

บทที่ 4

การเปรียบเทียบแบบจำลองและจัดทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละออง บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

จากการหาความสัมพันธ์กันทั้งสองวิธีการจากข้อมูล 2 แบบคือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน กับค่าสะท้อนพื้นผิว (Surface Reflectance) ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละช่วงคลื่น และค่าความหนาเชิงแสง (AOT) ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) 8 แบบนั้น ทำให้ได้สมการที่ดีที่สุดของแต่ละวิธีการ ทั้งหมด 2 สมการ ดังนั้นจึงต้องทำการหาสมการที่ดีที่สุดเพียงสมการเดียวเพื่อเป็นสมการตัวแทนในการหาปริมาณ PM_{10} จากภาพถ่ายดาวเทียม และนำไปทำแผนที่ปริมาณ PM_{10} ต่อไป

4.1 การประเมินความแม่นยำและความสัมพันธ์ของค่าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จริง

ค่าความแม่นยำ (Precision) หมายถึง ค่าที่บอกถึงความแม่นยำเที่ยงตรงของการทำนาย (predict) กับค่าที่วัดได้จริง (observation) โดยคำนวณจาก Root Mean Square Error (RMSE) ถ้าค่า RMSE น้อย แสดงว่ามีความเที่ยงตรงและแม่นยำมากกว่า คำนวณจากสูตร Root Mean Square Error ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X - X_i)^2}{N}} \quad (4.1)$$

โดยที่ X คือ ปริมาณ PM_{10} ที่วัดได้จริงจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
X_i คือ ปริมาณ PM_{10} ที่คำนวณได้จากสมการ
N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ผลการประเมินความแม่นยำของการทำนาย

จากผลการทดสอบความสัมพันธ์ได้สมการที่มีค่า R^2 ที่ดีที่สุดของแต่ละแบบ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อเป็นสมการตัวแทนในการนำมาใช้ทำแผนที่ความเข้มข้นของปริมาณ PM_{10} จากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS โดยดูจากค่า Root Mean Square Error (RMSE) ดังนี้

1) ความสัมพันธ์ของปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ กับข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลลัพธ์ MOD09

จากความสัมพันธ์ของปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าการสะท้อนของภาพถ่ายดาวเทียม MODIS แบนด์ที่ 1 แบนด์ที่ 2 แบนด์ที่ 3 และแบนด์ที่ 4 ของวันที่ 7 มีนาคม 2553 ทำให้ได้สมการที่มีค่า R² ที่ดีที่สุดคือสมการเชิงเส้นแบบพหุ และได้นำสมการนี้ไปคำนวณหาปริมาณ PM₁₀ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 ได้ผลดังตาราง 4.1 โดยมีสมการคือ

$$PM_{10} = -51541.947(\text{แบนด์ 1}) + 1799.363(\text{แบนด์ 2}) + 91764.017(\text{แบนด์ 3}) + 2067.521(\text{แบนด์ 4}) - 43.285 \quad (R^2=0.868) \quad (4.2)$$

ตาราง 4.1 ปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และ ปริมาณ PM₁₀ ที่คำนวณได้จากสมการเชิงเส้นแบบพหุ ด้วยข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว

วันที่	สถานี	ปริมาณ PM ₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ (µg./m ³)	ปริมาณ PM ₁₀ ที่คำนวณได้จากสมการ (µg./m ³)
3 มีนาคม 2553	35t	130.17	163.37
	36t	136.50	68.59
	37t	166.83	162.32
	38t	62.33	160.05
	57t	208.17	59.64
	58t	198.17	137.82
	67t	112.33	115.07
	68t	125.17	155.96
7 มีนาคม 2553	35t	109.17	101.70
	36t	92.42	82.78
	37t	60.42	93.77
	38t	69.67	58.07
	39t	103.58	125.76
	40t	73.83	79.17

ตาราง 4.1 (ต่อ)

