บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการสร้างตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักเพื่อทำนายค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนต่อวันที่ระดับพื้นผิวโลกจากปัจจัยมลพิษทางอากาศและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลการวิจัยดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศ ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า *p*-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศ แสดงดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า *p*-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศ

	CO	NO	NO_2	NO_x	SO_2	HC	NMHC	CH_4	PM_{10}
CO	1	-0.109	0.378	0.250	0.066	0.317	0.178	0.174	0.377
		(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.004*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)
NO		1	0.155	0.606	0.140	-0.092	-0.174	0.089	-0.146
			(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000	(0.000*)	(0.000*)
NO_2			1	0.876	0.308	0.421	0.236	0.227	0.287
				(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)
NO_x				1	0.319	0.293	0.106	0.224	0.159
					(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)
SO_2					1	0.129	0.061	0.081	0.145
						(0.000*)	(0.000*)	(0.008*)	(0.000*)
HC						1	0.633	0.456	0.188
							(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)
NMHC							1	-0.394	0.008
								(0.000*)	(0.722)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

	CH_4	PM_{10}
CH_4	1	0.182
		(0.000*)
PM_{10}		1

*p-value < 0.05

จากตารางที่ 4-1 การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศพบว่าตัวแปรทุกตัวของปัจจัยมลพิษทางอากาศมีความสัมพันธ์กัน ยกเว้นก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอนและ PM_{10}ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศและก๊าซโอโซน ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศและก๊าซโอโซน แสดงดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า p-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศและก๊าซโอโซน

	CO	NO	NO_2	NO_x	SO_2	HC	CH_4	NMHC	PM_{10}
O_3	0.444	-0.377	0.398	0.137	-0.008	0.350	0.302	0.065	0.416
	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.741)	(0.000*)	(0.000*)	(0.004*)	(0.000*)

*p-value < 0.05

จากตารางที่ 4-2 การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศและก๊าซโอโซนพบว่าก๊าซโอโซนมีความสัมพันธ์กันกับตัวแปรของปัจจัยมลพิษทางอากาศทุกตัวยกเว้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยที่มีค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างก๊าซโอโซนและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรคาร์บอน ก๊าซมีเทน ก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน และ PM_{10} กับก๊าซโอโซนมีค่าเป็นบวก แสดงว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรคาร์บอน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ก๊าซมีเทน ก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน และ PM_{10} มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับก๊าซโอโซนซึ่งหมายความว่าถ้าก๊าซเหล่านี้ค่าเพิ่มขึ้นแล้วจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างก๊าซโอโซน และก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ มีค่าเป็นลบแสดงว่าก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์ มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับก๊าซโอโซนซึ่งหมายความว่าถ้าก๊าซไนโตรเจนมอนอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนมีค่าลดลง

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า *p*-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า *p*-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา

	Pressure	Temp	RH	WV	WD	SR	Rain
Pressure	1	-0.005	0.115	-0.018	-0.143	-0.05	-0.020
		(0.842)	(0.000*)	(0.418)	(0.000*)	(0.028*)	(0.383)
Temp		1	-0.457	0.166	0.006	0.475	-0.005
			(0.000*)	(0.000*)	(0.782)	(0.000*)	(0.000*)
RH			1	-0.120	0.272	-0.337	0.155
				(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.000*)
WV				1	0.023	0.310	-0.053
					(0.323)	(0.000*)	(0.021*)
WD					1	0.002	-0.010
						(0.914)	(0.67)
SR						1	-0.130
							(0.000*)
Rain							1

*p-value < 0.05

จากตารางที่ 4-3 การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปร 7 คู่ได้แก่ 1) ความดันและอุณหภูมิ 2) ความดัน และความเร็วลม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3) ความดันและปริมาณน้ำฝน 4) อุณหภูมิและทิศทางลม 5) ความเร็วลมและทิศทางลม 6) ทิศทางลมและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และ 7) ปริมาณน้ำฝนและทิศทางลม

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและก๊าซโอโซน ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า *p*-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและก๊าซโอโซนแสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันและค่า *p*-value ของการทดสอบระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและก๊าซโอโซน

