

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองพยากรณ์การเคลื่อนที่ของก้อนเมฆโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมจะมี 2 ส่วน ที่สำคัญได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับทดลองและขั้นตอนการทดลอง ซึ่งจะทดลองพยากรณ์ตามที่ได้จำลองโครงข่ายมาทั้งหมด 2 วิธี วิธีละ 4 แบบ แต่ละวิธีจะใช้ข้อมูลทดสอบชุดเดียวกันเพื่อทดลองและเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์แต่ละวิธี

4.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับทดลอง

เนื่องจากภาพถ่ายผ่านดาวเทียมแต่ละภาพมีจำนวนพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆไม่เท่ากันและเพื่อให้การทดลองครอบคลุมภาพเมฆหลาย ๆ แบบ การค้นคว้าอิสระนี้จึงแบ่งภาพที่จะเอามาทดลองตามจำนวนพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆ โดยส่วนที่เป็นเมฆนั้นจะนับที่ความเข้มของแสงตั้งแต่ 30 เฟอร์เซนต์ขึ้นไป แบ่งออกเป็น 5 แบบ ดังนี้

- 1) เมฆแบบที่ 1 เป็นภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่มีพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆเท่ากับ 0 เฟอร์เซนต์ หรือในพื้นที่ที่จะนำมาพยากรณ์ไม่มีก้อนเมฆ (เมฆ 0%)
- 2) เมฆแบบที่ 2 เป็นภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่มีพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆอยู่แต่ไม่เกิน 20 เฟอร์เซนต์ของพื้นที่ (1% – 20%)
- 3) เมฆแบบที่ 3 เป็นภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่มีพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆตั้งแต่ 20 เฟอร์เซนต์ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 50 เฟอร์เซนต์ของพื้นที่ (เมฆ 21% – 50%)
- 4) เมฆแบบที่ 4 เป็นภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่มีพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆตั้งแต่ 50 เฟอร์เซนต์ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 90 เฟอร์เซนต์ของพื้นที่ (เมฆ 51% – 90%)
- 5) เมฆแบบที่ 5 เป็นภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่มีพื้นที่ที่เป็นก้อนเมฆตั้งแต่ 90 เฟอร์เซนต์ขึ้นไป จนเต็มบริเวณพื้นที่ที่จะนำมาพยากรณ์ (เมฆ 91% – 100%)

โดยในการทดลองแต่ละชุดจะใช้ภาพแต่ละแบบจำนวน 10 ภาพ รวมภาพทดลอง (Test Set) ทั้งหมด 50 ภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่ใช้ทดลอง

ปริมาณเมฆที่ทดสอบ	ชุดทดลอง
เมฆแบบที่ 1 (เมฆ 0%)	10
เมฆแบบที่ 2 (เมฆ 1% - 20%)	10
เมฆแบบที่ 3 (เมฆ 21% - 50%)	10
เมฆแบบที่ 4 (เมฆ 51% - 90%)	10
เมฆแบบที่ 5 (เมฆ 91% - 100%)	10

4.1.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 1 ชั่วโมง

ข้อมูลที่ใช้เป็นอินพุตจะประกอบด้วยข้อมูลภาพจากภาพถ่ายผ่านดาวเทียม ความเร็วลม ทิศทางลมและความชื้นสัมพัทธ์ โดยข้อมูลเป้าหมาย (Target) ที่เปรียบเทียบจะเป็นภาพถ่ายผ่านดาวเทียมที่เวลาอีก 1 ชั่วโมงถัดไป ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จากนั้นนำข้อมูลมาทำการนอร์มัลไลซ์ (Normalize) ก่อนจะนำไปใช้ทดสอบพยากรณ์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 1 ชั่วโมง

ข้อมูลอินพุต					ภาพเป้าหมาย
ภาพถ่ายผ่านดาวเทียม	ความเร็วลม (km/h)	ทิศทางลม	อุณหภูมิ (C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	
Input_20150711_10.jpg	1.72	N	32.4	47.7	Target_20150711_11.jpg
Input_20150711_11.jpg	2.10	S	31.0	48.5	Target_20150711_12.jpg
Input_20150711_12.jpg	0.80	E	30.1	48.2	Target_20150711_13.jpg
Input_20150711_13.jpg	0.50	N	32.1	49.3	Target_20150711_14.jpg
Input_20150711_14.jpg	1.23	S	32.4	48.9	Target_20150711_15.jpg

