บทที่ 3
การตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

เนื้อหาในบทนี้เป็นการนำเสนอการหาความสัมพันธ์กันระหว่างค่าที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม และค่า PM_{10} ที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ โดยแบ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงเวลา ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่ง และความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เพื่อหารูปแบบสมการที่ดีที่สุดของแต่ละวิธีการ เพื่อนำไปใช้ในการปรับเทียบในการทำแผนที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศในขั้นตอนต่อไป

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายดาวเทียมกับปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ

3.1.1 ความสัมพันธ์เชิงเวลา

ข้อมูลปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ เป็นข้อมูลที่เก็บแบบต่อเนื่องและแสดงผลเป็นรายชั่วโมง ดังนั้น จึงต้องหาปริมาณ PM_{10} ณ ช่วงเวลาที่ถ่ายภาพของดาวเทียมของแต่ละวัน โดยสมการเชิงเส้นรูปแบบจุดสองจุด ทั้งนี้อนุมานว่าปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณ PM_{10} (เช่น ความเร็วลม, ทิศทางลม เป็นต้น) มีค่าคงที่

$$Y - Y_1 = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)} * (X - X_1) \qquad (3.1)$$

เมื่อ $X_2 \neq X_1$ กราฟนี้จะเป็นเส้นตรงที่ลากผ่านจุด (X_1, Y_1) และจุด (X_2, Y_2) โดยมีความชันเท่ากับ $m = (Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1)$ รูปแบบจุดสองจุดสามารถแปลงให้เป็นรูปแบบจุดและความชันได้ โดยการคำนวณหาค่าที่เจาะจงของความชันมาแทนที่ตำแหน่งของ m

โดยที่ X คือ เวลาถ่ายภาพของดาวเทียม

X_1 คือ นาทีที่ 0

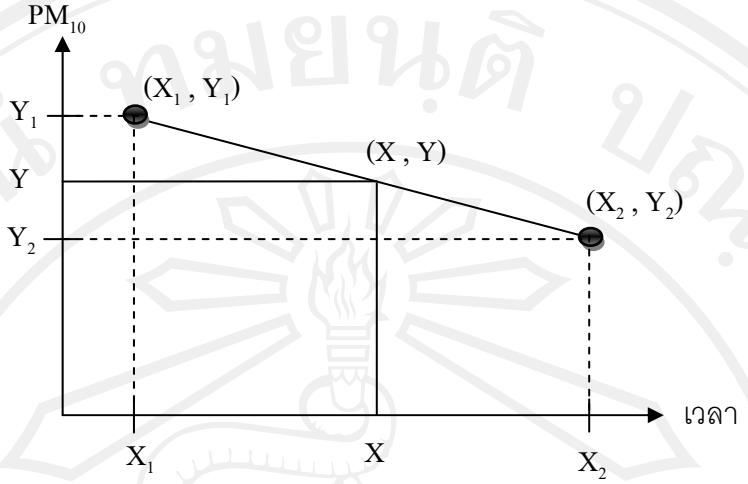
X_2 คือ นาทีที่ 60

Y คือ ปริมาณ PM_{10} ณ เวลา X

Y_1 คือ ปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัด ในนาทีที่ 0

Y_2 คือ ปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัด ในนาทีที่ 60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3.1 กราฟสมการเชิงเส้นรูปแบบจุดสองจุด (Two-point form) เพื่อคำนวณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ณ เวลาที่ดาวเทียมถ่ายภาพ

ตาราง 3.1 ปริมาณ PM_{10} ณ เวลาที่ดาวเทียมถ่ายภาพ

Station	ปริมาณ PM_{10} ณ เวลาที่ดาวเทียมถ่ายภาพ ($\mu g./m^3$)		
	3 มีนาคม 2553 เวลา 10.50 น.	7 มีนาคม 2553 เวลา 13.35 น.	8 มีนาคม 2553 เวลา 11.10 น.
35t	130.17	109.17	138.83
36t	136.50	92.42	120.83
37t	166.83	60.42	-
38t	62.33	69.67	98.50
39t	-	103.58	153.67
40t	-	73.83	118.33
57t	208.17	224.83	252.67
58t	198.17	103.33	148.50
67t	112.33	161.08	176.00
68t	125.17	120.33	131.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 ความสัมพันธ์เชิงตำแหน่ง

3.1.2.1 ข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลิตภัณฑ์ MOD09

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และการสะท้อนที่ระดับพื้นผิว (Surface Reflectance) ทำโดยการเลือกค่าพิกเซลที่ตำแหน่งพิกัดที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ได้ค่าการสะท้อนดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ค่าสะท้อนพื้นผิว ณ ตำแหน่งพิกัดสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ของภาพถ่ายดาวเทียม