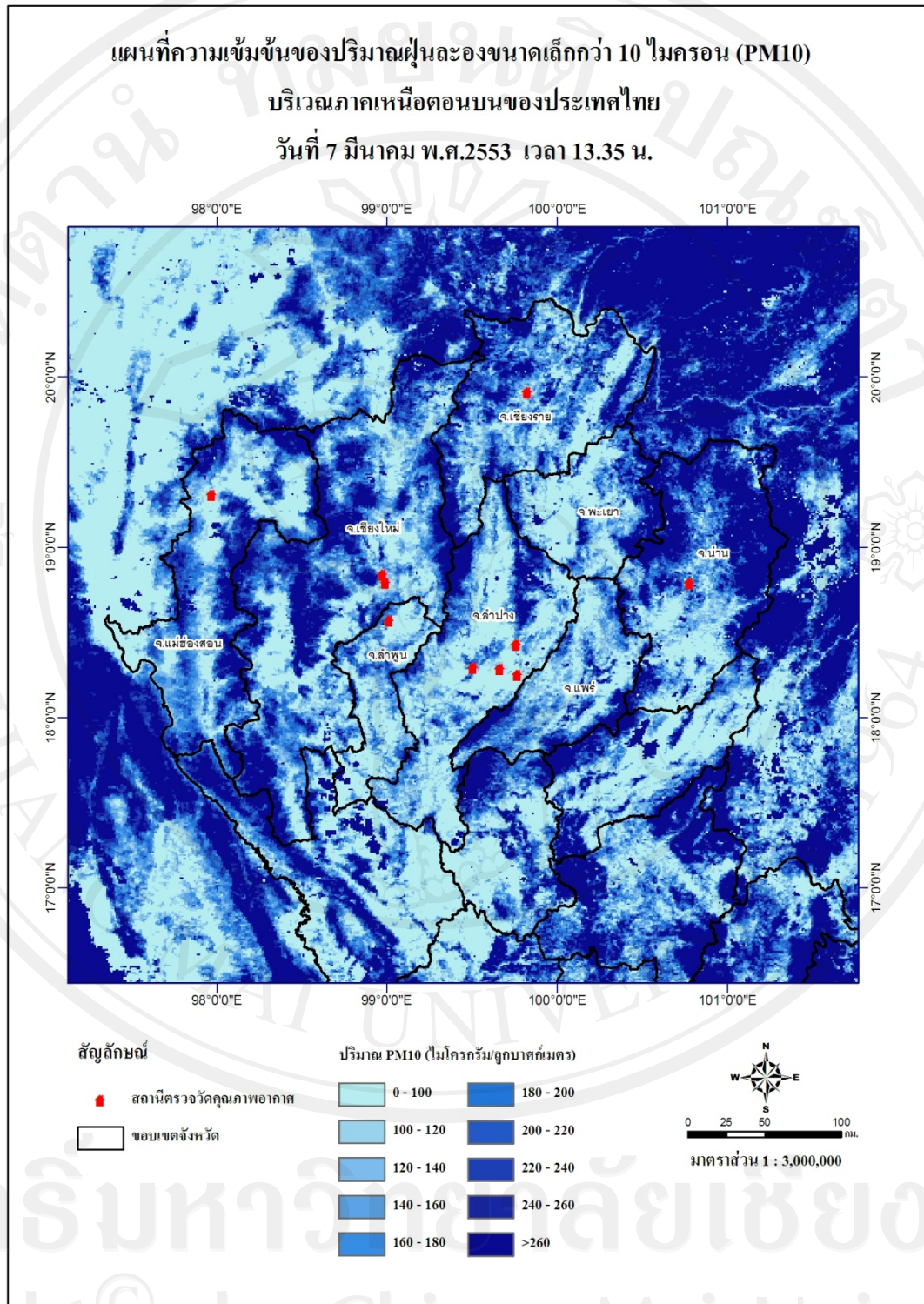
วันที่	สถานี	ปริมาณ PM ₁₀ จากสถานี ตรวจวัดคุณภาพอากาศ ($\mu\text{g./m}^3$)	ปริมาณ PM ₁₀ ที่ คำนวณได้จากสมการ ($\mu\text{g./m}^3$)
7 มีนาคม 2553	57t	224.83	205.49
	58t	103.33	88.35
	67t	161.08	175.33
	68t	120.33	108.25
8 มีนาคม 2553	35t	138.83	124.55
	36t	120.83	39.40
	38t	98.50	67.73
	39t	153.67	113.00
	40t	118.33	118.88
	57t	252.67	107.17
	58t	148.50	99.37
	67t	176.00	92.08
	68t	131.00	159.80

จากผลการทดสอบ ค่า RMSE ของข้อมูล PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ กับข้อมูลที่คำนวณได้จากสมการเชิงเส้นแบบพหุ สำหรับข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ชุดผลิตภัณฑ์ MOD09 วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 แบนด์ที่ 1 แบนด์ที่ 2 แบนด์ที่ 3 และแบนด์ที่ 4 ได้ RMSE เท่ากับ 56.33