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 1 ชั่วโมงที่ทำการนอร์มัลไลซ์ (Normalize) แล้ว

ข้อมูลอินพุต					ภาพเป้าหมาย
ภาพถ่ายผ่านดาวเทียม	ความเร็ว ลม (km/h)	ทิศทาง ลม	อุณหภูมิ (C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	
Input_20150711_10.jpg	0.57	0.13	0.72	0.48	Target_20150711_11.jpg
Input_20150711_11.jpg	0.70	0.63	0.69	0.49	Target_20150711_12.jpg
Input_20150711_12.jpg	0.27	0.50	0.67	0.48	Target_20150711_13.jpg
Input_20150711_13.jpg	0.17	0.13	0.71	0.49	Target_20150711_14.jpg
Input_20150711_14.jpg	0.41	0.63	0.72	0.49	Target_20150711_15.jpg

4.1.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 3 ชั่วโมง

ใช้ข้อมูลภาพถ่ายผ่านดาวเทียมช่วงเวลาเดียวกับข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 1 ชั่วโมงแต่ใช้ชุดข้อมูลเป้าหมาย (Target) ที่ช่วงเวลาถัดไป 3 ชั่วโมงแทน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และทำการนอร์มัลไลซ์ (Normalize) ก่อนจะนำไปใช้ทดสอบพยากรณ์ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 3 ชั่วโมง

ข้อมูลอินพุต					ภาพเป้าหมาย
ภาพถ่ายผ่านดาวเทียม	ความเร็ว ลม (km/h)	ทิศทาง ลม	อุณหภูมิ (C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	
Input_20150711_10.jpg	1.72	N	32.4	47.7	Target_20150711_13.jpg
Input_20150711_11.jpg	2.10	S	31.0	48.5	Target_20150711_14.jpg
Input_20150711_12.jpg	0.80	E	30.1	48.2	Target_20150711_15.jpg
Input_20150711_13.jpg	0.50	N	32.1	49.3	Target_20150711_16.jpg
Input_20150711_14.jpg	1.23	S	32.4	48.9	Target_20150711_17.jpg

ตารางที่ 4.5 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ 3 ชั่วโมงที่ทำการนอร์มัลไลซ์ (Normalize) แล้ว

ข้อมูลอินพุต					ภาพเป้าหมาย
ภาพถ่ายผ่านดาวเทียม	ความเร็ว ลม (km/h)	ทิศทาง ลม	อุณหภูมิ (C)	ความชื้น สัมพัทธ์ (%)	
Input_20150711_10.jpg	0.57	0.13	0.72	0.48	Target_20150711_13.jpg
Input_20150711_11.jpg	0.70	0.63	0.69	0.49	Target_20150711_14.jpg
Input_20150711_12.jpg	0.27	0.38	0.67	0.48	Target_20150711_15.jpg
Input_20150711_13.jpg	0.17	0.13	0.71	0.49	Target_20150711_16.jpg
Input_20150711_14.jpg	0.41	0.63	0.72	0.49	Target_20150711_17.jpg

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

ในขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการทดลองหาจำนวน โหนดของชั้นซ่อนที่ให้ผลการทดลองดีที่สุด เพื่อนำไปจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยจะทดลองเปลี่ยนจำนวน โหนดทั้งหมด 4 ค่า คือ 30, 20 ,10 และ 5 สรุปการทดลองทั้งหมดจะมี 12 การทดลอง แบ่งออกเป็น

- 1) การทดลองหาจำนวน โหนดของชั้นซ่อน จำนวน 4 การทดลอง เริ่มจากการทดลองที่ 1 ถึง การทดลองที่ 4
- 2) การทดลองโดยใช้วิธีพยากรณ์แบบพิกเซล จำนวน 4 การทดลอง เริ่มจากการทดลองที่ 5 ถึงการทดลองที่ 8
- 3) การทดลองโดยใช้วิธีพยากรณ์แบบใช้ความแตกต่างของเมฆ จำนวน 4 การทดลอง เริ่มจากการทดลองที่ 9 ถึงการทดลองที่ 12

ซึ่งผลของการทดลองทั้งหมดจะออกมาในรูปของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE: Mean Squared Error)

4.2.1 การทดลองที่ 1 พยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 30 โหนด

ตารางที่ 4.6 ผลการพยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 30 โหนด