วันที่	สถานี	PM_{10} ($\mu g./m^3$)	ค่าการสะท้อนพื้นผิว			
			แบนด์ 1	แบนด์ 2	แบนด์ 3	แบนด์ 4
3 มี.ค. 53	35t	130.17	0.1061	0.2656	0.0545	0.0949
	36t	136.50	0.1014	0.2156	0.0519	0.0908
	37t	166.83	0.0951	0.2439	0.0489	0.0876
	38t	62.33	0.0955	0.2493	0.0491	0.0829
	39t	-	0.0864	0.2388	0.0444	0.0792
	40t	-	0.0915	0.2460	0.0469	0.0819
	57t	208.17	0.1130	0.2314	0.0579	0.0956
	58t	198.17	0.1067	0.2560	0.0549	0.0881
	67t	112.33	0.1084	0.2462	0.0557	0.0925
	68t	125.17	0.0980	0.2451	0.0504	0.0892
7 มี.ค. 53	35t	109.17	0.0819	0.2018	0.0420	0.0721
	36t	92.42	0.0945	0.1914	0.0488	0.0843
	37t	60.42	0.0854	0.1965	0.0439	0.0758
	38t	69.67	0.0951	0.2029	0.0488	0.0773
	39t	103.58	0.0738	0.1953	0.0380	0.0650
	40t	73.83	0.0735	0.1885	0.0375	0.0631
	57t	224.83	0.0882	0.2365	0.0458	0.0805
	58t	103.33	0.0752	0.1811	0.0387	0.0631
	67t	161.08	0.1094	0.2563	0.0567	0.0934
	68t	120.33	0.0809	0.2110	0.0413	0.0734

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.2 (ต่อ)

วันที่	สถานี	PM_{10} ($\mu g./m^3$)	ค่าการสะท้อนพื้นผิว			
			แบนด์ 1	แบนด์ 2	แบนด์ 3	แบนด์ 4
8 มี.ค. 53	35t	138.83	0.0827	0.2115	0.0424	0.0769
	36t	120.83	0.0899	0.1769	0.0461	0.0811
	37t	-	0.0848	0.1846	0.0435	0.0790
	38t	98.50	0.0897	0.1965	0.0460	0.0772
	39t	153.67	0.0748	0.1914	0.0384	0.0694
	40t	118.33	0.0718	0.1853	0.0370	0.0649
	57t	252.67	0.0855	0.1993	0.0440	0.0779
	58t	148.50	0.0895	0.2087	0.0460	0.0769
	67t	176.00	0.0821	0.1952	0.0422	0.0693
	68t	131.00	0.0783	0.2184	0.0402	0.0759

3.1.2.2 ข้อมูลความหนาเชิงแสง (AOT) ผลิตภัณฑ์ MOD04

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และข้อมูลความหนาเชิงแสง (AOT) จากผลิตภัณฑ์ MOD04 ทำโดยการเลือกค่าของพิกเซลที่ตำแหน่งพิกัดที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ดังตาราง 3.3

ตาราง 3.3 ค่า AOT ที่ตำแหน่งพิกัดสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ของภาพถ่ายดาวเทียม

วันที่	สถานี	PM_{10} ($\mu g./m^3$)	AOT
3 มี.ค. 53	35t	130.17	0.316
	36t	136.50	0.222
	37t	166.83	0.160
	38t	62.33	0.075
	39t	-	0.220
	40t	-	0.075
	57t	208.17	0.740

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.3 (ต่อ)

วันที่	สถานี	PM_{10} ($\mu g./m^3$)	AOT
3 มี.ค. 53	58t	198.17	0.279
	67t	112.33	0.412
	68t	125.17	0.290
7 มี.ค. 53	35t	109.17	0.858
	36t	92.42	0.858
	37t	60.42	0.466
	38t	69.67	0.377
	39t	103.58	0.472
	40t	73.83	0.449
	57t	224.83	1.166
	58t	103.33	0.586
	67t	161.08	1.015
	68t	120.33	0.358
8 มี.ค. 53	35t	138.83	0.611
	36t	120.83	0.526
	37t	-	0.402
	38t	98.50	0.710
	39t	153.67	0.619
	40t	118.33	0.432
	57t	252.67	1.167
	58t	148.50	0.480
	67t	176.00	0.965
	68t	131.00	0.448

3.1.3 ความสัมพันธ์เชิงปริมาณ

เมื่อได้ข้อมูลจากความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งระหว่าง ปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าจากภาพถ่ายดาวเทียม ณ ตำแหน่งพิกัดสถานีแล้ว นำชุดข้อมูลทั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สองมาหาความสัมพันธ์กัน ด้วยสมการถดถอย 8 แบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบล็อกการิธมิค (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิค (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) และการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear models) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

1. แบบเส้นตรง (Linear Regression)

รูปแบบสมการ $Y = aX + b$ **(3.2)**

2. แบบ ล็อกการิธมิ (Logarithmic Regression)

รูปแบบสมการ $Y = a \ln (X) + b$ **(3.3)**

3. แบบควอดราติกส์ (Quadratic Regression)

รูปแบบสมการ $Y = aX^2 + bX + c$ **(3.4)**

4. แบบคิวบิค (Cubic Regression)

รูปแบบสมการ $Y = aX^3 + bX^2 + cX + d$ **(3.5)**

5. แบบเลขยกกำลัง (Power Regression)

รูปแบบสมการ $Y = aX^b$ **(3.6)**

6. แบบตัวเอส (S-curv Regression)

รูปแบบสมการ $Y = e^{(a/X) + b}$ เมื่อ e เป็นล็อกฐานธรรมชาติ **(3.7)**

7. แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential Regression)

รูปแบบสมการ $Y = ab^X$ **(3.8)**

8. การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Regression)