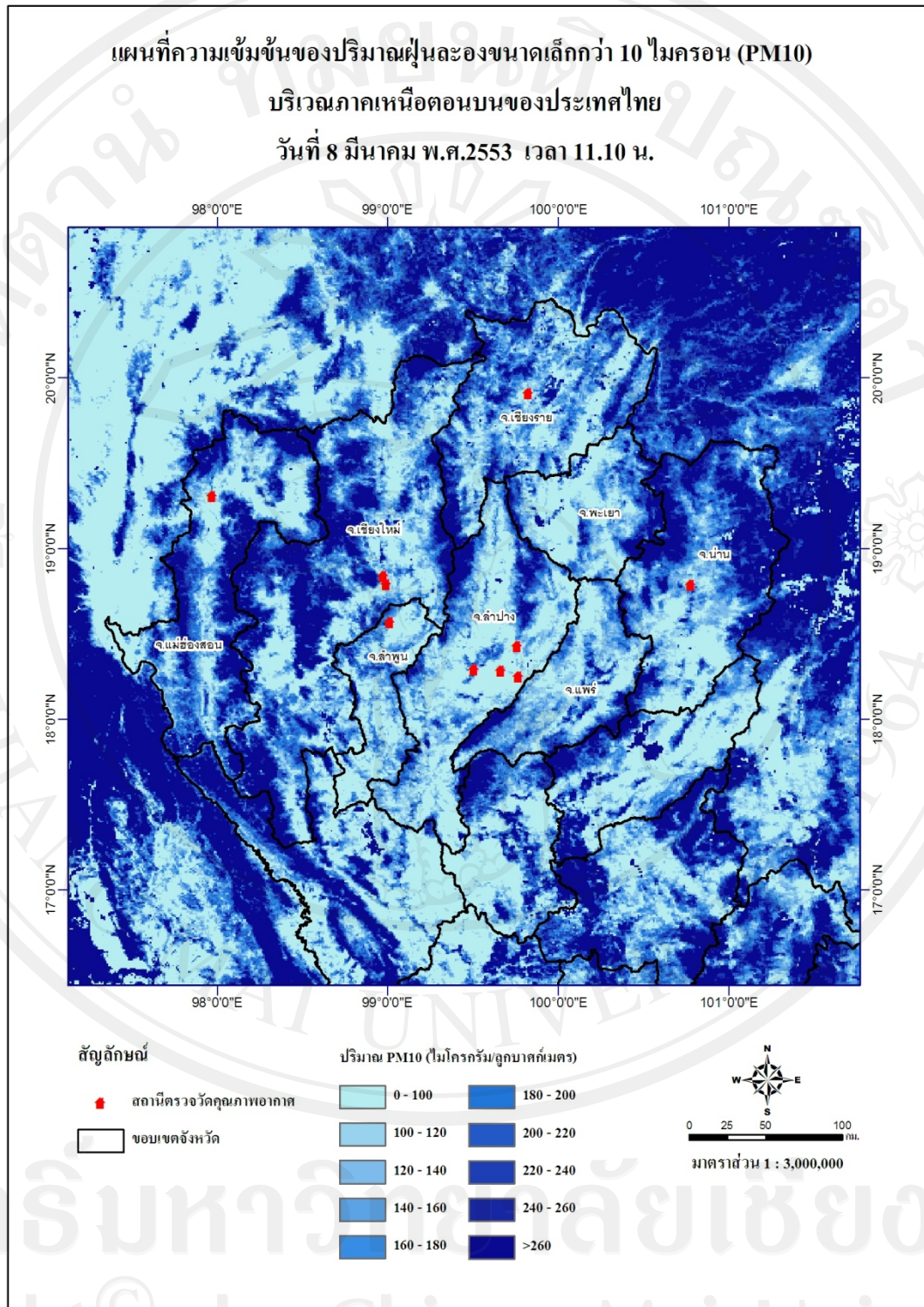
เมื่อนำสมการที่ได้ไปคำนวณกับภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 แบนด์ที่ 1 แบนด์ที่ 2 แบนด์ที่ 3 และแบนด์ที่ 4 จะได้แผนที่ความเข้มข้นของ PM₁₀ ในอากาศ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ดังภาพ 4.1 – ภาพ 4.3



ภาพ 4.1 แผนที่ความเข้มข้นปริมาณ PM_{10} บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
วันที่ 3 มีนาคม 2553 เวลา 10.50 น. จากการใช้ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว กับสมการเชิงเส้นแบบพหุ



ภาพ 4.2 แผนที่ความเข้มข้นปริมาณ PM₁₀ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
วันที่ 7 มีนาคม 2553 เวลา 13.35 น. จากการใช้ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว กับสมการเชิงเส้นแบบพหุ



ภาพ 4.3 แผนที่ความเข้มข้นปริมาณ PM₁₀ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
วันที่ 8 มีนาคม 2553 เวลา 11.10 น. จากการใช้ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว กับสมการเชิงเส้นแบบพหุ

2) ความสัมพันธ์ของปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ กับข้อมูลค่าความหนาแข็งแสง (AOT) ผลลัพธ์ MOD04

จากความสัมพันธ์ของปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าความหนาแข็งแสง (AOT) ของวันที่ 7 มีนาคม 2553 ทำให้ได้สมการที่มีค่า R² ที่ดีที่สุดคือสมการถดถอยแบบควบิก และได้นำสมการนี้ ไปคำนวณหาปริมาณ PM₁₀ ของภาพถ่ายดาวเทียมค่า AOT ของวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 ได้ผลดังตาราง 4.2 โดยมีสมการคือ

$$PM_{10} = 130.304 - 79.574(AOT) - 152.794(AOT)^2 + 250.036(AOT)^3 \quad (R^2=0.857) \quad (4.3)$$

ตาราง 4.2 ปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และ ปริมาณ PM₁₀ ที่คำนวณได้จากสมการถดถอยแบบควบิก ด้วยข้อมูลค่าความหนาแข็งแสง

วันที่	สถานี	ปริมาณ PM ₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ (µg./m ³)	ปริมาณ PM ₁₀ ที่คำนวณได้จากสมการ (µg./m ³)
3 มีนาคม 2553	35t	130.17	97.79
	36t	136.50	107.84
	37t	166.83	114.68
	38t	62.33	123.58
	57t	208.17	89.07
	58t	198.17	101.64
	67t	112.33	89.07
	68t	125.17	100.48
7 มีนาคม 2553	35t	109.17	107.48
	36t	92.42	107.48
	37t	60.42	85.34
	38t	69.67	91.99
	39t	103.58	85.00
	40t	73.83	86.40
	57t	224.83	226.16

