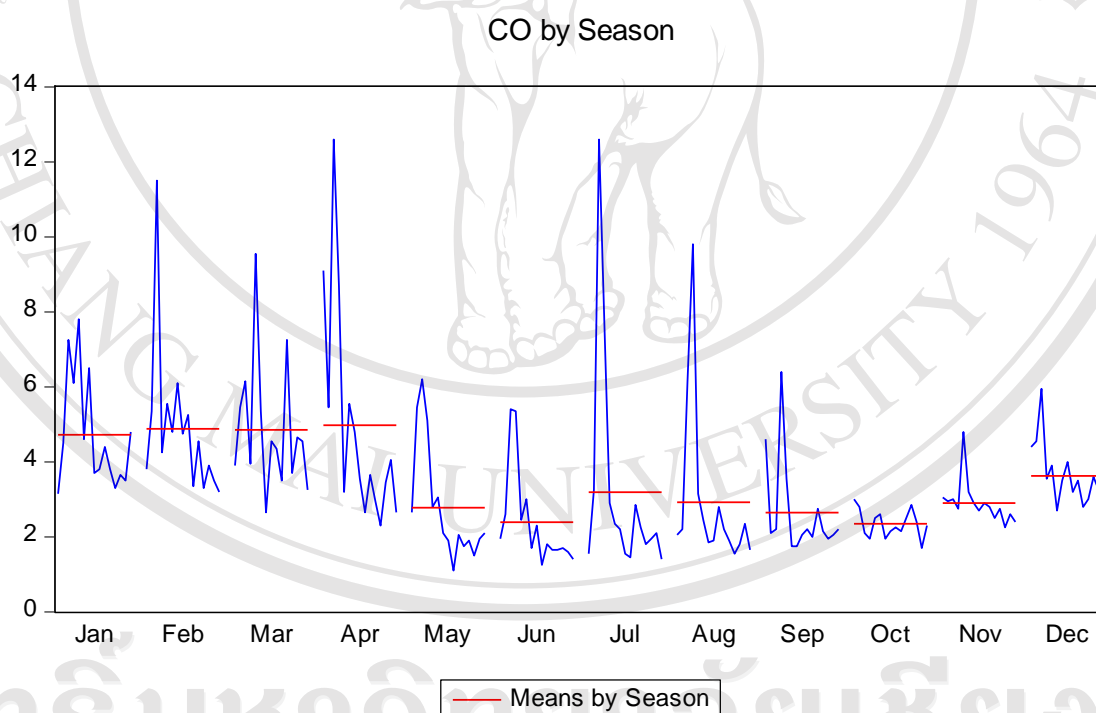


บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวแบบในการพยากรณ์ปริมาณมลพิษทางอากาศ และประเมินคุณภาพอากาศในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็น ข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งได้แก่ ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ แบบรายเดือน ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2540 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ อนุกรมเวลาของ Box and Jenkins ซึ่งได้ผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังต่อไปนี้

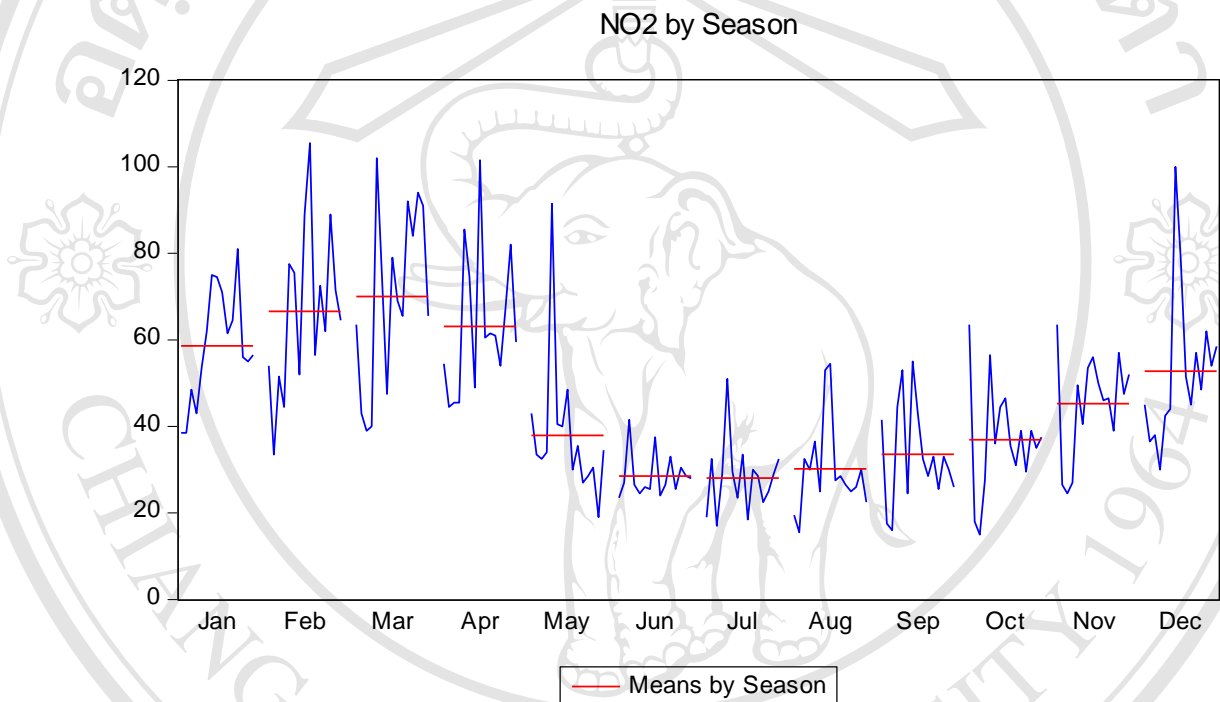
4.1 ข้อมูลทั่วไป



รูปภาพที่ 4.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เฉลี่ยรายเดือนของปีพ.ศ. 2540-2554