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0021		Input_20150707_10.jpg	25.75%	0.0371
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0026		Input_20150707_12.jpg	91.00%	0.0337
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0024		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0413
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0029		Input_20150711_10.jpg	4.25%	0.0146
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0346		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0175
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0361		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0395
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0381		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0263
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0429		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0267
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0416		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0324
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0477		Input_20150712_12.jpg	25.75%	0.079
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0135		Input_20150712_13.jpg	51.50%	0.1308
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0085		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.1016
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0337		Input_20150713_11.jpg	93.00%	0.1309
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0025		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.011
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.002		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0285
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0017		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0341
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.002		Input_20150715_10.jpg	55.75%	0.0704
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0013		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0262
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0078		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0073
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0113		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0099
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0084		Input_20150726_12.jpg	100.00%	0.0105
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0307		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0156
Input_20150515_14.jpg	15.50%	0.0448		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0127
Input_20150520_13.jpg	80.25%	0.0143		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0054
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0163		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0082

4.2.2 การทดลองที่ 2 พยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 20 โหนด

ตารางที่ 4.7 ผลการพยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 20 โหนด

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0016		Input_20150707_10.jpg	25.75%	0.0214
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0026		Input_20150707_12.jpg	91.00%	0.0129
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0029		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0305
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0048		Input_20150711_10.jpg	4.25%	0.025
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0162		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0196
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0338		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0571
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0295		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.015
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0226		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0178
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0218		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0249
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0288		Input_20150712_12.jpg	25.75%	0.0398
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0078		Input_20150712_13.jpg	51.50%	0.0686
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0075		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0589
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.028		Input_20150713_11.jpg	93.00%	0.0419
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0022		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.014
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0016		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0245
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0018		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0362
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0017		Input_20150715_10.jpg	55.75%	0.0088
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.002		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.016
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0045		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.012
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0089		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0105
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0058		Input_20150726_12.jpg	100.00%	0.0117
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.021		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0119
Input_20150515_14.jpg	15.50%	0.0303		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0086
Input_20150520_13.jpg	80.25%	0.029		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0098
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.013		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.012

4.2.3 การทดลองที่ 3 พยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 10 โหนด

ตารางที่ 4.8 ผลการพยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 10 โหนด

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE	ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150707_10.jpg	25.75%	0.0136
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0011	Input_20150707_12.jpg	91.00%	0.014
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.002	Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0227
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0022	Input_20150711_10.jpg	4.25%	0.0098
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0079	Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0081
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0246	Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0165
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0152	Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0066
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0139	Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0118
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0157	Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0136
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0093	Input_20150712_12.jpg	25.75%	0.0492
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0019	Input_20150712_13.jpg	51.50%	0.0564
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.004	Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0417
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0118	Input_20150713_11.jpg	93.00%	0.0312
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0142
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0129
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.02
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.001	Input_20150715_10.jpg	55.75%	0.0107
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.001	Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0087
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0035	Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0065
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0039	Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0055
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0036	Input_20150726_12.jpg	100.00%	0.0071
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0158	Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0037
Input_20150515_14.jpg	15.50%	0.0254	Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0073
Input_20150520_13.jpg	80.25%	0.0145	Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0061
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0084	Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0052

4.2.4 การทดลองที่ 4 พยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนด

ตารางที่ 4.9 ผลการพยากรณ์โดยใช้ชั้นซ่อนจำนวน 5 โหนด

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE	ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0011	Input_20150707_10.jpg	25.75%	0.008
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0011	Input_20150707_12.jpg	91.00%	0.0121
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0021	Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0195
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0024	Input_20150711_10.jpg	4.25%	0.0049
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0037	Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.007
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0194	Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0112
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0125	Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0082
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0128	Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0109
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0111	Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0163
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0113	Input_20150712_12.jpg	25.75%	0.0491
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0035	Input_20150712_13.jpg	51.50%	0.0618
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0029	Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0599
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0209	Input_20150713_11.jpg	93.00%	0.0272
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0005	Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0147
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0073
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0014	Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0107
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0014	Input_20150715_10.jpg	55.75%	0.0085
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0017	Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0085
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.003	Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0052
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0032	Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0061
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0031	Input_20150726_12.jpg	100.00%	0.0078
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.014	Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0045
Input_20150515_14.jpg	15.50%	0.0242	Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0068
Input_20150520_13.jpg	80.25%	0.0202	Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0065
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0151	Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0058