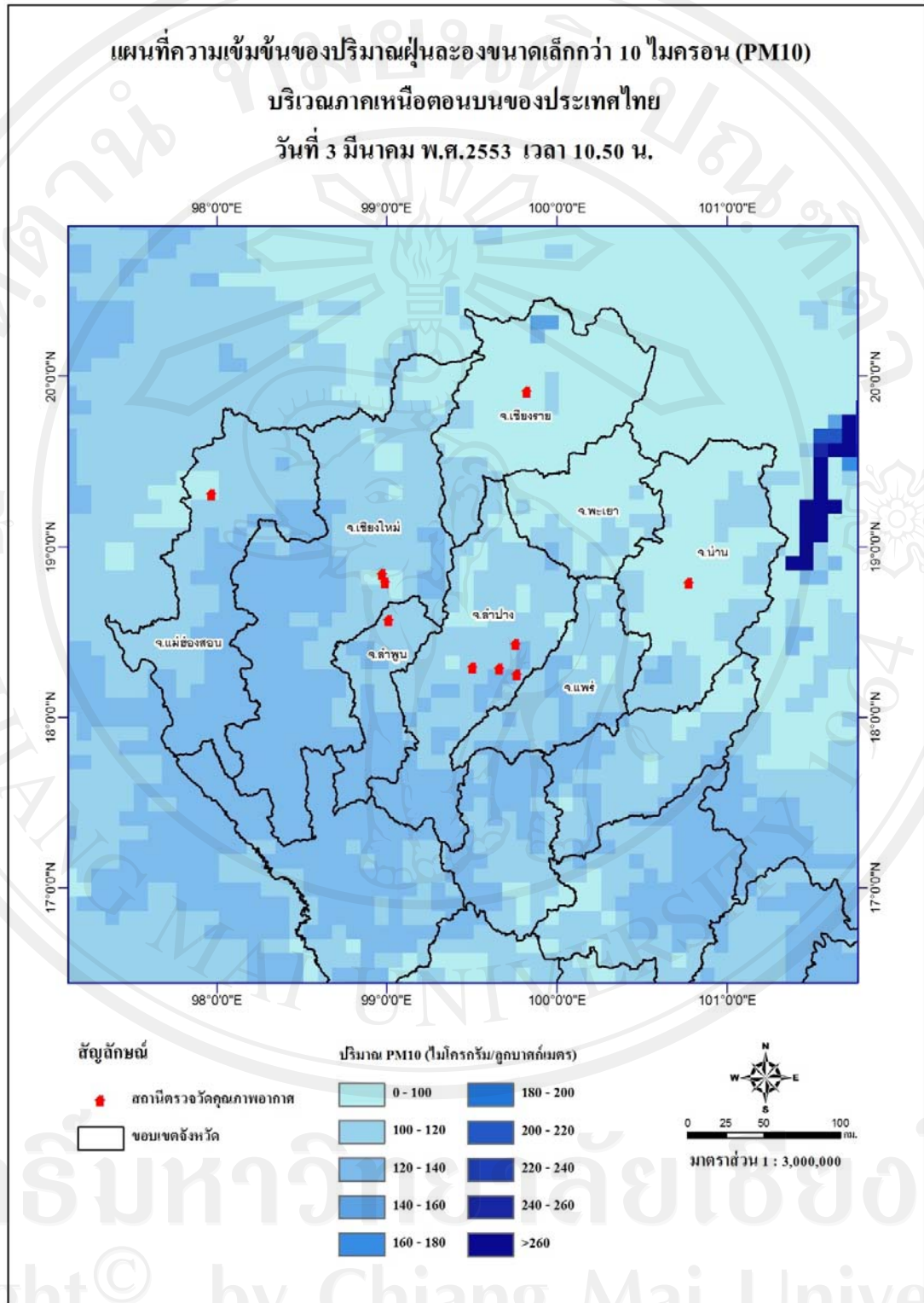
ตาราง 4.2 (ต่อ)

วันที่	สถานี	ปริมาณ PM ₁₀ จากสถานี ตรวจวัดคุณภาพอากาศ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ปริมาณ PM ₁₀ ที่ คำนวณได้จากสมการ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7 มีนาคม 2553	58t	103.33	81.52
	67t	161.08	153.58
	68t	120.33	93.71
8 มีนาคม 2553	35t	138.83	81.68
	36t	120.83	82.56
	38t	98.50	86.27
	39t	153.67	81.81
	40t	118.33	87.57
	57t	252.67	226.74
	58t	148.50	84.56
	67t	176.00	135.92
	68t	131.00	86.47