	Pressure	**Temp**	**RH**	**WV**	**WD**	**SR**	**Rain**
O_3	-0.319	0.045	-0.375	-0.091	-0.025	-0.019	-0.038
	(0.000*)	(0.048*)	(0.000*)	(0.000*)	(0.279)	(0.414)	(0.099)

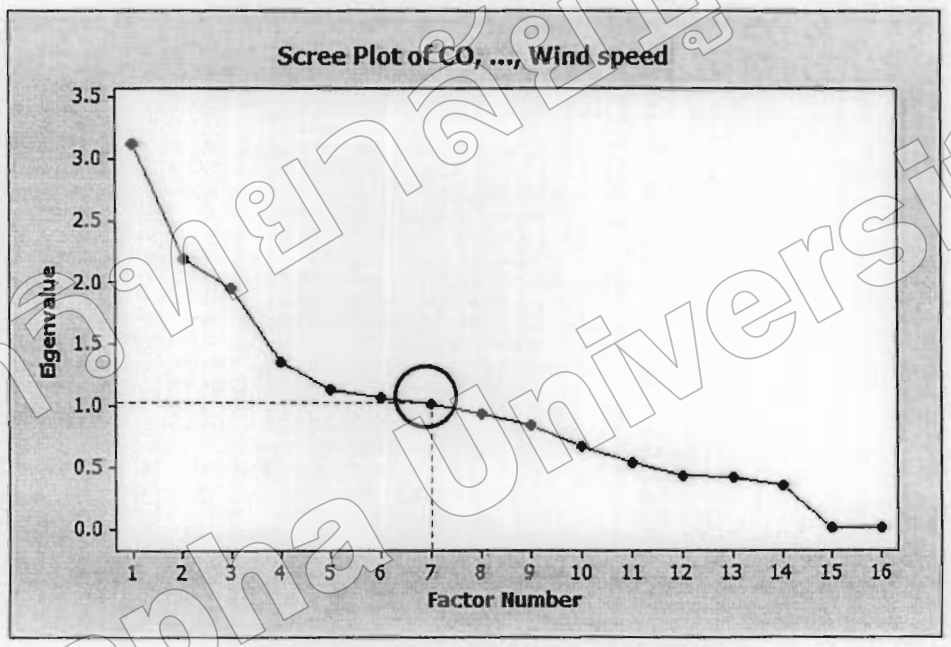
*p-value < 0.05

จากตารางที่ 4-4 การทดสอบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปัจจัยทางอุตนิยมวิทยาและก๊าซโอโซนพบว่าตัวแปรที่ไม่มีความสัมพันธ์กันกับก๊าซโอโซนคือ ทิศทางลม การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝน สำหรับค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างก๊าซโอโซนและอุณหภูมิมีค่าเป็นบวก แสดงว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับก๊าซโอโซนซึ่งหมายความว่าถ้าอุณหภูมิมีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สันระหว่างก๊าซโอโซนและความดัน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางลม การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝนมีค่าเป็นลบ แสดงว่าความดัน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทิศทางลม การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับก๊าซโอโซนซึ่งหมายความว่าถ้าปัจจัยเหล่านี้มีค่าเพิ่มขึ้นแล้วจะทำให้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนมีค่าลดลง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การวิเคราะห์ปัจจัย

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยโดยดึงปัจจัยด้วยวิธีวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักพบว่ามีค่าเฉพาะ (eigen value) ที่มีค่ามากกว่าหรือใกล้เคียงกับ 1 อยู่ 7 ค่าซึ่งเห็นได้จากกราฟของ scree plot ดังภาพที่ 4-1 จึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้จำนวนส่วนประกอบหลัก (principal component) ทั้งหมด 7 ส่วนประกอบ และส่วนประกอบหลักเหล่านี้สามารถอธิบายความแปรผันของข้อมูลได้ 73.9% ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4-5



ภาพที่ 4-1 กราฟของ scree plot ของการดึงปัจจัยด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-5 ค่าเฉพาะ สัดส่วนความแปรผัน และสัดส่วนความแปรผันสะสม ของแต่ละส่วนประกอบหลัก