รูปแบบสมการ $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots b_kX_k$ **(3.9)**

กำหนดให้ Y คือ ค่าปริมาณฝุ่นละอองที่ได้จากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ($\mu g/m^3$)

X คือ ค่าการสะท้อนพื้นผิว และค่าความหนาเชิงแสง ณ ตำแหน่งพิกัดของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ที่ได้จากดาวเทียม

b คือ ค่าคงที่

e คือ ล๊อกฐานธรรมชาติ

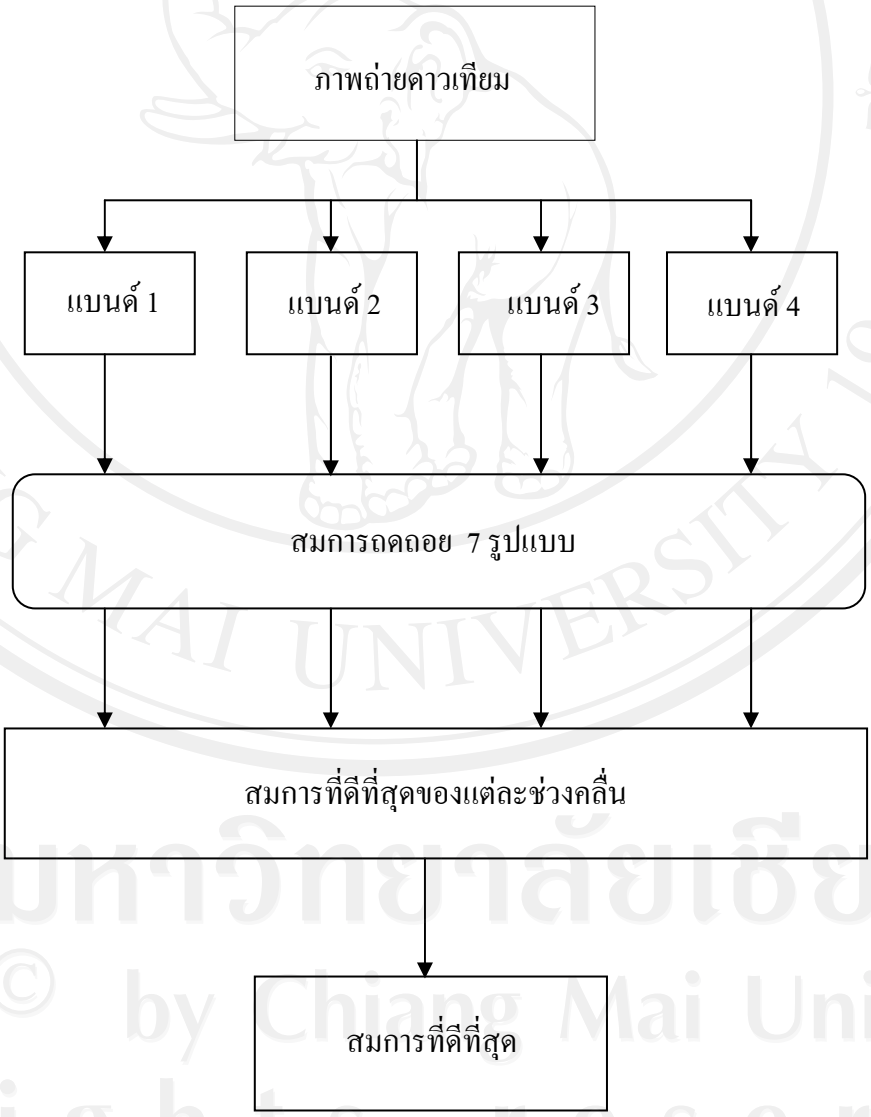
และหาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3.1 วิเคราะห์ด้วยข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลิตภัณฑ์ MOD09

ก) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแยกช่วงคลื่นด้วยสมการถดถอย 7 แบบ

การหาความสัมพันธ์กันด้วยสมการถดถอยแบบ linear logarithmic quadratic cubic power S-curve และ exponential จะทำแบบแยกช่วงคลื่น โดยจะใช้ข้อมูลปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าการสะท้อนจากภาพถ่ายดาวเทียม ของวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 และแต่ละวันจะใช้ทั้งหมด 4 แบนด์ ได้แก่ แบนด์ที่ 1 แบนด์ที่ 2 แบนด์ที่ 3 และแบนด์ที่ 4 มีขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพ 3.2



ภาพ 3.2 ขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ แบบแยกช่วงคลื่นด้วยสมการถดถอย 7 แบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอย 7 แบบ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แบนด์ 1 แบนด์ 2 แบนด์ 3 และ แบนด์ 4 ในวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม พ.ศ.2553 ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) 7 แบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบล็อกการิมิค (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิค (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) และแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) แสดงผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

1. วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM10 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า แบนด์1 และ แบนด์ 3 ความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น (R^2=0.329) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = 893.678 - 250614.565(\text{แบนด์ } 1)^2 + 1736000(\text{แบนด์ } 1)^3 \quad \textbf{(3.10)}$$

และ $$PM_{10} = 966.363 - 1030000(\text{แบนด์ } 3)^2 + 13830000(\text{แบนด์}3)^3 \quad \textbf{(3.11)}$$