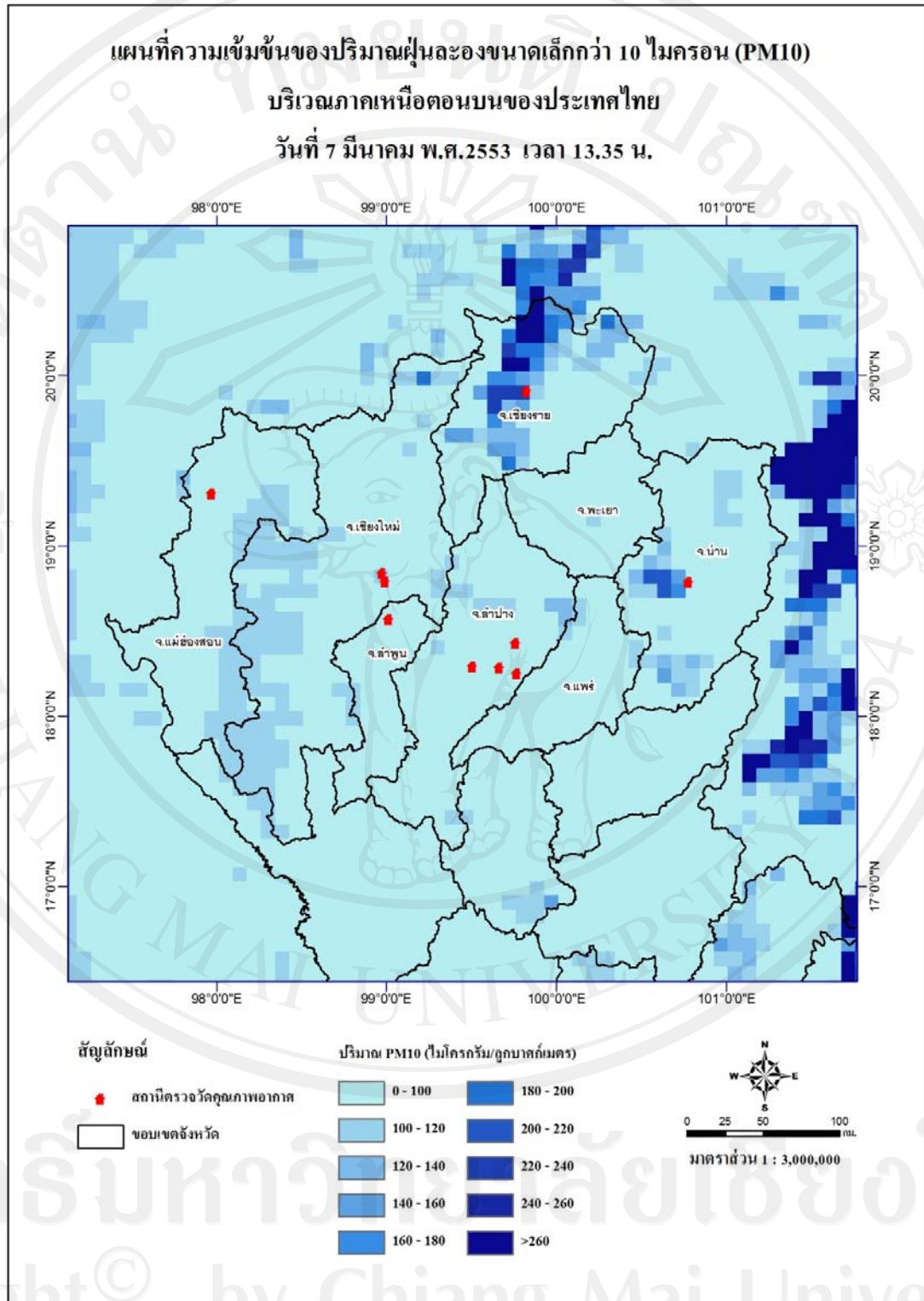
จากผลการทดสอบ คำนวณค่า RMSE ของข้อมูล PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ กับข้อมูลที่คำนวณได้จากสมการถดถอยแบบคิวิค สำหรับข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง(AOT)ชุดผลิตภัณฑ์ MOD04 วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 ได้ RMSE เท่ากับ 45.31

เมื่อนำสมการที่ได้ไปคำนวณกับภาพถ่ายดาวเทียม MODIS ข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 จะได้แผนที่ความเข้มข้นของ PM₁₀ ในอากาศ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ดังภาพ 4.4 – ภาพ 4.6