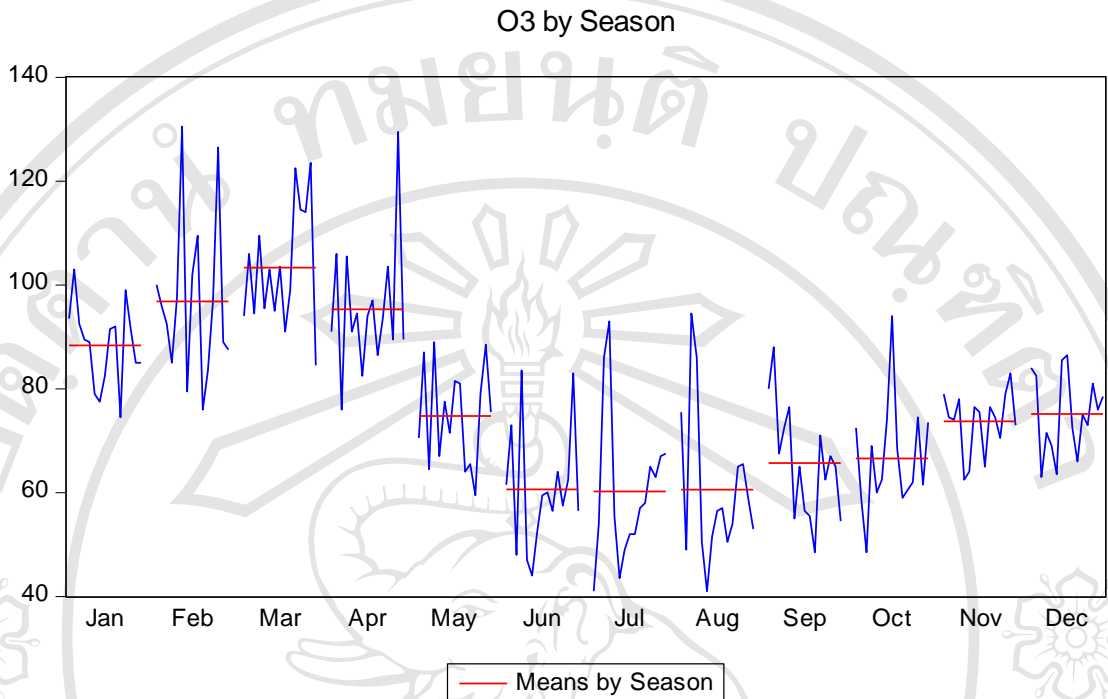
จากรูปภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์จะมีปริมาณเฉลี่ยมากที่สุด ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ซึ่งปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์โดยเฉลี่ยสูงสุดจะอยู่ที่เดือน เมษายนที่ระดับ 5 ppm รองลงมาปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4.9 ppm อยู่ใน ช่วงเดือนกุมภาพันธ์และเดือนมีนาคม

และเดือนเมษายนและกรกฎาคมจะมีปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด เมื่อเทียบกับช่วงเดือนอื่นๆคือ 13 ppm รองลงมาอยู่ที่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์และสิงหาคมตามลำดับ เมื่อนำไปเทียบกับข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ พบว่าปริมาณมลพิษทางอากาศที่เกิดจากคาร์บอนมอนอกไซด์มีคุณภาพปานกลางซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นในเดือนมกราคม เดือนพฤษภาคม กันยายน และตุลาคม ส่วนในเดือนอื่นๆ มีแนวโน้มว่าจะลดลง



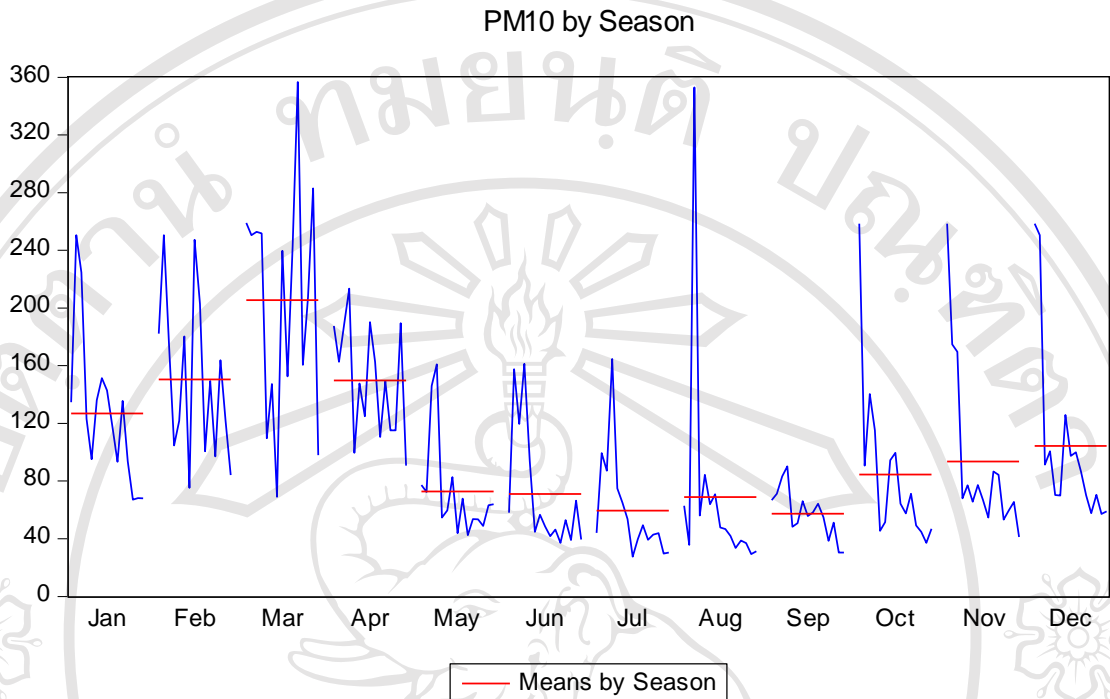
รูปภาพที่ 4.2 ปริมาณไนโตรเจน ไดออกไซด์เฉลี่ยรายเดือนของปีพ.ศ. 2540-2554

จากรูปภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์โดยเฉลี่ยจะมีระดับสูงอยู่ในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน ปริมาณเฉลี่ยสูงที่สุดอยู่ที่เดือนมีนาคม คือ 70 ppb รองลงมาในเดือนกุมภาพันธ์และเมษายน คือ 67 ppb และ 63 ppb ตามลำดับ ส่วนเดือนที่มีปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์มากที่สุดคือ เดือนกุมภาพันธ์ ถึงช่วงเดือนเมษายน มีปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 100 -110 ppm เมื่อนำข้อมูลไปเทียบกับข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ ผลกระทบที่เกิดขึ้นยังอยู่ในระดับปานกลาง ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายมนุษย์ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มในอนาคตปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์จะลดลง ยกเว้นในช่วงเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม พฤศจิกายนและธันวาคม ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



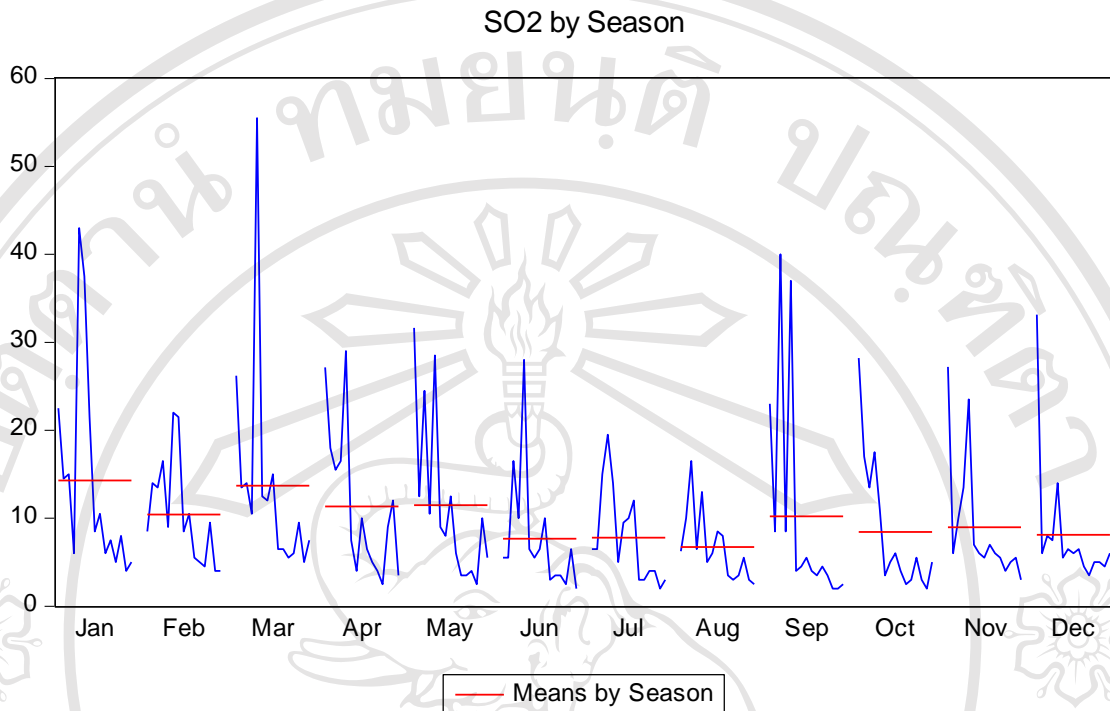
รูปภาพที่ 4.3 ปริมาณโอโซนเฉลี่ยรายเดือนของปีพ.ศ. 2540 - 2554

จากรูปภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโอโซนเฉลี่ยมีระดับสูงในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน โดยที่ช่วงเดือนมีนาคมปริมาณโอโซนโดยเฉลี่ยจะสูงที่สุดอยู่ที่ 107 ppb รองลงมาคือเดือนกุมภาพันธ์และเมษายนมีปริมาณโอโซนโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 97 ppb และ 95 ppb ตามลำดับ ส่วนปริมาณก๊าซโอโซนที่สูงอยู่ที่เดือนกุมภาพันธ์มีระดับโอโซนอยู่ที่ 131 ppb และเมษายน อยู่ที่ระดับ 130 ppb ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลไปเทียบกับดัชนีวัดคุณภาพอากาศ พบว่าคุณภาพอากาศอยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ และมีแนวโน้มว่าในอนาคตปริมาณโอโซนจะลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน และในช่วงเดือนสิงหาคม กันยายน และพฤศจิกายน ส่วนเดือนอื่นๆ มีแนวโน้มว่าปริมาณโอโซนจะเพิ่มสูงขึ้นจากปี 2554 คือปริมาณก๊าซโอโซนในเดือนกรกฎาคม เดือนตุลาคมและธันวาคม



รูปภาพที่ 4.4 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กเฉลี่ยรายเดือนของปีพ.ศ. 2540 – 2554

จากรูปภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM_{10}) มีระดับปริมาณเฉลี่ยสูงที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน โดยที่เดือนมีนาคมมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 208 มกค./ลบม รองลงมาในเดือนกุมภาพันธ์และเมษายน มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กอยู่ที่ระดับ 150 มกค./ลบม ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กมีปริมาณมากที่สุดช่วงเดือนมีนาคมและสิงหาคม ที่ระดับ 357 มกค./ลบม รองลงมาคือในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ อยู่ที่ระดับ 247 มกค./ลบม เมื่อนำข้อมูลไปเทียบกับดัชนีการวัดคุณภาพอากาศ พบว่าคุณภาพอากาศอยู่ในระดับที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ แต่จากกราฟแสดงให้เห็นแนวโน้มในอนาคตว่าปริมาณฝุ่นละอองจะมีแนวโน้มลดลง



รูปภาพที่ 4.5 ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยรายเดือนของปีพ.ศ. 2540 - 2554

จากรูปภาพที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณเฉลี่ยสูงที่สุดในเดือนมีนาคมที่ระดับ 14 ppb และเดือนมกราคมที่ระดับ 12 ppb โดยที่ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงที่สุดอยู่ที่เดือนมีนาคมที่ระดับ 56 ppb รองลงมาคือในเดือนมกราคมและกันยายนที่ระดับ 43 ppb และ 40 ppb ตามลำดับ เมื่อนำไปเทียบกับดัชนีวัดคุณภาพอากาศพบว่าคุณภาพอากาศอยู่ในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อร่างกายมนุษย์ และแนวโน้มในอนาคตจากรูปภาพแสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีแนวโน้มว่าจะลดลง

4.2 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาของ Box and Jenkins

4.2.1 การทดสอบ Unit Root

ในการทดสอบ unit root ของข้อมูลนั้น เป็นการทดสอบเพื่อดูความนิ่ง (stationary) หรือความไม่นิ่ง (nonstationary) เพื่อหลีกเลี่ยงข้อมูลที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าความแปรปรวน (Variance) ที่ไม่คงที่ในแต่ละช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบ Augment Dickey-Fuller (ADF) ซึ่งจะทำการศึกษาความนิ่งของข้อมูล โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติ ADF กับค่า MacKinnon Critical ที่ระดับ 1, 5 และ 10% ของแบบจำลอง ถ้าค่า ADF statistic มากกว่าค่า MacKinnon Critical แสดงว่าอนุกรมเวลานั้นมีลักษณะไม่นิ่ง หรือมี unit root ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1

(1ST difference) หรือลำดับถัดไปจนกว่าข้อมูลอนุกรมเวลานั้นมีลักษณะนิ่ง ซึ่งผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ Unit root ของปริมาณมลพิษทางอากาศ โดยวิธี ADF

มลพิษ	Level (Test statistic)			1 ST difference		
	ปราศจากจุดตัดและแนวโน้ม	มีจุดตัดแต่ปราศจากแนวโน้ม	มีจุดตัดและมีแนวโน้ม	ปราศจากจุดตัดและแนวโน้ม	มีจุดตัดแต่ปราศจากแนวโน้ม	มีจุดตัดและมีแนวโน้ม
CO	0.5261	0.6356	0.7439	0.000	0.000	0.000
NO ₂	0.8099	0.6516	0.7294	0.000	0.000	0.000
O ₃	0.7058	0.5755	0.000	0.000	0.000	0.000
PM ₁₀	0.2213	0.000	0.2065	0.000	0.000	0.000
SO ₂	0.0291	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000

จากการทดสอบความนิ่ง (Unit root test) ผลการทดสอบพบว่าปริมาณมลพิษทางอากาศที่ระดับ Level นั้น ข้อมูลมีลักษณะไม่นิ่ง เมื่อทำการแปลงข้อมูลโดยหาผลต่างลำดับที่ 1 (1ST difference) แล้วพบว่าข้อมูลอยู่ในช่วงที่ปฏิเสธสมมุติฐานว่าง แสดงว่าข้อมูลมีลักษณะนิ่งทั้ง 5 แบบจำลอง

4.2.2 กำหนดแบบจำลอง (Identification)

จากการพิจารณารูปแบบ correlogram ของข้อมูลปริมาณมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลจังหวัดเชียงใหม่ ในการกำหนดรูปแบบจำลองเพื่อหาค่า Autoregressive : AR(p) และ Moving Average: MA(q) โดยพิจารณาจากค่า Autocorrelation : ACF และการหาค่า Partial Autocorrelation Function : PACF ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ CO

สมการ	รูปแบบ ARIMA	ค่าสถิติ			
		Akaike Information Criterion	Schwarz Criterion	Dubin-Watson Statistic	R ²
1	AR(5) MA(5)	-0.211639	-0.211639	2.261899	0.051463
2	AR(3) MA(5)	-0.251167	-0.197125	2.321522	0.082340
3	AR(3) AR(5) MA(3)	-0.259484	-0.186862	2.374103	0.106112
4	AR(3) MA(3) MA(5)	-0.270122	-0.198066	2.367021	0.109744
5	AR(9) MA(3) SMA(12)	-0.328886	-0.255103	2.445340	0.177044
6	AR(9) MA(9)	-0.314013	-0.258675	2.209573	0.154828
7	AR(9) MA(9) SMA(12)	-0.454340	-0.380556	2.381442	0.274074

ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ NO₂

สมการ	รูปแบบ ARIMA	ค่าสถิติ			
		Akaike Information Criterion	Schwarz Criterion	Dubin-Watson Statistic	R ²
1	AR(1) AR(11) MA(1)	4.794708	4.869088	2.038086	0.441211
2	AR(1) MA(1) MA(11)	5.074536	5.146036	1.945536	0.221647
3	AR(1) MA(12) MA(1)	0.199382	5.174240	1.953776	0.199382
4	AR(11) MA(35)	5.059139	5.114924	2.079707	0.263353