ตามลำดับ แสดงดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในวันที่ 3 มีนาคม พ.ศ.2553

ช่วงคลื่น	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
b1	linear	0.288	PM_{10}=-260.04+3906.803(b1)
	logarithmic	0.283	PM_{10}=1050.197+399.086ln(b1)
	quadratic	0.328	PM_{10}= 2802.856-55595.823(b1)+287975.113$(b1)^2$
	cubic	0.329	PM_{10}= 893.678-250614.565$(b1)^2$+1736000$(b1)^3$
	power	0.272	PM_{10}= 170311.917$(b1)^{3.141}$
	s-curve	0.270	PM_{10}= $e^{(8.036+(-0.322/b1))}$
	exponential	0.274	PM_{10}= 5.768$(e)^{30.569(b1)}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.4 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
b2	linear	0.023	PM_{10}= 258.934-477.089(b2)
	logarithmic	0.023	PM_{10}= -17.604-113.378ln(b2)
	quadratic	0.023	PM_{10}= 166.247+298.537(b2)-1616.478$(b2)^2$
	cubic	0.023	PM_{10}= 233.144-2623.829$(b2)^2$+4506.398$(b2)^3$
	power	0.027	PM_{10}= 33.556$(b2)^{-0.983}$
	s-curve	0.027	PM_{10}= $e^{(3.933+(0.236/b2))}$
	exponential	0.026	PM_{10}= 363.319$(e)^{-4.07(b2)}$
b3	linear	0.287	PM_{10}= -263.978+7681.291(b3)
	logarithmic	0.282	PM_{10}= 1327.899+403.096ln(b3)
	quadratic	0.328	PM_{10}= 3018.877-116517.502(b3)+1171000$(b3)^2$
	cubic	0.329	PM_{10}= 966.363-1030000$(b3)^2$+13830000$(b3)^3$
	power	0.271	PM_{10}= 1497000$(b3)^{3.168}$
	s-curve	0.269	PM_{10}= $e^{(8.064+(-0.167/b3))}$
	exponential	0.273	PM_{10}= 5.612$(e)^{60.039(b3)}$
b4	linear	0.216	PM_{10}= -333.813+5280.173(b4)
	logarithmic	0.222	PM_{10}= 1296.059+479.333ln(b4)
	quadratic	0.291	PM_{10}= -6211.485+136712.317(b4)-733316.3$(b4)^2$
	cubic	0.291	PM_{10}= -6211.485+136712.317(b4)-733316.3$(b4)^2$
	power	0.311	PM_{10}= 7683000$(b4)^{4.551}$
	s-curve	0.323	PM_{10}= $e^{(9.497+(-0.414/b4))}$
	exponential	0.300	PM_{10}= 1.486$(e)^{49.951(b4)}$

2. วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า แบนด์ 2 ความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น (R^2=0.587) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10}= -372.471 + 2668.632(\text{แบนด์2}) - 7247.77(\text{แบนด์ 2})^3 \quad \textbf{(3.12)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แสดงดังตาราง 3.5

ตาราง 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2553

ช่วงคลื่น	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
b1	linear	0.091	$PM_{10}=0.718+1295.588(b1)$
	logarithmic	0.089	$PM_{10}=393.007+114.125\ln(b1)$
	quadratic	0.093	$PM_{10}= 129.838-1624.549(b1)+16235.945(b1)^2$
	cubic	0.094	$PM_{10}= 101.012-9151.956(b1)^2+119667.027(b1)^3$
	power	0.071	$PM_{10}= 770.492(b1)^{0.813}$
	s-curve	0.067	$PM_{10}= e^{(5.461+(-0.069/b1))}$
	exponential	0.075	$PM_{10}= 46.201(e)^{9.444(b1)}$
b2	linear	0.585	$PM_{10}= -221.094+1615.293(b2)$
	logarithmic	0.583	$PM_{10}= 667.367+350.569\ln(b2)$
	quadratic	0.586	$PM_{10}= -355.629+2859.366(b2)-2836.664(b2)^2$
	cubic	0.587	$PM_{10}= -372.471+2668.632(b2)-7247.77(b2)^3$
	power	0.532	$PM_{10}= 7363.377(b2)^{2.689}$
	s-curve	0.522	$PM_{10}= e^{(7.453+(-0.573/b2))}$
	exponential	0.538	$PM_{10}= 8.011(e)^{12.431(b2)}$
b3	linear	0.105	$PM_{10}=-4.2+2628.903(b3)$
	logarithmic	0.103	$PM_{10}= 485.311+119.381\ln(b3)$
	quadratic	0.106	$PM_{10}= 109.4-2357.715(b3)+53762.561(b3)^2$
	cubic	0.107	$PM_{10}= 89.724-20383.783(b3)^2+690714.352(b3)^3$
	power	0.082	$PM_{10}= 1504.897(b3)^{0.855}$
	s-curve	0.078	$PM_{10}= e^{(5.504+(-0.037/b3))}$
	exponential	0.087	$PM_{10}= 44.457(e)^{19.222(b3)}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.5 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
b4	linear	0.183	PM_{10}= -49.027+2150.975(b4)
	logarithmic	0.176	PM_{10}= 528.199+160.101ln(b4)
	quadratic	0.192	PM_{10}= 228.939-5204.346(b4)+47920.095$(b4)^2$
	cubic	0.192	PM_{10}= 132.587-1461.105(b4)+202200.892$(b4)^3$
	power	0.147	PM_{10}= 2187.441$(b4)^{1.172}$
	s-curve	0.136	PM_{10}= $e^{(5.789+(-0.084/b4))}$
	exponential	0.156	PM_{10}= 31.457$(e)^{15.97(b4)}$

3. วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า แบนด์ 1 ความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น (R^2=0.279) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = -2892.6 + 56226.975(\text{แบนด์ 1}) - 2796000(\text{แบนด์ 1})^3 \quad \textbf{(3.13)}$$

แสดงดังตาราง 3.6

ตาราง 3.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2553

ช่วงคลื่น	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
b1	linear	0.001	PM_{10}=127.564+255.612(b1)
	logarithmic	0.003	PM_{10}=222.864+29.718ln(b1)
	quadratic	0.272	PM_{10}= -4311.018+109788.715(b1)-671597.504$(b1)^2$
	cubic	0.279	PM_{10}= -2892.6+56226.975(b1)-2796000$(b1)^3$
	power	0.000	PM_{10}= 147.096$(b1)^{0.01}$
	s-curve	0.000	PM_{10}= $e^{(5.033+(-0.005/b1))}$
	exponential	0.000	PM_{10}= 150.984$(e)^{-0.605(b1)}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

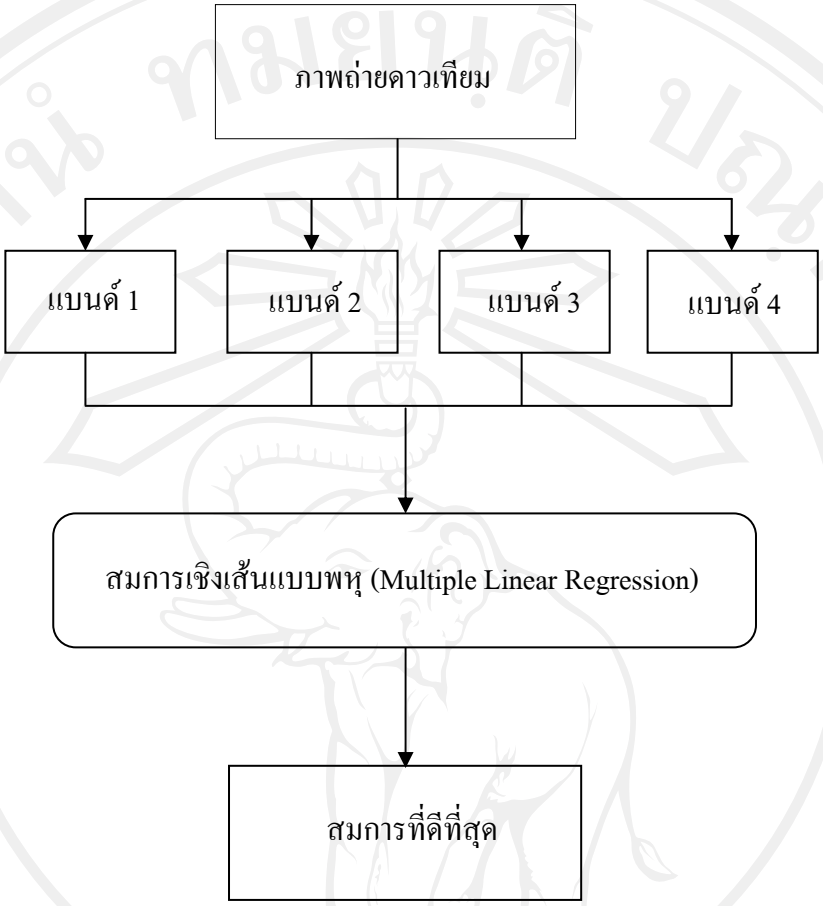
ตาราง 3.6 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
b2	linear	0.015	PM_{10}= 65.317+420.86(b2)
	logarithmic	0.019	PM_{10}= 298.59+92.479ln(b2)
	quadratic	0.193	PM_{10}= -4264.259+44305.589(b2)-110771.419$(b2)^2$
	cubic	0.196	PM_{10}= -2857.939+22655.95(b2)-188370.039$(b2)^3$
	power	0.028	PM_{10}= 436.498$(b2)^{0.686}$
	s-curve	0.033	PM_{10}= $e^{(5.701+(-0.145/b2))}$
	exponential	0.024	PM_{10}= 76.019$(e)^{3.211(b2)}$
b3	linear	0.002	PM_{10}= 121.329+644.439(b3)
	logarithmic	0.004	PM_{10}= 260.568+35.382ln(b3)
	quadratic	0.255	PM_{10}= -4352.165+215443.428(b3)-2563000$(b3)^2$
	cubic	0.263	PM_{10}= -2922.224+110393.619(b3)-20760000$(b3)^3$
	power	0.000	PM_{10}= 162.669$(b3)^{0.039}$
	s-curve	0.001	PM_{10}= $e^{(5.06+(-0.004/b3))}$
	exponential	0.000	PM_{10}= 145.998$(e)^{-0.387(b3)}$
b4	linear	0.003	PM_{10}= 111.905+494.669(b4)
	logarithmic	0.004	PM_{10}= 254.016+40.493ln(b4)
	quadratic	0.066	PM_{10}= -2538.997+73708.125(b4)-502920.809$(b4)^2$
	cubic	0.066	PM_{10}= -2538.997+73708.125(b4)-502920.809$(b4)^2$
	power	0.000	PM_{10}= 168.738$(b4)^{0.062}$
	s-curve	0.001	PM_{10}= $e^{(5.06+(-0.007/b4))}$
	exponential	0.000	PM_{10}= 139.36$(e)^{0.404(b4)}$