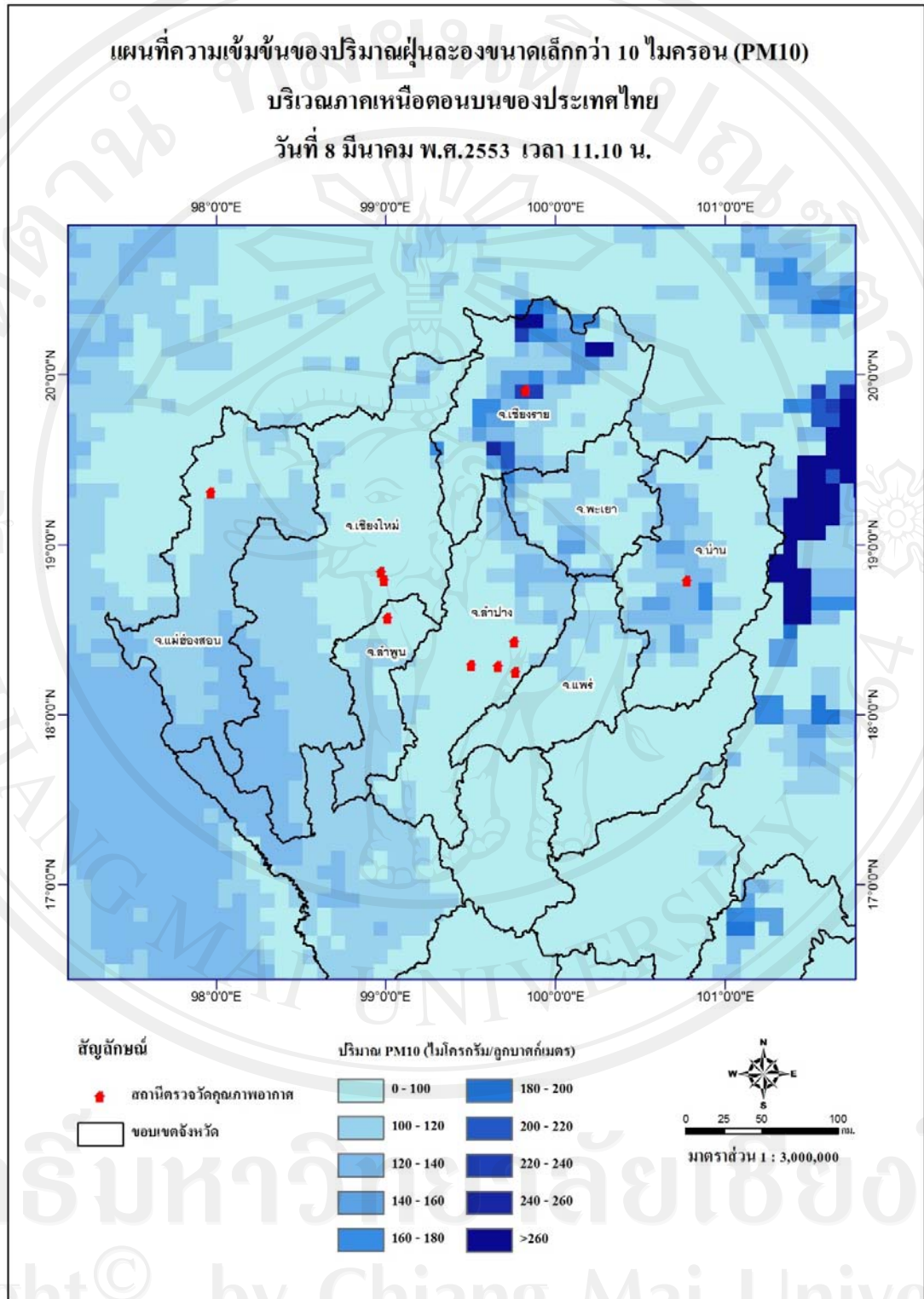
จากผลการประเมินความแม่นยำของค่าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จริง ผลปรากฏว่า ค่า RMSE ของการคำนวณจากข้อมูล AOT มีค่าน้อยกว่า ซึ่งหมายถึง มีความแม่นยำมากกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยค่าสะท้อนพื้นผิว และเมื่อนำข้อมูล PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และข้อมูล PM₁₀ ที่คำนวณได้จากสมการ และข้อมูลดาวเทียม ทั้ง 2 แบบมาหาความสัมพันธ์กันด้วยสมการเชิงเส้น ผลปรากฏว่า ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณด้วยค่า AOT ให้ความถูกต้องมากกว่าเช่นกัน ดังภาพ 4.7 – ภาพ 4.9



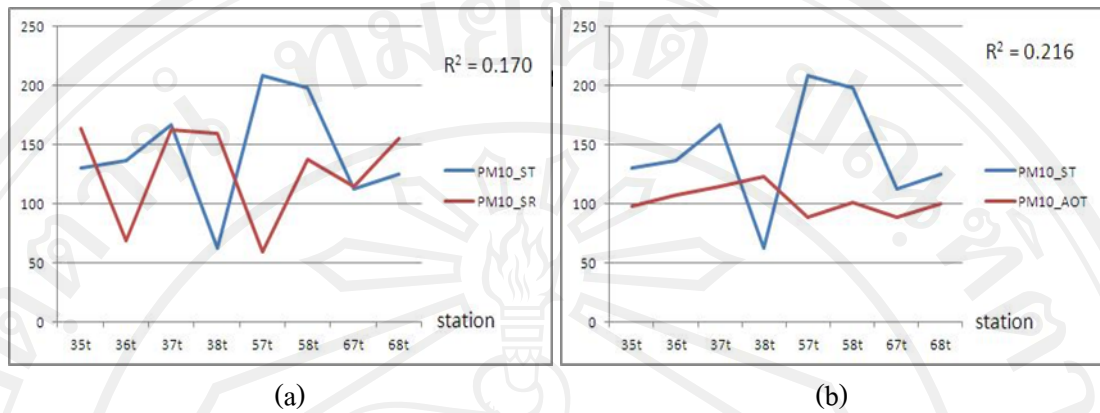
ภาพ 4.4 แผนที่ความเข้มข้นปริมาณ PM₁₀ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
วันที่ 3 มีนาคม 2553 เวลา 10.50 น. จากการใช้ค่า AOT กับสมการถดถอยแบบควินิค