ตารางที่ 4.4 ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ O_3

สมการ	รูปแบบ ARIMA	ค่าสถิติ			
		Akaike Information Criterion	Schwarz Criterion	Dubin-Watson Statistic	R^2
1	AR(1) MA(1)	6.577010	6.630635	2.031532	0.225295
2	AR(1) MA(1) SMA(12)	6.461617	6.533118	1.970987	0.317438
3	AR(1) SAR(11) MA(1)	6.543564	6.618246	1.966254	0.293936
4	AR(1) AR(10) MA(8) MA(1) SMA(12)	6.370877	6.481998	2.222674	0.414010
5	AR(10) AR(8) AR(1) AR(11) MA(1) MA(12)	6.329323	6.459488	2.189639	0.446769

ตารางที่ 4.5 ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ PM_{10}

สมการ	รูปแบบ ARIMA	ค่าสถิติ			
		Akaike Information Criterion	Schwarz Criterion	Dubin-Watson Statistic	Adjusted R^2
1	AR(2) MA(2)	9.260842	9.314675	1.915564	0.114559
2	AR(2) AR(10) MA(2)	9.239897	9.313977	2.289742	0.125623
3	AR(2) MA(12)	9.210676	9.264509	2.105886	0.157882
4	AR(2) MA(2) SMA(12)	9.162313	9.234091	2.308377	0.206655
5	AR(1) AR(9) MA(2) SMA(12)	9.174881	9.267110	1.977373	0.185227
6	AR(2) MA(2) SMA(24)	9.139503	9.211280	2.207304	0.224547
7	AR(10) AR(1) MA(2)SMA(24)	9.140110	9.232711	2.169143	0.217972
8	AR(9) AR(1) MA(2) SMA(24)	9.131940	9.224169	2.224176	0.219474
9	AR(9) AR(2) MA(2) SMA(12)	9.145572	9.237801	2.321814	0.208761
10	AR(2) MA(12) SMA(24)	9.095965	9.167743	2.277888	0.257584

ตารางที่ 4.6 ค่าสถิติที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ SO₂

สมการ	รูปแบบ ARIMA	ค่าสถิติ			
		Akaike Information Criterion	Schwarz Criterion	Dubin-Watson Statistic	R ²
1	AR(1) MA(1)	2.819259	2.872884	1.950992	0.414024
2	AR(1) AR(4) MA(1)	2.277973	2.350311	2.020058	0.452873
3	AR(1) MA(2) MA(1)	2.768576	2.840077	2.189644	0.449206
4	AR(1) AR(20) MA(1)	1.772878	1.850084	1.860645	0.247386
5	AR(1) MA(2)	2.537079	2.590704	1.666906	0.558093
6	AR(1) AR(4) MA(1) MA(2)	1.997921	2.088344	1.407600	0.591210

จากตารางที่ 4.2-4.6 เมื่อพิจารณาจากค่า Autocorrelation : ACF และ ค่า Partial Autocorrelation Function : PACF จะได้แบบจำลองที่คาดว่าจะมีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ CO ได้ 7 แบบจำลอง การพยากรณ์ NO₂ ได้ 4 แบบจำลอง การพยากรณ์ O₃ ได้ 5 แบบจำลอง การพยากรณ์ PM₁₀ ได้ 10 แบบจำลอง และการพยากรณ์ SO₂ ได้ 6 แบบจำลอง

4.2.3 ขั้นตอนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation)

จากการกำหนดแบบจำลองจากรูปแบบ correlogram ในข้อ 4.2.2 เมื่อพิจารณาค่า Akaike Information Criterion และ Schwarz Criterion ที่มีค่าน้อยที่สุด สามารถเลือกแบบจำลองที่คาดว่าจะเหมาะสมได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ CO

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-0.000561	-0.041693	0.9668
AR(9)	0.727745	15.44813	0.0000
MA(9)	-0.944765	-63.20859	0.0000
SMA(12)	0.338611	4.585712	0.0000
R ²	0.274074		
Durbin-Watson stat	2.381442		
Akaike info criterion	-0.454340		
Schwarz criterion	-0.380556		

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(9), MA(9) และ SMA(12) มีค่าเท่ากับ 0.727745, -0.944765 และ 0.338611 ตามลำดับ ซึ่งค่า t-Statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ -0.454340 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ -0.380556 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.381442 และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.274074 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 27.4074%

ตารางที่ 4.8 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ NO₂

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	0.083046	0.701059	0.4843
AR(1)	0.597073	13.52435	0.0000
AR(11)	0.444108	9.713747	0.0000
MA(1)	-0.993172	-129.7668	0.0000
R ²	0.441211		
Durbin-Watson stat	2.038086		
Akaike info criterion	4.794708		
Schwarz criterion	4.869088		

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1), AR(11) และ MA(1) มีค่าเท่ากับ 0.597073, 0.444108 และ -0.993172 ตามลำดับ ซึ่งค่า t-Statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 4.794708 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ 4.869088 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.038086 และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.441211 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถ

อธิบายตัวแปรตามได้ 44.1211% และจากค่าในตารางสามารถกำหนดรูปแบบจำลองการพยากรณ์ คือ ARIMA(11,1,1)

ตารางที่ 4.9 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ O_3

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	0.037491	3.335443	0.0011
AR(1)	0.397605	5.856351	0.0000
AR(8)	-0.121754	-1.825893	0.0697
AR(10)	0.126187	1.723767	0.0867
AR(11)	0.332141	4.523533	0.0000
MA(1)	-1.072458	-115.9856	0.0000
MA(12)	0.075519	10.87836	0.0000
R^2		0.446769	
Durbin-Watson stat		2.189639	
Akaike info criterion		6.329323	
Schwarz criterion		6.459488	