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7	PC 8
Eigen value	3.0993	2.1250	1.9744	1.4039	1.2051	1.0609	0.9582	0.9424
Proportion	0.194	0.133	0.123	0.088	0.075	0.066	0.060	0.059
Cumulative	0.194	0.327	0.450	0.538	0.613	0.679	0.739	0.798
	PC 9	**PC 10**	**PC 11**	**PC 12**	**PC 13**	**PC 14**	**PC 15**	**PC 16**
Eigen value	0.8026	0.6653	0.5594	0.4386	0.4192	0.3384	0.0038	0.0034
Proportion	0.050	0.042	0.035	0.027	0.026	0.021	0.000	0.000
Cumulative	0.848	0.890	0.925	0.952	0.978	1.000	1.000	1.000

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ส่วนประกอบหลัก 7 ส่วนประกอบ ถ้าไม่ได้ทำการหมุนปัจจัยจะให้ค่าการให้น้ำหนัก (loading) ของข้อมูลทั้ง 7 ส่วนประกอบแสดงดังตารางที่ 4-6 แต่เมื่อทำการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์ แล้วจะช่วยให้การรวมกลุ่มของตัวแปรระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอธิบายความหมายของปัจจัยได้ง่ายและชัดเจนขึ้น ซึ่งค่าการให้น้ำหนักของข้อมูลทั้ง 7 ปัจจัย (ซึ่งเป็นตัวแปรตัวใหม่) แสดงดังตารางที่ 4-7

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-6 ค่าการให้น้ำหนักของข้อมูลทั้ง 7 ปัจจัยเมื่อไม่มีการหมุนปัจจัย

Varible	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
CO	-0.569	-0.055	0.359	0.055	-0.319	-0.154	-0.094
NO	-0.122	0.661	-0.400	-0.208	0.083	0.144	0.205
NO_2	-0.848	0.249	-0.109	0.056	0.139	-0.208	-0.041
NO_X	-0.740	0.520	-0.282	-0.060	0.151	-0.097	0.064
SO_2	-0.380	0.125	-0.172	-0.367	-0.267	-0.028	-0.020
HC	-0.700	-0.143	0.289	0.164	0.270	0.409	0.140
CH_4	-0.451	-0.434	0.259	-0.447	0.532	0.135	0.084
NMHC	-0.313	0.324	0.039	0.707	-0.297	0.339	0.068
PM_{10}	-0.434	-0.108	0.368	-0.116	-0.252	-0.548	0.090
Pressure	-0.128	0.090	-0.151	-0.539	-0.472	0.399	-0.233
Rain	0.013	-0.269	-0.222	0.090	-0.165	-0.012	0.790
Rh	-0.032	-0.320	-0.771	-0.062	0.044	0.114	-0.012
Temp	0.259	0.564	0.462	0.054	0.110	0.111	-0.089
SR	0.382	0.536	0.356	-0.180	0.292	0.062	0.164
WD	0.099	0.188	-0.512	0.273	0.331	-0.362	-0.219
WV	0.359	0.357	0.093	-0.252	-0.127	-0.206	0.317

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-7 ค่าการให้น้ำหนักของข้อมูลทั้ง 7 ปัจจัยเมื่อมีการหมุนปัจจัยด้วยวิธีแวริแมกซ์

Varible	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
CO	0.100	0.072	-0.196	-0.679	-0.220	0.144	0.098
NO	0.692	-0.223	0.143	0.349	-0.040	0.187	-0.130
NO_2	0.747	0.179	-0.282	-0.375	-0.136	-0.110	0.137
NO_X	0.936	0.036	-0.156	-0.132	-0.126	0.006	0.048
SO_2	0.462	0.066	0.064	-0.182	0.062	0.429	-0.005
HC	0.180	0.053	-0.848	-0.152	-0.321	-0.018	-0.025
CH_4	0.048	0.083	-0.844	-0.113	0.483	0.021	0.004
NMHC	0.156	-0.025	-0.037	-0.046	-0.939	-0.036	-0.034
PM_{10}	0.103	0.012	-0.028	-0.826	0.138	-0.027	-0.085
Pressure	0.104	0.104	0.045	0.061	0.034	0.855	0.121
Rain	-0.037	0.195	0.005	0.021	-0.045	-0.075	-0.857
Rh	0.149	0.685	0.075	0.427	0.136	0.056	-0.126
Temp	-0.021	-0.736	0.062	0.063	-0.164	-0.023	0.237
SR	0.039	-0.797	0.038	0.217	0.140	-0.058	-0.001
WD	0.327	0.221	0.354	0.263	0.067	-0.509	0.238
WV	0.058	-0.475	0.377	-0.001	0.202	0.079	-0.287