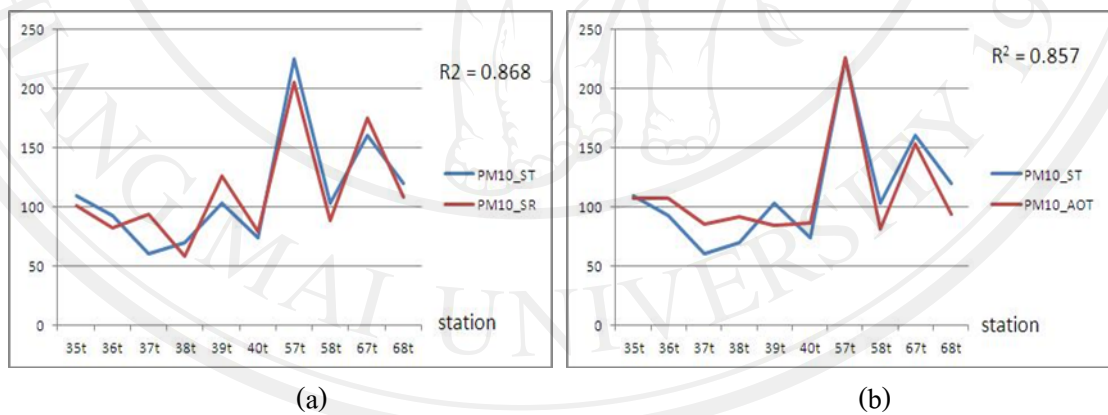
ภาพ 4.5 แผนที่ความเข้มข้นปริมาณ PM₁₀ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
วันที่ 7 มีนาคม 2553 เวลา 13.35 น. จากการใช้ค่า AOT กับสมการถดถอยแบบคิวบิก



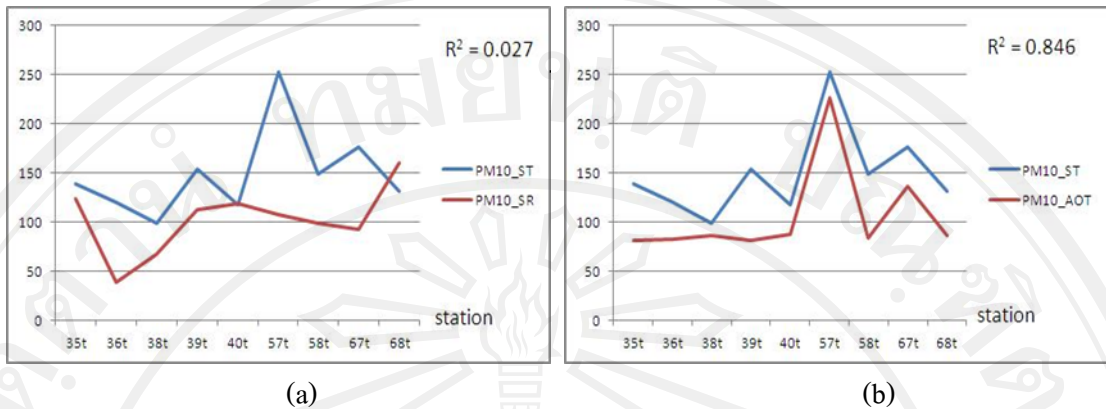
ภาพ 4.6 แผนที่ความเข้มข้นปริมาณ PM₁₀ บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย
วันที่ 8 มีนาคม 2553 เวลา 11.10 น. จากการใช้ค่า AOT กับสมการถดถอยแบบควินิค



รูป 4.7 ความสัมพันธ์ของปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และปริมาณ PM_{10} ที่คำนวณได้จากข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลลัพธ์ MOD09 จำนวน 4 แบนด์ (a) และคำนวณจากข้อมูล AOT ผลลัพธ์ MOD04 (b) ของวันที่ 3 มีนาคม 2553



รูป 4.8 ความสัมพันธ์ของปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และปริมาณ PM_{10} ที่คำนวณได้จากข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลลัพธ์ MOD09 จำนวน 4 แบนด์ (a) และคำนวณจากข้อมูล AOT ผลลัพธ์ MOD04 (b) ของวันที่ 7 มีนาคม 2553



รูป 4.9 ความสัมพันธ์ของปริมาณ PM₁₀ จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และปริมาณ PM₁₀ ที่คำนวณได้จากข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลลัพธ์ MOD09 จำนวน 4 แบนด์ (a) และคำนวณจากข้อมูล AOT ผลลัพธ์ MOD04 (b) ของวันที่ 8 มีนาคม 2553

4.2 สรุปผลการเปรียบเทียบแบบจำลองที่มีความเหมาะสมต่อการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองเพื่อทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