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1), AR(8), AR(10), AR(11), MA(1) และ MA(12) มีค่าเท่ากับ 0.397605, -0.121754, 0.126187, 0.332141, -1.072458 และ 0.075519 ซึ่งค่า t-Statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นค่า t-Statistic ของ AR(8) และ AR(10) ที่ไม่แตกต่างจากศูนย์ โดยที่ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 6.329323 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ 6.459488 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.189639 และค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.446769 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 44.6769%

ตารางที่ 4.10 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ PM_{10}

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-0.580991	-0.227434	0.8204
AR(2)	-0.170371	-2.236337	0.0266
MA(12)	0.292995	3.747431	0.0002
SMA(24)	0.496898	6.524859	0.0000
R^2	0.257584		
Durbin-Watson stat	2.277888		
Akaike info criterion	9.095965		
Schwarz criterion	9.167743		

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(2), MA(12) และ SMA(24) มีค่าเท่ากับ -0.170371, 0.292995 และ 0.496898 ตามลำดับ ซึ่งค่า t-Statistic แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 9.095965 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ 9.167743 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.277888 และค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.257584 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 25.7584% และจากค่าในตารางสามารถกำหนดรูปแบบจำลองการพยากรณ์ คือ $ARIMA(2,1,12),(0,1,2)_{12}$

ตารางที่ 4.11 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ SO_2

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-0.037066	-0.686641	0.4932
AR(1)	-0.542352	-10.80180	0.0000
AR(4)	-0.082396	-2.721930	0.0072
MA(1)	0.553470	6.979732	0.0000
R^2	0.452873		
Durbin-Watson stat	2.020058		
Akaike info criterion	2.277973		
Schwarz criterion	2.350311		

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์ของ AR(1), AR(4) และ MA(1) มีค่าเท่ากับ -0.542352, -0.082396 และ 0.55347 ซึ่งค่า t-Statistic ต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 2.277973 ค่า Schwaz criterion เท่ากับ 2.350311 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.020058 และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.452873 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 45.2873% และจากค่าในตารางสามารถกำหนดรูปแบบจำลองการพยากรณ์คือ ARIMA(4,1,1)

4.2.4 การตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic Checking)

ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องนั้น จะต้องพิจารณาจากค่า Q-statistic เพื่อทดสอบคุณสมบัติความเป็น white noise ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการ พบว่าแบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง มี สหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) เมื่อมีการปรับแก้แล้วจะได้แบบจำลองใหม่ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ CO

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-0.001938	-2.537715	0.0121
AR(1)	0.474765	6.741653	0.0000
SAR(12)	0.536353	8.048547	0.0000
MA(1)	-0.999934	-77.33686	0.0000
R ²		0.402022	
Durbin-Watson stat		2.079147	
Akaike info criterion		-0.630299	
Schwaz criterion		2.079147	

รูปแบบจำลองการพยากรณ์คือ ARIMA(1,1,1),(0,1,1)₁₂ มีค่าคงที่ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ -0.630299 ค่า Schwaz criterion เท่ากับ 2.079147 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.079147 มีค่าใกล้เคียง 2 จึงไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.402022 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 40.2022 %

ตารางที่ 4.13 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ NO₂

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	0.236222	0.709676	0.4789
AR(1)	0.249099	2.452093	0.0153
SAR(12)	1.032397	74.81093	0.0000
MA(1)	-0.825939	-13.98613	0.0000
SMA(12)	-0.918421	-32.01807	0.0000
R ²	0.595994		
Durbin-Watson stat	2.049769		
Akaike info criterion	4.493590		
Schwarz criterion	4.587324		

รูปแบบจำลองการพยากรณ์คือ ARIMA(1,1,1),(1,1,1)₁₂ ไม่มีค่าคงที่ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 4.493590 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ 4.587324 ค่า Durbin-Watson stat มีค่า 2.049769 มีค่าใกล้เคียง 2 จึงไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.595994 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 59.5994 %

ตารางที่ 4.14 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ O₃

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-18.26198	-0.005104	0.9959
AR(1)	-0.897821	-19.80979	0.0000
SAR(12)	0.999917	62.21751	0.0000
MA(2)	-0.901801	-18.09474	0.0000
SMA(12)	-0.919024	-26.21239	0.0000
R ²	0.574355		
Durbin-Watson stat	1.988642		
Akaike info criterion	6.054782		
Schwarz criterion	6.148517		

รูปแบบจำลองการพยากรณ์คือ ARIMA(1,1,2),(1,1,1)₁₂ ไม่มีค่าคงที่ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 6.054782 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ 6.148517 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 1.988642 มีค่าใกล้เคียง 2 จึงไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่า R² มีค่าเท่ากับ 0.574355 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 57.4355 %

ตารางที่ 4.15 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ PM_{10}

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-0.251983	-0.018477	0.9853
AR(2)	-0.184350	-2.301995	0.0226
SAR(12)	0.988147	64.22648	0.0000
MA(1)	-0.420749	-5.405167	0.0000
SMA(12)	-0.939307	-55.80669	0.0000
R^2		0.524390	
Durbin-Watson stat		1.889822	
Akaike info criterion		8.578301	
Schwarz criterion		8.672421	

รูปแบบจำลองการพยากรณ์คือ $ARIMA(2,1,1),(1,1,1)_{12}$ ไม่มีค่าคงที่ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 8.578301 ค่า Schwarz criterion เท่ากับ 8.672421 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 1.889822 มีค่าเข้าใกล้ 2 จึงไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.524390 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 52.4390%