ข) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

การหาความสัมพันธ์กันด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple linear) ทำโดยใช้ข้อมูลปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ มาหาความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนจากภาพถ่ายดาวเทียม ทั้งสี่แบนด์ของแต่ละวัน (วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553) เพื่อหาสมการที่ดีที่สุด มีขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพ 3.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3.3 ขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ โดยการนำทั้งสี่ช่วงคลื่นของแต่ละวัน มาหาความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แบนด์ 1 แบนด์ 2 แบนด์ 3 และ แบนด์ 4 ในวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม พ.ศ.2553 ด้วยการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) แสดงผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสมการความสัมพันธ์ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า เมื่อนำ แบนด์ 1 แบนด์ 2 แบนด์ 3 และแบนด์ 4 มาหาความสัมพันธ์รวมกัน จะให้ค่า สัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด (R^2=0.394) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = -165975.016(\text{แบนด์ 1}) - 2116.5(\text{แบนด์ 2}) + 330378.902(\text{แบนด์ 3}) + 4094.269(\text{แบนด์4}) - 91.725 \quad \textbf{(3.14)}$$

แสดงดังตาราง 3.7

ตาราง 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 4 แบนด์ ด้วยสมการเชิงเส้น ในวันที่ 3 มีนาคม พ.ศ.2553

แบนด์	R^2	สมการ
1,2	0.311	PM_{10} = 3903.942(b1)-472.706(b2)-144.34
1,3	0.288	PM_{10} = 7471.928(b1)-7020.25(b3)-255.878
1,4	0.292	PM_{10} = 3331.058(b1)+1127.24(b4)-302.401
2,3	0.314	PM_{10} = -513.669(b2)+7732.041(b3)-141.257
2,4	0.227	PM_{10} = -338.512(b2)+5160.576(b4)-240.382
3,4	0.292	PM_{10} = 6460.978(b3)+1224.901(b4)-309.894
1,2,3	0.361	PM_{10} = -107439.853(b1)-1634.922(b2)+219238.233(b3)+10.152
1,2,4	0.312	PM_{10} = 3549.259(b1)-454.45(b2)+694.644(b4)-174.912
1,3,4	0.292	PM_{10} = 106.331(b1)+6255.094(b3)+1221.56(b4)-309.653
2,3,4	0.315	PM_{10} = -492.215(b2)+7053.138(b3)+679.328(b4)-171.848
1,2,3,4	0.394	PM_{10} = -165975.016(b1)-2116.5(b2)+330378.902(b3)+4094.269(b4)-91.725

2. วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า เมื่อนำ แบนด์ 1 แบนด์ 2 แบนด์ 3 และแบนด์ 4 มาหาความสัมพันธ์รวมกัน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด (R^2=0.868) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$PM_{10} = -51541.947(\text{แบนด์ 1}) + 1799.363(\text{แบนด์ 2}) + 91764.017(\text{แบนด์ 3}) + 2067.521(\text{แบนด์ 4}) - 43.285 \quad \textbf{(3.15)}$$

แสดงดังตาราง 3.8

ตาราง 3.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 4 แบนด์ ด้วยสมการเชิงเส้น ในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2553

แบนด์	R^2	สมการ
1,2	0.709	PM_{10} = -2170.136(b1)+2378.375(b2)-192.212
1,3	0.517	PM_{10} = -80732.395(b1)+155136.279(b3)+188.631
1,4	0.334	PM_{10} = -5987.048(b1)+8880.541(b4)-38.77
2,3	0.697	PM_{10} = 2357.484(b2)-3942.261(b3)-200.031
2,4	0.645	PM_{10} = 2229.415(b2)-1913.401(b4)-204.561
3,4	0.29	PM_{10} = -9862.053(b3)+8033.697(b4)-53.645
1,2,3	0.857	PM_{10} = -53657.117(b1)+1904.358(b2)+98681.639(b3)-34.23
1,2,4	0.748	PM_{10} = -4961.042(b1)+2120.178(b2)+3862.059(b4)-188.44
1,3,4	0.592	PM_{10} = -71526.977(b1)+129544.908(b3)+5275.14(b4)+134.177
2,3,4	0.723	PM_{10} = 2164.475(b2)-8454.43(b3)+3248.061(b4)-203.989
1,2,3,4	0.868	PM_{10} = -51541.947(b1)+1799.363(b2)+91764.017(b3)+2067.521(b4)-43.285

3. วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่า เมื่อนำ แบนด์ 1 แบนด์ 2 แบนด์ 3 และแบนด์ 4 มาหาความสัมพันธ์รวมกัน จะให้ค่าสัมประสิทธิ์สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด (R^2=0.431) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = -257541.32(\text{แบนด์ 1}) + 271.794(\text{แบนด์2}) + 500109.796(\text{แบนด์3}) + 5061.969(\text{แบนด์4}) - 226.588 \quad \textbf{(3.16)}$$

แสดงดังตาราง 3.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

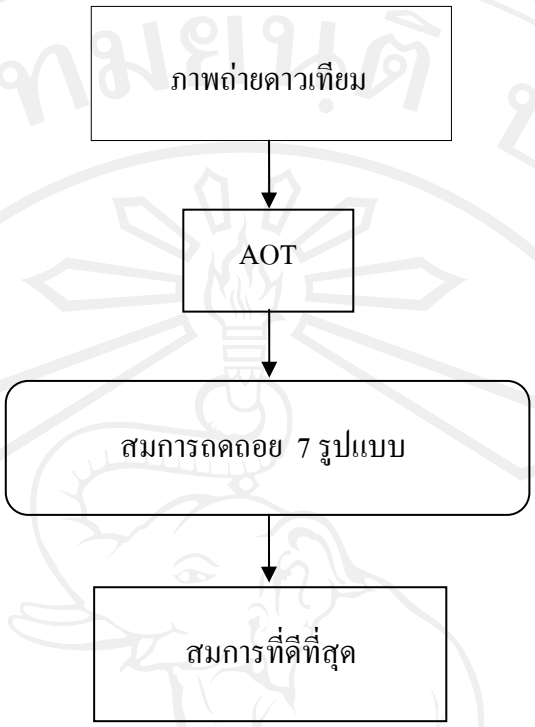
ตาราง 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 4 แบนด์ ด้วยสมการเชิงเส้น ในวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2553

แบนด์	R^2	สมการ
1,2	0.016	PM_{10} = 236.264(b1)+418.029(b2)+46.339
1,3	0.322	PM_{10} = -201682.919(b1)+396895.204(b3)-31.346
1,4	0.004	PM_{10} = -230.731(b1)+739.141(b4)+112.801
2,3	0.017	PM_{10} = 417.447(b2)+609.575(b3)+40.1
2,4	0.016	PM_{10} = 396.572(b2)+282.872(b4)+49.087
3,4	0.003	PM_{10} = 26.961(b3)+480.212(b4)+111.836
1,2,3	0.355	PM_{10} = -208256.453(b1)+621.801(b2)+409758.435(b3)-157.315
1,2,4	0.016	PM_{10} = 184.216(b1)+411.824(b2)+79.54(b4)+45.956
1,3,4	0.425	PM_{10} = -259562.455(b1)+503502.206(b3)+5529.567(b4)-184.475
2,3,4	0.017	PM_{10} = 433.401(b2)+868.909(b3)-202.72(b4)+41.003
1,2,3,4	0.431	PM_{10} = -257541.32(b1)+271.794(b2)+500109.796(b3)+5061.969(b4)-226.588

3.1.3.2 วิเคราะห์ด้วยข้อมูลความหนาเชิงแสง (AOT) ผลิตภัณฑ์ MOD04

ใช้ข้อมูลปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่าความหนาเชิงแสง (AOT) ของวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 หาความสัมพันธ์กันด้วยสมการถดถอยแบบ linear, logarithmic, quadratic, cubic, power, S-curve และ exponential มีขั้นตอนการดำเนินงานดังภาพ 3.4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3.4 ขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ ระหว่างค่า AOT กับค่า PM10 ด้วยสมการถดถอย 7 แบบ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการถดถอย 7 แบบ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่าความหนาเชิงแสง (AOT) ในวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม พ.ศ.2553 ด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) 7 แบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบล็อกการิมิค (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิค (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) และแบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) แสดงผลของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

1) วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่า AOT พบว่าความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น (R^2=0.747) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = -63.656 + 2,250.819(AOT) - 6,892.452(AOT)^2 + 5,875.577(AOT)^3 \quad \textbf{(3.17)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) วันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่า AOT พบว่าความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น (R^2=0.857) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = 130.304 - 79.574(AOT) - 152.794(AOT)^2 + 250.036(AOT)^3 \quad \textbf{(3.18)}$$

3) วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2553

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่า AOT พบว่าความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น (R^2=0.854) สามารถเขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้เป็น

$$PM_{10} = 16.586 + 612.239(AOT) - 1{,}076.378(AOT)^2 + 623.139(AOT)^3 \quad \textbf{(3.19)}$$

ตาราง 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ และค่า AOT ด้วยสมการถดถอย 7 รูปแบบ ในวันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม พ.ศ.2553