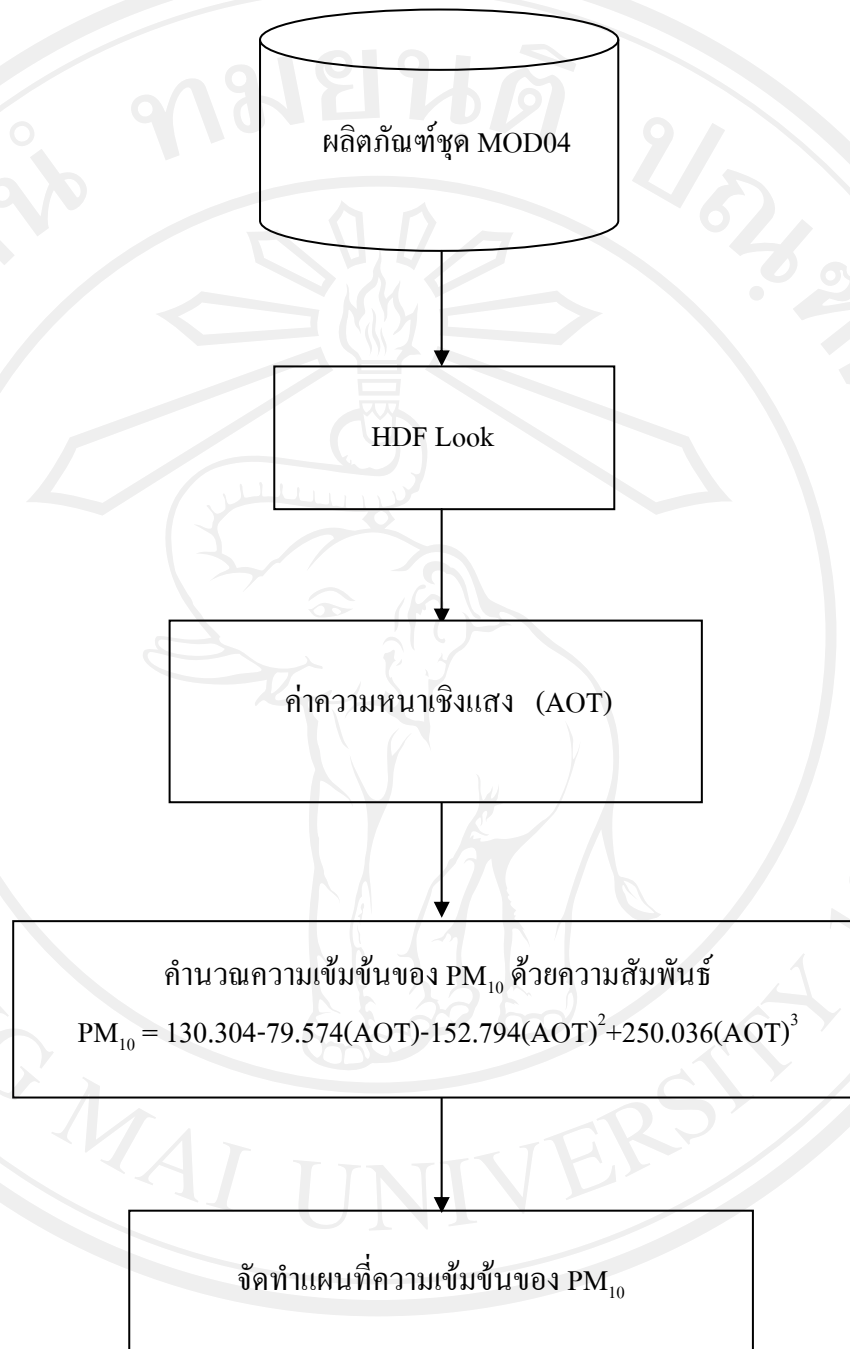
4.2.1 ผลการประเมินความแม่นยำของค่าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จริง

จากผลการประเมินความแม่นยำและความสัมพันธ์ของค่าที่คำนวณได้กับค่าที่วัดได้จริง พบว่า การใช้ข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) กับสมการถดถอยแบบคิวบิก ให้ค่า RMSE ต่ำที่สุดและมีค่าความสัมพันธ์มากกว่า เมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว โดยสมการที่ใช้คือ

$$PM_{10} = 130.304 - 79.574(AOT) - 152.794(AOT)^2 + 250.036(AOT)^3 \quad (R^2 = 0.857)$$

4.2.2 แนวทางการประเมินความเข้มข้นของ PM₁₀ ในอากาศจากการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมเซนเซอร์ MODIS

จากการศึกษาการประเมินความเข้มข้นของ PM₁₀ โดยใช้ดาวเทียมระบบเซนเซอร์ MODIS พบว่าการใช้ข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง (AOT) ชุดผลลัพธ์ MOD04 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินความเข้มข้นของ PM₁₀ ได้ โดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่คำนวณได้ เพื่อประเมินความเข้มข้นของ PM₁₀ ในพื้นที่ที่ต้องการศึกษา แล้วจัดทำแผนที่โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีขั้นตอนวิธีการ ดังภาพ 4.10



ภาพ 4.10 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลดาวเทียม
 ในการจัดทำแผนที่ความเข้มข้นของ PM₁₀