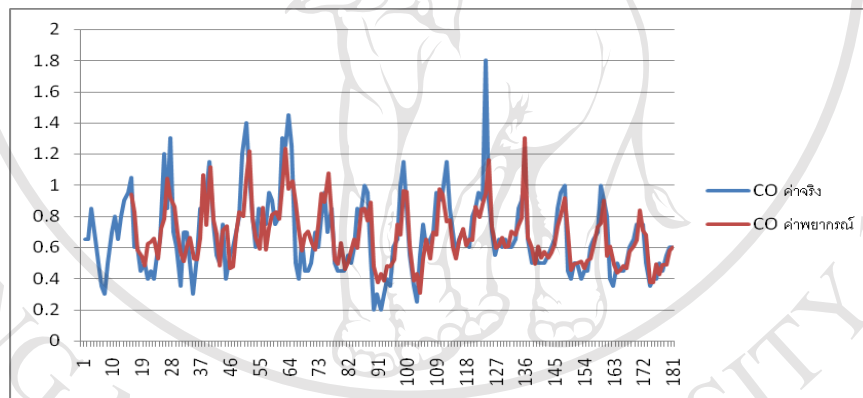
ตารางที่ 4.16 ค่าสถิติที่สำคัญในการประมาณค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองของ SO_2

Variable	Coefficient	t-Statistic	Prob.
C	-0.031199	-0.610068	0.5426
AR(1)	-0.757945	-8.017041	0.0000
AR(4)	0.007030	0.208314	0.8352
AR(2)	-0.282014	-3.393780	0.0009
MA(1)	0.707460	5.872120	0.0000
MA(2)	0.234812	2.160872	0.0321
R^2		0.513990	
Durbin-Watson stat		2.072696	
Akaike info criterion		2.182377	
Schwarz criterion		2.290884	

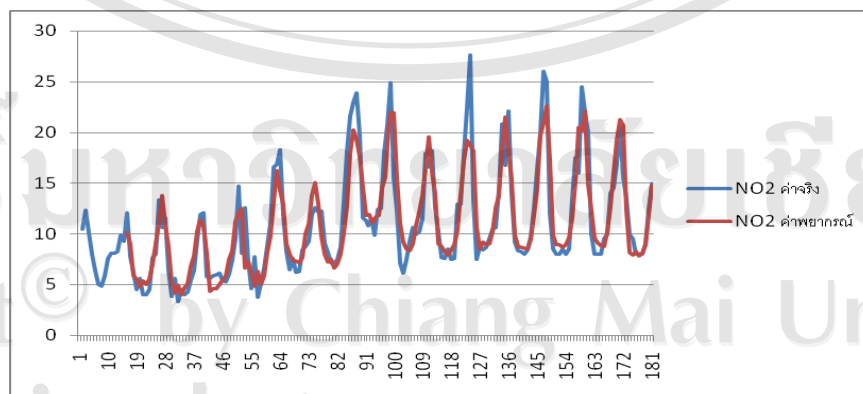
รูปแบบจำลองการพยากรณ์คือ ARIMA(2,1,2) ไม่มีค่าคงที่ ค่า Akaike info criterion มีค่าเท่ากับ 2.182377 ค่า Schwaz criterion เท่ากับ 2.290884 ค่า Durbin-Watson stat มีค่าเท่ากับ 2.072696 มีค่าใกล้เคียง 2 จึงไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.513990 หมายความว่าตัวแปรของแบบจำลองสามารถอธิบายตัวแปรตามได้ 51.3990%

4.2.5 การพยากรณ์

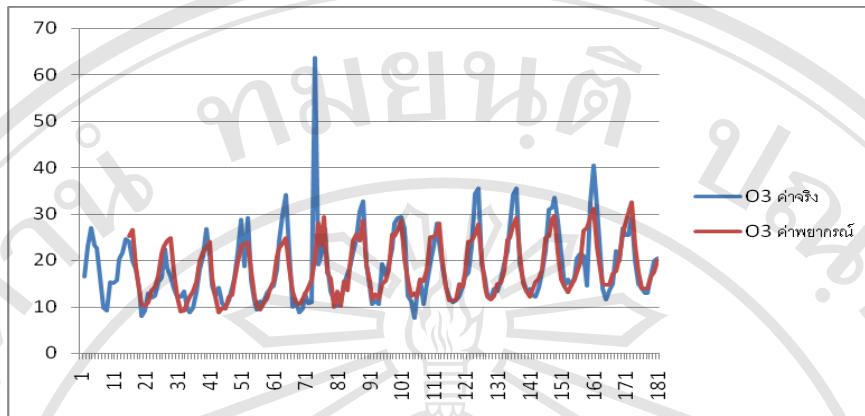
ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะหาตัวแบบพยากรณ์และศึกษาแนวโน้มของปริมาณมลพิษในเขตเทศบาลจังหวัดเชียงใหม่ในอนาคต เพื่อความแม่นยำในการพยากรณ์ต้องเลือกตัวแบบที่มีค่า Akaike info criterion และ Schwaz criterion ที่มีค่าต่ำที่สุด และดูค่า Root Mean Square Error (RMSE) ที่มีค่าต่ำที่สุดเช่นกัน ซึ่งจากตัวแบบพยากรณ์ที่ได้ในขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้อง (Diagnostic Checking) เมื่อพยากรณ์และนำมาเปรียบเทียบกับค่าจริงได้ ผลดังต่อไปนี้