วันที่	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
3 มี.ค. 53	linear	0.348	PM_{10}=98.895+139.739(AOT)
	logarithmic	0.409	PM_{10}=203.411+45.224ln(AOT)
	quadratic	0.351	PM_{10}= 90.97+190.974(AOT)-60.756$(AOT)^2$
	cubic	0.747	PM_{10}= -63.656+2,250.819(AOT)-6,892.452$(AOT)^2$+5,875.577$(AOT)^3$
	power	0.474	PM_{10}= 227.638$(AOT)^{0.39}$
	s-curve	0.584	PM_{10}= $e^{(5.271+(-0.078/(AOT))}$
	exponential	0.326	$PM1_0$= 95.943$(e)^{1.084(AOT)}$
7 มี.ค. 53	linear	0.610	PM_{10}=24.503+132.268(AOT)
	logarithmic	0.503	PM_{10}=152.264+80.956ln(AOT)
	quadratic	0.852	PM_{10}= 219.854-491.668(AOT)+423.578$(AOT)^2$
	cubic	0.857	PM_{10}= 130.304-79.574(AOT)-152.794$(AOT)^2$+250.036$(AOT)^3$
	power	0.490	PM_{10}= 143.09$(AOT)^{0.642}$
	s-curve	0.394	PM_{10}= $e^{(5.268+(-0.351/(AOT))}$
	exponential	0.577	PM_{10}= 52.493$(e)^{1.033(AOT)}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.10 (ต่อ)

วันที่	รูปแบบสมการถดถอย	R^2	สมการ
8 มี.ค. 53	linear	0.657	PM_{10}=52.463+145.378(AOT)
	logarithmic	0.561	PM_{10}=194.694+98.208ln(AOT)
	quadratic	0.836	PM_{10}= 260.431-452.217(AOT)+379.658$(AOT)^2$
	cubic	0.854	PM_{10}= 16.586+612.239(AOT)-1,076.378$(AOT)^2$+623.139$(AOT)^3$
	power	0.483	PM_{10}= 185.629$(AOT)^{0.548}$
	s-curve	0.394	PM_{10}= $e^{(5.524+(-0.332/(AOT))}$
	exponential	0.568	PM_{10}= 83.889$(e)^{0.812(AOT)}$

3.2 สรุปผลการตรวจหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม

จากการศึกษาการใช้ข้อมูลดาวเทียมในการหาความสัมพันธ์กับปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) 8 แบบ ได้แก่ แบบเส้นตรง (Linear models) แบบ ล็อกการิมิค (Logarithmic models) แบบควอดราติกส์ (Quadratic models) แบบคิวบิค (Cubic models) แบบเลขยกกำลัง (Power models) แบบตัวเอส (S-curve models) แบบเอ็กโปเนนเชียล (Exponential models) และสมการเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) เพื่อหารูปแบบสมการที่ดีที่สุดในการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมเซนเซอร์ MODIS ผลิตภัณฑ์ MOD09 และMOD04 วันที่ 3 7 และ 8 มีนาคม 2553 และข้อมูลปริมาณ PM_{10} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณภาคเหนือตอนบน ทั้ง 10 สถานี ได้ผลสรุป ดังนี้

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลค่าสะท้อนพื้นผิว ผลิตภัณฑ์ MOD09

1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแยกช่วงคลื่นด้วยสมการถดถอย 7 แบบ ผลปรากฏว่าในแต่ละวัน มีแบนด์ที่มีสมการที่ให้ค่า R^2 สูงสุดแตกต่างกัน คือ

- วันที่ 3 มีนาคม 2553 สมการแบบคิวบิคให้ค่า R^2สูงที่สุดในแบนด์ที่ 1 และแบนด์ 3 โดยมีค่า R^2 เท่ากัน คือ 0.329
- วันที่ 7 มีนาคม 2553 สมการแบบคิวบิคให้ค่า R^2 สูงที่สุดในแบนด์ที่ 2 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.587

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- วันที่ 8 มีนาคม 2553 สมการแบบคิวบิคให้ค่า R^2 สูงที่สุดในแบนด์ที่ 1 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.279

จากผลการวิเคราะห์ที่ต่างกัน จึงไม่นำสมการที่ได้จากวิธีการนี้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

2) การนำทั้งสี่ช่วงคลื่นมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณ PM_{10} ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression) ผลปรากฏว่าการใช้ทั้ง 4 แบนด์ร่วมกัน ให้ค่า R^2 สูงที่สุดในแต่ละวัน และในวันที่ 7 มีนาคม 2553 ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด (R^2=0.868) จึงเป็นสมการตัวแทนของการวิเคราะห์ดังกล่าว โดยมีสมการ คือ

$$PM_{10} = -51541.947(\text{แบนด์ 1}) + 1799.363(\text{แบนด์ 2}) + 91764.017(\text{แบนด์ 3}) + 2067.521(\text{แบนด์ 4}) - 43.285 \quad (R^2 = 0.868) \qquad \textbf{(3.20)}$$

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลค่าความหนาเชิงแสง ผลิตภัณฑ์ MOD04

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคพื้นดิน และค่า AOT ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) 7 แบบ ผลปรากฏว่า ความสัมพันธ์ในรูปแบบคิวบิค มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับแบบอื่นในแต่ละวัน และในวันที่ 7 มีนาคม 2553 ให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด (R^2=0.857) จึงเป็นสมการตัวแทนของการวิเคราะห์ดังกล่าว โดยมีสมการ คือ

$$PM_{10} = 130.304 - 79.574(AOT) - 152.794(AOT)^2 + 250.036(AOT)^3 \quad (R^2 = 0.857) \qquad \textbf{(3.21)}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved