุจะศิริ. (2552). การเปรียบเทียบเทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์กลุ่ม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถิติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. ค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2556, จาก http://research.rdi.ku.ac.th/world/cache/82/PiyatidaRUJAll.pdf

12. ศูนย์ภูมิอากาศแห่งชาติ กรมอุตุนิยมวิทยา. พายุหมุนเขตร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. ค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2556, จาก http://www.tmd.go.th/ncct/article/cc_typhoon.pdf

13. Guhathakurta, P. and Rajeevan, M. (2006). **Trends in the rainfall pattern over India**. National Climate Centre. India Meteorological Department, pp. 2-9.

14. วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. (กรกฎาคม 2549). การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติ. วารสารวิทยาศาสตร์ทักษิณ. ปีที่ 3. ฉบับที่ 2. หน้า 67-82.

15. Anderson, J.D. JR., (1995), **Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications**, Mc Graw-Hill, Inc, pp. 27-32.

16. Basu, S., Foufoula-Georgiou, E. and Porté-Agel, F., (2002), "Predictability of Atmospheric Boundary Layer Flows as a Function of Scale", **Geophysical Research Letters**, Vol. 29, No. 21, pp. 1-14.

17. Donald, C. A., (2000), **Essential of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere**, 3rd ed., Brooks Cole, Pacific Grove, CA, pp.171-173.

18. Eric, W., (1998), **Meteorology**, Mc Graw-Hill, Inc, USA, pp. 316.

19. Holton, J. R., (2004), **Introduction to Dynamic Meteorology**, 4th ed., Elsevier Inc., UK., pp. 188-219.

20. Ian, T.J. and David, B.S., (2003)**, Forecast Verification,** John Wiley & Sons Ltd, England, pp. 101-115.

ประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร.สุนิสา สายอุปราช
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr.Sunisa Saiuparad
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 7202 00341 42 0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 1381 ถ.ประชาราษฎร์สาย 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4136
   โทรสาร: 02-8363000 ต่อ 4136
   E-mail: sunisa.sa@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
   2554 ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
   2550 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (คอ.ม.) สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
   2548 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   สาขาวิชา Mathematical Model
   สาขาวิชา Meteorological
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
   7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -
   7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
   7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : - สภาวะฝนหนักและฝนแล้งภายใต้ภาวะโลกร้อน
   - รูปแบบของฝนอันเนื่องมาจากพายุหมุนเขตร้อน

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ:

- การพัฒนาวิธีการวัดการพยากรณ์มรสุมฤดูหนาวในประเทศไทย

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ดร. ปิยะพงษ์ ปานแก้ว
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr. Piyapong Pankaew
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1020 02911 13 8
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 1381 ถ.ประชาราษฎร์สาย 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4136
   โทรสาร: -
   E-mail: piyapong.pa@rmutp.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

2553 ปริญญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาฟิสิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2550 วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2548 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

   Bioceramics, Biopolymers, Nanomaterials, Composite materials, Material fabrication, Material characterization and Production planning and control

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : -

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: -

ประวัติผู้วิจัยคนที่ 3

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ.กรรณิการ์ ม่วงชู
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Assist. Kannikar Muangchoo
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 1802 00144 75 1
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์ อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

   สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   เลขที่ 1381 ถ.ประชาราษฎร์สาย 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์: 02-8363000 ต่อ 4197
   โทรสาร: -
   E-mail: kanikar.m@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

   กศ.บ. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
   กศ.ม. (คณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   Mathematics Education, Data Analysis

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศโดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   7.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : -

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: -