

2.2.3	กฎอุณหพลศาสตร์ข้อที่หนึ่ง (First law of Thermodynamics)	9
2.2.4	สมการความต่อเนื่อง (Equation of Continuity)	11
2.3	แรงที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของวัตถุบนโลก	14
2.4	การพยากรณ์อากาศ (Weather Prediction)	18
2.4.1	การพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลข (Numerical Weather Prediction)	19
2.4.2	การประมาณค่าตอบโดยวิธี finite difference	20
2.4.3	การวางตำแหน่งข้อมูลในแบบจำลอง (Grid Point Staggering)	22
บทที่ 3	การวิเคราะห์ข้อมูล	
3.1	การใช้งาน Weather Research and Forecasting model (WRF)	23
3.1.1	ส่วนของ WRF Standard Initialization (WRF SI)	24
3.1.1.1	Domain selection	25
3.1.1.2	Initial Data	25
3.1.1.3	Interpolate Data	25
3.1.2	ส่วนของ WRF Model	25
3.1.3	ส่วนของ Visualization	25
3.2	การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพอากาศโดยใช้โปรแกรม GrADS	25
3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์	27
3.4	ขอบเขตในการวิเคราะห์	28
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์	
4.1	ความกดอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Sea Level Pressure)	29
4.2	ทิศทางการพัดของลมตามแนวราบ (Horizontal Wind Direction)	36
4.1.1	ทิศทางการพัดของลมตามแนวราบที่ระดับความดัน 850 มิลลิบาร์	36
	ตลอดเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นซังสารในแนวราบ	
4.2.2	ทิศทางการพัดของลมตามแนวราบที่ใกล้จุดศูนย์กลาง	44
	ของพายุตามระดับความกดอากาศ	
4.3	ทิศทางการพัดของลมตามแนวตั้ง (Vertical Wind Direction)	73
4.4	การพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลม (Relative Vorticity)	77
4.5	การพัดรวมตัวและกระจายตัวของอากาศในแนวราบ	84
	(Horizontal Convergence and Horizontal Divergence)	

4.6 อุณหภูมิตามแนวตั้ง (Vertical Temperature)	96
4.7 การจำลองแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นซังสาร	103
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 สรุปผล	105
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	106
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก	110
ภาคผนวก ก ตัวอย่าง description file (*.ctl)	110
ภาคผนวก ข ตัวอย่าง scripting language file (*.gs)	111
ภาคผนวก ค รูปแบบทางเดินพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ประเทศไทย	112
ภาคผนวก ง ตารางที่ 1. เปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นซังสาร	116
ประวัติผู้เขียน	121

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. เปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นซังสารจากฐานข้อมูลอ้างอิง และแบบจำลอง WRF ของวันที่ 25 กันยายน 2549 ถึงวันที่ 2 ตุลาคม 2549	116

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า	
2.1	แสดงแรงที่กระทำต่อลำอากาศในแนวคิ่ง	7
2.2	แสดงมวลอากาศที่พัดผ่านปริมาตรของกล่องที่มีขนาด $\Delta x, \Delta y$ และ Δz	11
2.3	แสดง horizontal convergence และ divergence	13
2.4	แสดงพิกัดฉากที่หยุดนิ่งและพิกัดฉากที่กำลังหมุน	14
2.5	แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีทั้งแบบเปลี่ยนตำแหน่งและแบบหมุน	15
2.6	แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนผิวโลก	17
2.7	แผนภาพรูปแบบการคำนวณ โดยวิธี Runge-Kutta อันดับ 1 ถึง 4	22
2.8	การจัดวางตำแหน่งข้อมูลแบบ Arakawa's C-grid staggering	22
3.1	แสดงขอบเขตของแบบจำลองสภาพอากาศขนาดภูมิภาค	23
3.2	แสดงส่วนประกอบของแบบจำลอง WRF	24
3.3	แสดงไฟล์ที่ควบคุมการแสดงผลของ GrADS	26
3.4	แสดงหน้าต่างระบบ GrADS และการแสดงผลโดยโต้ตอบกับคำสั่งจากผู้ใช้โดยตรง	26
4.1	(ก) แสดงความกดอากาศในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC) เริ่มก่อตัวเป็นพายุดีเปรสชัน	31
	(ข) แสดงความกดอากาศในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC) เริ่มก่อตัวเป็นพายุโซนร้อน	31
	(ค) แสดงความกดอากาศในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC) เริ่มก่อตัวเป็นพายุดีเปรสชัน	32
	(ง) แสดงความกดอากาศในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 03.00 (UTC) พายุได้ผ่านข้างสารขึ้นฝั่งที่ประเทศฟิลิปปินส์	32
	(จ) แสดงความกดอากาศในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC) เหนือบริเวณประเทศฟิลิปปินส์	33
	(ฉ) แสดงความกดอากาศในวันที่ 29 กันยายน 2549 เวลา 12.00 (UTC) ศูนย์กลางของพายุอยู่เหนือทะเลจีนใต้	33
	(ช) แสดงความกดอากาศในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 18.00 (UTC)	34