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากตารางที่ 4-7 จะสามารถรวมกลุ่มของตัวแปรเป็น 7 ปัจจัย ได้ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 แสดงถึง ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO_x)

ปัจจัยที่ 2 แสดงถึง อุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Temp&SR)

ปัจจัยที่ 3 แสดงถึง ก๊าซมีเทนและก๊าซไฮโดรคาร์บอน (CH_4&HC)

ปัจจัยที่ 4 แสดงถึง PM_{10}

ปัจจัยที่ 5 แสดงถึง ก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC)

ปัจจัยที่ 6 แสดงถึง ความดัน (Pressure)

ปัจจัยที่ 7 แสดงถึง ปริมาณน้ำฝน (Rain)

การสร้างตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลัก

ในการสร้างตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักระหว่างค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนต่อวัน (O_3) และตัวแปรอิสระซึ่งเป็นตัวแปรตัวใหม่ที่ได้จากการรวมปัจจัยของตัวแปรระหว่างปัจจัยมลพิษทางอากาศและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาทั้ง 7 ตัว ได้แก่ ออกไซด์ของก๊าซไนโตรเจน (NO_x) อุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (Temp&SR) ก๊าซมีเทนและก๊าซไฮโดรคาร์บอน (CH_4&HC) PM_{10} ก๊าซนอนมีเทนไฮโดรคาร์บอน (NMHC) ความดัน (Pressure) และปริมาณน้ำฝน (Rain) ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบเป็นขั้นตอน (Stepwise regression)

เพื่อให้เป็นไปตามข้อสมมุติเบื้องต้น (Assumtion) ของการถดถอยผู้วิจัยจึงได้แปลงค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนต่อวันเป็นค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซน ($LogO_3$) ซึ่งจะได้ตัวแบบการถดถอยส่วนประกอบหลักคือ

$$\widehat{LogO_3} = 38.4 - 1.84Tem\ \&\ SR - 6.25CH_4\ \&\ HC - 12.3PM_{10} - 7.34Pressure + Rain$$

เมื่อ $\widehat{LogO_3}$ เป็นค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของค่าลอการิทึมของค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนต่อวัน

$Temp\ \&\ SR$ เป็นอุณหภูมิและการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

$CH_4\ \&\ HC$ เป็นก๊าซมีเทนและก๊าซไฮโดรคาร์บอน

$Pressure$ เป็นความดัน

$Rain$ เป็นปริมาณน้ำฝน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การหาค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบ

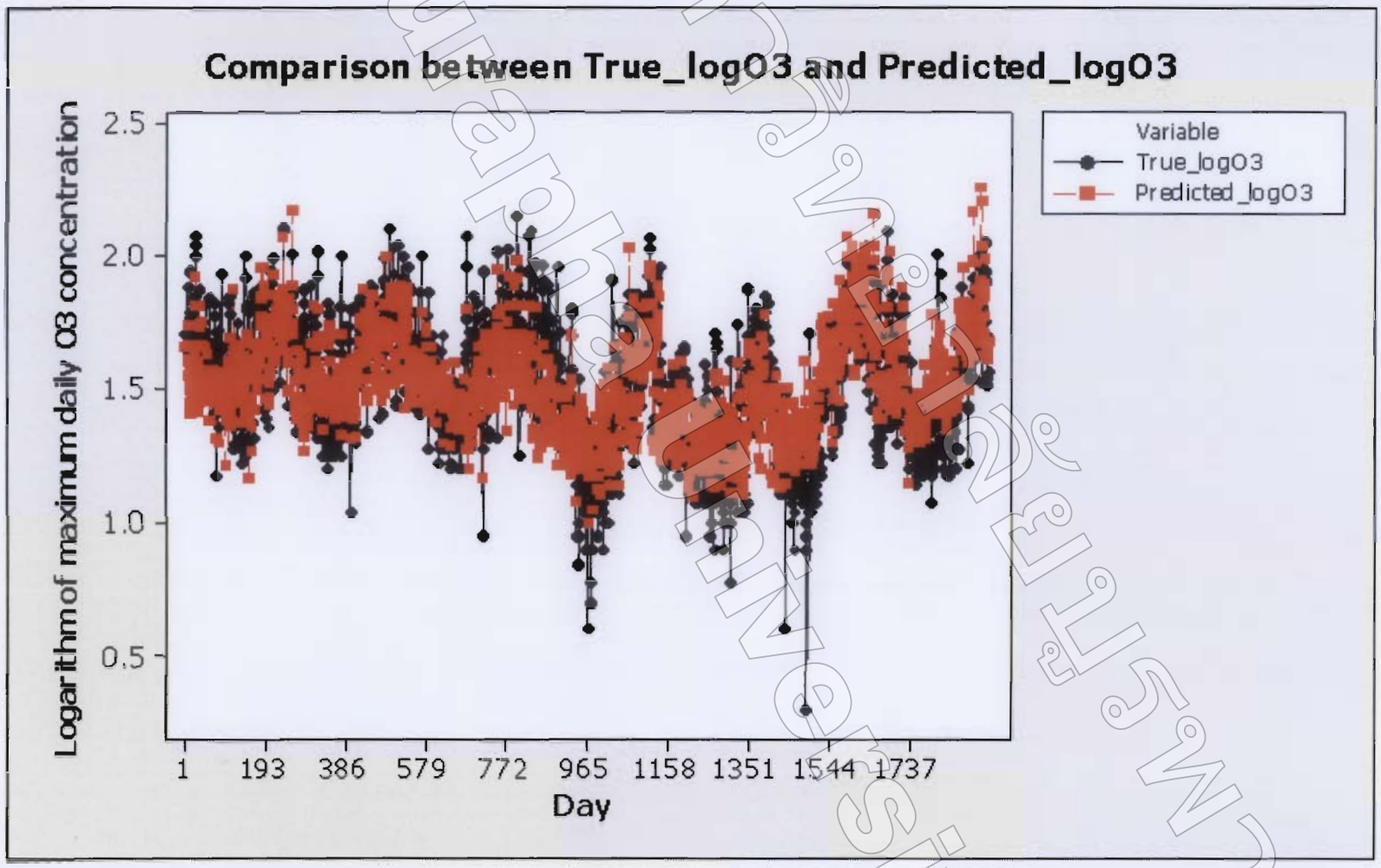
ค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบซึ่งคำนวณจากข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ แสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ค่าดัชนีสมรรถนะของตัวแบบ

ค่าคลาดเคลื่อนเอนเอียงเฉลี่ย (MBE)	ตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยใช้	
	ข้อมูลในการสร้างตัวแบบ (Training data set)	ข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation set)
	0.000154	– 0.006017