จากการทดลองที่ 1 ถึง 4 พบว่าที่จำนวนโหนดของชั้นซ่อนเท่ากับ 10 ให้ค่าเฉลี่ย MSE ที่น้อยที่สุด จึงมีค่าดีที่สุด การทดลองถัดไปจึงนำค่าชั้นซ่อน 10 มาใช้จำลองโครงข่ายประสาทเทียมและทดลองพยากรณ์

4.2.5 การทดลองที่ 5 พยากรณ์แบบพิกเซลล่วงหน้า 1 ชั่วโมงและใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “P1S”

ตารางที่ 4.10 ผลการพยากรณ์แบบ “P1S”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE	ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0042
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0011	Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0066
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.002	Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0159
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0022	Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0105
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0048	Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0127
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0026	Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0227
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0079	Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0163
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0246	Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0081
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0152	Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0165
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0139	Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0066
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0157	Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0118
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0093	Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0136
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0019	Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0417
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.004	Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0152
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0118	Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0142
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0312
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0129
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0007	Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.02
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.001	Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0087
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.001	Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0065
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0035	Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0055
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0039	Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0037
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0036	Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0073
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0158	Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0061
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0084	Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0052

4.2.6 การทดลองที่ 6 พยากรณ์แบบพิกเซลล่วงหน้า 1 ชั่วโมงแต่ไม่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “PIN”

ตารางที่ 4.11 ผลการพยากรณ์แบบ “PIN”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0012		Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0058
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0017		Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0089
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0026		Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0128
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0031		Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0186
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0058		Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0126
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0039		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0345
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0046		Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0272
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0249		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0104
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.018		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0166
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0269		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0097
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0141		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0137
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0092		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0144
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0028		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0426
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0038		Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0158
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0261		Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0226
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0008		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0253
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.001		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0117
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0013		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.013
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0016		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0127
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0019		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0068
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0035		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0067
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0051		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0084
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0047		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0078
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0156		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.006
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0169		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0059

4.2.7 การทดลองที่ 7 พยากรณ์แบบพิกเซลล่วงหน้า 3 ชั่วโมงและใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “P3S”

ตารางที่ 4.12 ผลการพยากรณ์แบบ “P3S”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณ เมฆ	MSE	ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0024	Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0091
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0051	Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0128
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0042	Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.028
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0077	Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0243
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0095	Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.017
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0229	Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.019
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0359	Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0198
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0367	Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0194
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0273	Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0379
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0317	Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.049
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0285	Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0215
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0742	Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0523
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.01	Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0506
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0084	Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0375
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0562	Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0324
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0034	Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0172
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0035	Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.047
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0031	Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0522
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0036	Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0166
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.003	Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0095
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0083	Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0113
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0087	Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0125
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0063	Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.014
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0363	Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0184
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0076	Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0191

4.2.8 การทดลองที่ 8 พยากรณ์แบบพิกเซลล่วงหน้า 3 ชั่วโมงแต่ไม่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “P3N”

ตารางที่ 4.13 ผลการพยากรณ์แบบ “P3N”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0071		Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0105
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0102		Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0154
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0102		Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0361
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0159		Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0252
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0063		Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0202
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.031		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0167
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0497		Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0211
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0454		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0265
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0383		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0307
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0368		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0231
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.042		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0333
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0752		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0722
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0119		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0628
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0284		Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0177
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0225		Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0446
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0081		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0393
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.009		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0247
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0102		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0776
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0103		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0216
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0108		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0135
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0127		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0125
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0124		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0077
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0158		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.018
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0396		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0146
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0077		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0251

4.2.9 การทดลองที่ 9 พยากรณ์แบบใช้ความแตกต่างของเมมλώงหน้า 1 ชั่วโมงและใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “DIS”

ตารางที่ 4.14 ผลการพยากรณ์แบบ “DIS”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณ เมม	MSE	ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณ เมม	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0035	Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0076
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0036	Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0128
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0043	Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0301
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0057	Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0295
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0076	Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0227
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0052	Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0322
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0137	Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0299
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0254	Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0098
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0195	Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0208
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0188	Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0178
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0141	Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0201
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0167	Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0126
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0036	Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0668
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0064	Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0135
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0176	Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0477
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0041	Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0227
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0029	Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0211
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0029	Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0173
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0031	Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0099
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.003	Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0243
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0053	Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.011
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0053	Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0107
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0043	Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0194
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0106	Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0122
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0381	Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0122

4.2.10 การทดลองที่ 10 พยากรณ์แบบใช้ความแตกต่างของเมมλώงหน้า 1 ชั่วโมงแต่ไม่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “D1N”

ตารางที่ 4.15 ผลการพยากรณ์แบบ “D1N”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0006		Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0167
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0009		Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0117
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0017		Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0302
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0012		Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0354
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0077		Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0368
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0068		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0328
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0131		Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0431
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0246		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0151
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0182		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.023
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0193		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0194
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0145		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0196
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0241		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.018
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0125		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0642
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0057		Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0224
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.025		Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0319
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0002		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0255
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.0003		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0254
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0003		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0213
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0004		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0112
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0005		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0174
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0026		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0061
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0084		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.008
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.008		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0125
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.0166		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0083
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0433		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0067

4.2.11 การทดลองที่ 11 พยากรณ์แบบใช้ความแตกต่างของเมมλώงหน้า 3 ชั่วโมงและใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ “D3S”

ตารางที่ 4.16 ผลการพยากรณ์แบบ “D3S”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.011		Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.0078
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0054		Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0248
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0047		Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0446
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0049		Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0433
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0116		Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0283
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0384		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0433
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.018		Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0538
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0258		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0287
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0172		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0313
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0286		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0289
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0265		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0246
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0406		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0401
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0084		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.041
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0099		Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0496
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0149		Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0549
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0047		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0355
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.005		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0314
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0048		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0269
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0035		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0204
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0041		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0573
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0127		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0258
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0082		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.0254
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0091		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0121
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.033		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.0551
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0278		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0392

**4.2.12 การทดลองที่ 12 พยากรณ์แบบใช้ความแตกต่างของเมมล่วงหน้า 3 ชั่วโมงแต่ไม่ใช่
ข้อมูลจากเซนเซอร์ “D3N”**

ตารางที่ 4.17 ผลการพยากรณ์แบบ “D3N”

ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE		ภาพที่ใช้ทดลอง	ปริมาณเมฆ	MSE
Input_20150107_11.jpg	0.00%	0.0072		Input_20150526_10.jpg	0.25%	0.023
Input_20150107_12.jpg	0.00%	0.0044		Input_20150526_11.jpg	16.50%	0.0228
Input_20150107_13.jpg	0.00%	0.0039		Input_20150618_10.jpg	38.00%	0.0361
Input_20150107_14.jpg	0.00%	0.0048		Input_20150618_11.jpg	47.75%	0.0604
Input_20150109_13.jpg	100.00%	0.0184		Input_20150707_11.jpg	67.00%	0.0357
Input_20150109_14.jpg	100.00%	0.0518		Input_20150707_13.jpg	84.25%	0.0379
Input_20150110_14.jpg	24.75%	0.0198		Input_20150707_14.jpg	52.50%	0.0248
Input_20150111_10.jpg	30.25%	0.0266		Input_20150711_11.jpg	23.50%	0.0226
Input_20150111_11.jpg	44.75%	0.0233		Input_20150711_12.jpg	24.50%	0.0494
Input_20150111_12.jpg	49.25%	0.0215		Input_20150711_13.jpg	14.00%	0.0331
Input_20150111_13.jpg	51.00%	0.0259		Input_20150711_14.jpg	10.50%	0.0333
Input_20150111_14.jpg	33.75%	0.0178		Input_20150712_10.jpg	21.75%	0.0697
Input_20150112_10.jpg	0.00%	0.0042		Input_20150712_14.jpg	87.00%	0.0435
Input_20150112_11.jpg	0.25%	0.0306		Input_20150713_11.jpg	89.50%	0.0428
Input_20150115_12.jpg	8.25%	0.0165		Input_20150713_10.jpg	93.00%	0.0384
Input_20150124_10.jpg	0.00%	0.0042		Input_20150713_14.jpg	59.25%	0.0553
Input_20150124_11.jpg	0.00%	0.004		Input_20150714_12.jpg	70.75%	0.0364
Input_20150124_12.jpg	0.00%	0.0036		Input_20150714_13.jpg	64.25%	0.0432
Input_20150124_13.jpg	0.00%	0.0031		Input_20150725_11.jpg	100.00%	0.0221
Input_20150124_14.jpg	0.00%	0.0033		Input_20150726_10.jpg	100.00%	0.0328
Input_20150203_12.jpg	2.50%	0.0092		Input_20150726_11.jpg	100.00%	0.0224
Input_20150203_13.jpg	5.25%	0.0176		Input_20150726_13.jpg	100.00%	0.01
Input_20150203_14.jpg	10.25%	0.0098		Input_20150726_14.jpg	100.00%	0.0093
Input_20150515_13.jpg	3.50%	0.036		Input_20150727_10.jpg	100.00%	0.028
Input_20150520_14.jpg	87.75%	0.0353		Input_20150727_11.jpg	100.00%	0.0268