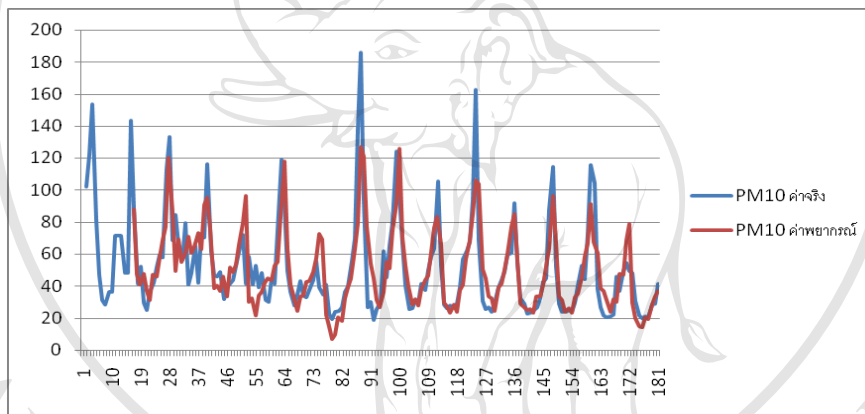
รูปภาพที่ 4.6 ค่าเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ กับค่าที่พยากรณ์



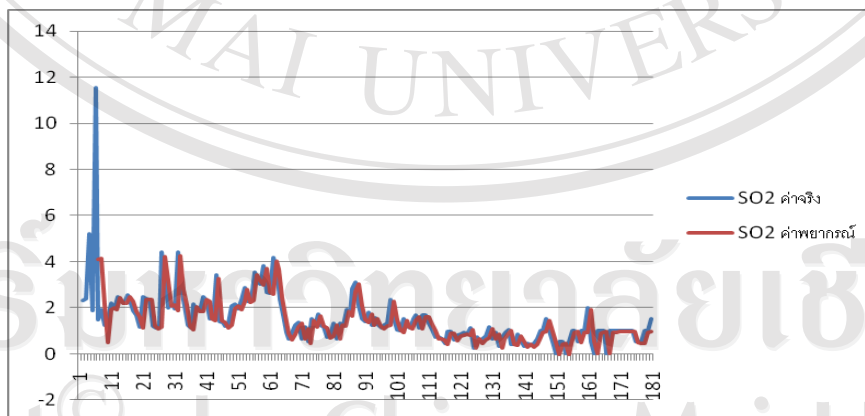
รูปภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์กับค่าพยากรณ์



รูปภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณโอโซนกับค่าพยากรณ์



รูปภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครกรัม กับค่าพยากรณ์



รูปภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับค่าพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในรูปที่ 4.6 – รูปที่ 4.10 สามารถวัดความคลาดเคลื่อนของการประมาณ โดยวัดจากค่า Root Mean Square Error (RMSE) ได้ผลดังต่อไปนี้
 $RMSE_{CO} = 0.172358$, $RMSE_{NO_2} = 2.220508$, $RMSE_{O_3} = 4.846865$, $RMSE_{PM_{10}} = 17.11421$ และ
 $RMSE_{SO_2} = 0.696258$ ตามลำดับ

4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษทางอากาศกับรายได้ประชาชาติ(GDP)

4.3.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษทางอากาศกับจำนวนนักท่องเที่ยว

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมลพิษทางอากาศกับจำนวนนักท่องเที่ยว จะใช้การทดสอบ t-test ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณ SO_2 และ CO เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนนักท่องเที่ยว ดังจะแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณCO และ จำนวนนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่

Model	coefficients	t	P-value	R	R ²
Constant	4368821.664	10.179	.000	.564	.318
CO	-136131.496	-2.263	.045		

จากตาราง จะได้สมการคือ จำนวนนักท่องเที่ยว = $4368821.664 - 136131.496 CO$
 ค่า p-value เท่ากับ 0.045 แสดงว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีความสัมพันธ์กับจำนวนนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ หมายความว่า ถ้าปราศจากปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ จำนวนนักท่องเที่ยวในเชียงใหม่จะประมาณ 4368822 คน ถ้าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น 1ppb จะทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวจะลดลง 136132 คน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(R) เท่ากับ 0.564 หมายความว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และจำนวนนักท่องเที่ยวในเชียงใหม่มีความสัมพันธ์กัน 56.4%

ตารางที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ SO_2 และ จำนวนนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่

Model	coefficients	t	P-value	R	R ²
Constant	4019495.219	16.840	.000	.653	.427
SO_2	-25785.495	-2.861	.015		

จากตารางจะได้สมการ คือ จำนวนนักท่องเที่ยว = $4019495.219 - 25785.495 SO_2$
 ค่า p-value เท่ากับ .015 แสดงว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับจำนวนนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่ หมายความว่าถ้าปราศจากปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จำนวนนักท่องเที่ยวใน

จังหวัดเชียงใหม่จะประมาณ 4019495 คน ถ้าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1 ppb จะทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง 25786 คน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.653 หมายความว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และจำนวนนักท่องเที่ยวมีความสัมพันธ์กัน 65.3%

4.3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวและ GDP

ตารางที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักท่องเที่ยวและ GDP

Model	coefficients	t	P-value	R	R ²
Constant	-2328867	-1.386	0.193		
จำนวนนักท่องเที่ยว (X)	2.626	5.481	0.000	.856	0.732

$GDP = -2328867 + 2.626 X$ จากค่า P-Value เท่ากับ 0.000 แสดงว่าจำนวนนักท่องเที่ยวในจังหวัดเชียงใหม่มีความสัมพันธ์กับค่า GDP มีขนาดความสัมพันธ์เท่ากับ 85.6% เมื่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนนักท่องเที่ยวเพิ่ม 1 คนจะทำให้ค่า GDP เพิ่มขึ้น 2.626 หน่วย ถ้าหากเมื่อปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ และ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วยก็จะทำให้จำนวนนักท่องเที่ยวลดลง 136132 คน และ 25786 คนตามลำดับ และทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของ GDP ลดลง 357,482.632 หน่วย และ 67,714.036 หน่วยตามลำดับ