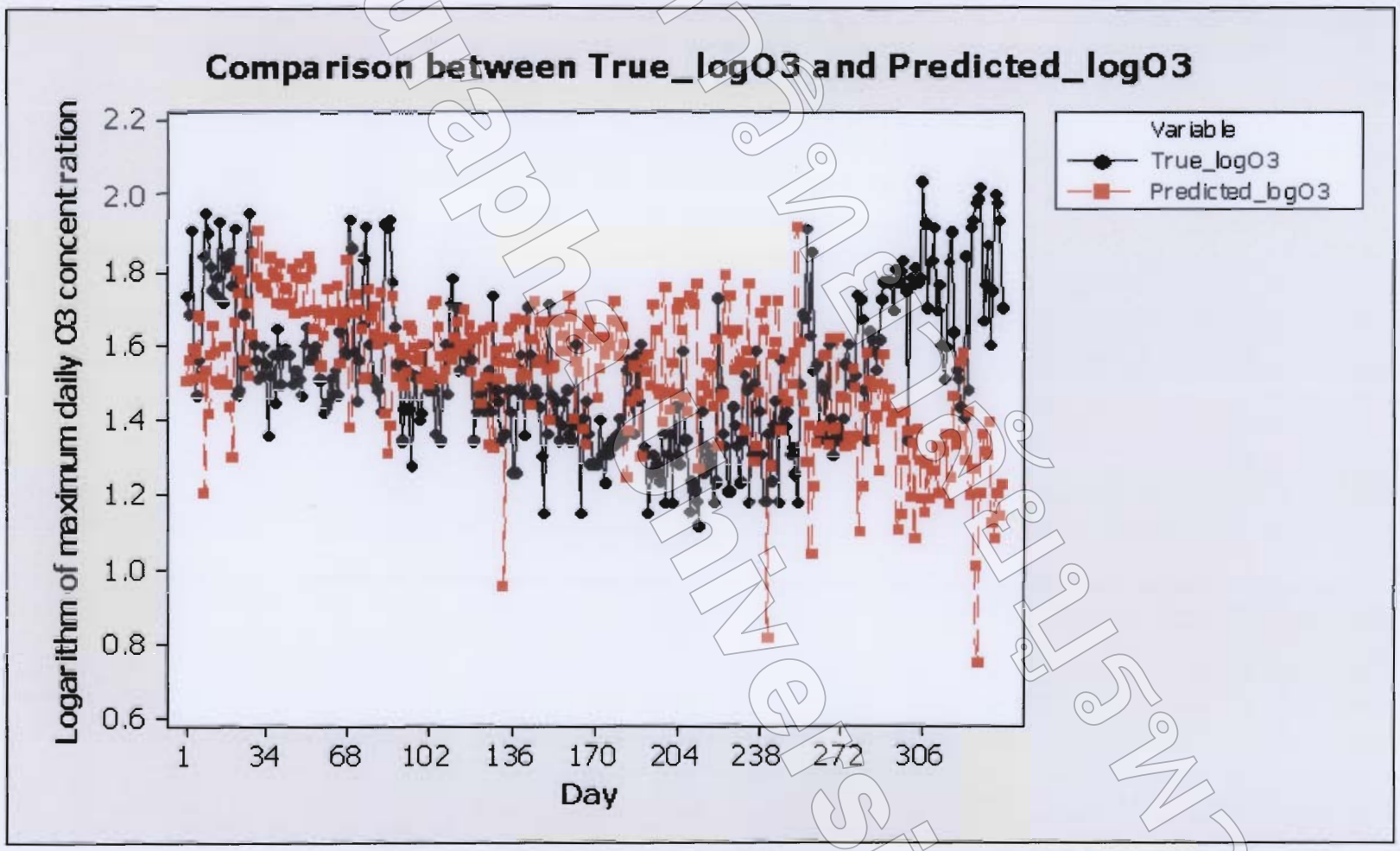
จากตารางที่ 4-8 เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีสมรรถนะระหว่างตัวแบบส่วนประกอบหลักของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยพิจารณาค่าคลาดเคลื่อนเอนเอียงเฉลี่ยจะเห็นได้ว่าตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลทั้ง 2 ชุดมีค่าคลาดเคลื่อนเอนเอียงเฉลี่ยที่เข้าใกล้ค่า 0 ซึ่งหมายความว่าตัวแบบที่ได้นี้เป็นตัวแบบที่ใช้พยากรณ์หรือทำนายค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนได้ดี สำหรับกราฟระหว่างค่าจริงและค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ แสดงได้ดังภาพที่ 4-2 และภาพที่ 4-3 ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-2 กราฟระหว่างค่าจริงและค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนต่อวันของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 4-2 กราฟระหว่างค่าจริงและค่าทำนายหรือค่าพยากรณ์ของค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงสุดของก๊าซโอโซนต่อวันของข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University