	พายุไต้ฝุ่นซังสารจีนฝั่งที่ประเทศเวียดนาม	
	(ข) แสดงความกดอากาศในวันที่ 1 ตุลาคม 2549 เวลา 15.00 (UTC)	34
	อยู่เหนือบริเวณบางส่วนของประเทศไทย	
	(ฉ) แสดงความกดอากาศในวันที่ 2 ตุลาคม 2549 เวลา 21.00 (UTC)	35
	อยู่เหนือบริเวณภาคกลางของประเทศไทย	
	(ญ) แสดงความกดอากาศในวันที่ 3 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	35
	อยู่เหนือบริเวณภาคกลางของประเทศไทย	
4.2	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	37
	(ข) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	38
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	38
	(ง) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	39
	(จ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 03.00 (UTC)	39
	(ฉ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	40
	(ช) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 29 กันยายน 2549 เวลา 12.00 (UTC)	40
	(ซ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	41
	(ฌ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 18.00 (UTC)	41
	(ญ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 1 ตุลาคม 2549 เวลา 15.00 (UTC)	42
	(ฎ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 2 ตุลาคม 2549 เวลา 21.00 (UTC)	42
	(ฏ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 3 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	43
	(ฐ) แสดงความเร็วลมตามแนวราบในวันที่ 3 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	43
4.3	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 100 มิลลิบาร์	45
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.3 (ก)	45
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	46
4.4	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 150 มิลลิบาร์	46
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.4 (ก)	47
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	47
4.5	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 200 มิลลิบาร์	48
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.5 (ก)	48
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	49
4.6	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 250 มิลลิบาร์	49

	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.16 (ก)	65
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	65
4.17	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 800 มิลลิบาร์	66
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.17 (ก)	66
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	67
4.18	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 850 มิลลิบาร์	67
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.18 (ก)	68
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	68
4.19	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 900 มิลลิบาร์	69
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.19 (ก)	69
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	70
4.20	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 950 มิลลิบาร์	70
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.20 (ก)	71
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวราบพร้อมเส้นความเร็วลมคงที่	71
4.21	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวราบที่ระดับความกดอากาศ 10 เมตร	72
	(ข) แสดงส่วนขยายของรูปที่ 4.21 (ก)	72
4.22	(ก) แสดงความเร็วลมตามแนวตั้งในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	74
	(ข) แสดงความเร็วลมตามแนวตั้งในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	74
	(ค) แสดงความเร็วลมตามแนวตั้งในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	75
	(ง) แสดงความเร็วลมตามแนวตั้งในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	75
	(จ) แสดงความเร็วลมตามแนวตั้งในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	76
	(ฉ) แสดงความเร็วลมตามแนวตั้งในวันที่ 2 ตุลาคม 2549 เวลา 21.00 (UTC)	76
4.23	(ก) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	78
	(ข) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	78
	(ค) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	79
	(ง) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 03.00 (UTC)	79

	(จ) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	80
	(ฉ) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 29 กันยายน 2549 เวลา 12.00 (UTC)	80
	(ช) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	81
	(ซ) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 18.00 (UTC)	81
	(ฅ) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 1 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	82
	(ฉ) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 1 ตุลาคม 2549 เวลา 15.00 (UTC)	82
	(ค) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 2 ตุลาคม 2549 เวลา 21.00 (UTC)	83
	(ก) แสดงการพัดหมุนวนสัมพัทธ์ของลมที่พื้นผิว (10 เมตร) ในวันที่ 3 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	83
4.24	(ก) แสดงการพัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร ในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	86
	(ข) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 00.00 (UTC)	86
4.25	(ก) แสดงการพัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร ในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	87
	(ข) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 25 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	87
4.26	(ก) แสดงการพัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร ในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	88
	(ข) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	88
4.27	(ก) แสดงการพัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 03.00 (UTC)	89

	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	89
	ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 03.00 (UTC)	
4.28	(ก) แสดงการฟัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร	90
	ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	90
	ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	
4.29	(ก) แสดงการฟัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร	91
	ในวันที่ 29 กันยายน 2549 เวลา 12.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	91
	ในวันที่ 29 กันยายน 2549 เวลา 12.00 (UTC)	
4.30	(ก) แสดงการฟัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร	92
	ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	92
	ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	
4.31	(ก) แสดงการฟัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร	93
	ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 18.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	93
	ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 18.00 (UTC)	
4.32	(ก) แสดงการฟัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร	94
	ในวันที่ 2 ตุลาคม 2549 เวลา 21.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	94
	ในวันที่ 2 ตุลาคม 2549 เวลา 21.00 (UTC)	
4.33	(ก) แสดงการฟัดรวมตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 10 เมตร	95
	ในวันที่ 3 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	95
	ในวันที่ 3 ตุลาคม 2549 เวลา 00.00 (UTC)	
4.34	(ก) แสดงอุณหภูมิตามแนวคิงบริเวณใกล้จุดศูนย์กลางพายุใต้ฝุ่นซังสาร	98
	ในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	
	(ข) แสดงการฟัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์	98
	ในวันที่ 27 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	

(ค) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 03.00 (UTC)	99
(ง) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 06.00 (UTC)	99
(จ) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 09.00 (UTC)	100
(ฉ) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 28 กันยายน 2549 เวลา 12.00 (UTC)	100
(ช) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 06.00 (UTC)	101
(ซ) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 15.00 (UTC)	101
(ฌ) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 18.00 (UTC)	102
(ญ) แสดงการพัดกระจายตัวของอากาศในแนวราบที่ระดับความสูง 100 มิลลิบาร์ ในวันที่ 30 กันยายน 2549 เวลา 21.00 (UTC)	102
4.35 แสดงการเปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นซังสาร ในระหว่าง วันที่ 25 กันยายน 2549 ถึง 2 ตุลาคม 2549	103
4.36 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของพายุไต้ฝุ่นซังสาร	104