

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการถดถอยพหุคูณในการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยจากพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ต พร้อมทั้งตรวจสอบผลการพยากรณ์ด้วยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการถดถอยพหุคูณ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากการวัดความคลาดเคลื่อน 2 แบบ ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) และเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยนำเสนอเป็น 5 ตอน แสดงรายละเอียด ดังนี้

- ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน
- ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ
- ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีการถดถอยพหุคูณ
- ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม
- ตอนที่ 5 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

#### ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกและง่ายขึ้น ผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่าง ๆ ในการนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย (Mean)
S	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
SK	หมายถึง	ค่าความเบ้ (Skewness Values)
KU	หมายถึง	ค่าความโด่ง (Kurtosis Values)
MAX	หมายถึง	ค่าสูงสุด (Maximum)
MIN	หมายถึง	ค่าต่ำสุด (Minimum)
r	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน
R	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
R <sup>2</sup>	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

S.E.	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์ถดถอย
a	หมายถึง	ค่าคงที่ในรูปคะแนนดิบ (Constant)
b	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรในรูปคะแนนดิบ
$\beta$	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรในรูปคะแนนมาตรฐาน
F	หมายถึง	อัตราส่วน F ใช้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
p	หมายถึง	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

### ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี้เพื่อให้ทราบลักษณะของข้อมูลเบื้องต้น โดยนำเสนอจำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าสูงสุด (Maximum: MAX) ค่าต่ำสุด (Minimum: MIN) ความเบ้ (Skewness: SK) ความโด่ง (Kurtosis: KU) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ของข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาจากจำนวนนักศึกษา 165 คน ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าความถี่ ร้อยละ ของตัวแปรอิสระที่ศึกษา

ตัวแปร	ค่าตัวแปร	จำนวน (ความถี่)	ร้อยละ (%)
เพศ	ชาย	49	29.7
	หญิง	116	70.3
ชั้นปีที่	1	65	39.39
	2	48	29.09
	3	24	14.55
	4	28	16.97
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์	70	42.42
	อุตสาหกรรม	95	57.58
ช่วงเวลาใดที่ท่านใช้บริการอินเทอร์เน็ตเป็นส่วนใหญ่	06.00 – 09.00 น.	0	0
	09.01 – 12.00 น.	4	2.4
	12.01 – 15.00 น.	8	4.8
	15.01 – 18.00 น.	18	1.9

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าตัวแปร	จำนวน (ความถี่)	ร้อยละ (%)
	18.01 – 21.00 น.	70	42.4
	21.01 – 24.00 น.	63	38.2
	00.01 – 03.00 น.	2	1.2
	03.01 – 06.00 น.	0	0

ข้อมูลจากตารางที่ 4-1 เป็นสภาพทั่วไปของข้อมูลที่ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์ พบว่า นักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 70.3 ส่วนเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 29.7 เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 39.39 รองลงมาเป็นชั้นปี 2 ชั้นปีที่ 4 และชั้นปีที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 29.09, 16.97 และ 14.55 ตามลำดับ เป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 42.42 และสาขาวิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรม คิดเป็นร้อยละ 57.58 ช่วงเวลาที่นักศึกษาใช้บริการอินเทอร์เน็ตเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ ช่วงเวลา 18.01 – 21.00 น. คิดเป็นร้อยละ 42.4 รองลงมา ได้แก่ ช่วงเวลา 21.01 – 24.00 น. ช่วงเวลา 15.01 – 18.00 น. ช่วงเวลา 12.01 – 15.00 น. ช่วงเวลา 09.01 – 12.00 น. ช่วงเวลา 00.01 – 03.00 น. คิดเป็นร้อยละ 38.2, 1.9, 4.8, 2.4 และ 1.2 ตามลำดับ ส่วนช่วงเวลา 06.01 – 09.00 น. และ ช่วงเวลา 03.01 – 06.00 น. เป็นช่วงที่นักศึกษาส่วนใหญ่ไม่ใช้บริการอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 4-2 การแจกแจงค่าสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระที่ศึกษา

ตัวแปร	MIN	MAX	$\bar{X}$	S	SK	KU
1. เกรดเฉลี่ยสะสม (GPA) ปัจจุบัน	1.60	3.91	2.508	0.4528	0.499	0.375
2. ท่านใช้อินเทอร์เน็ตมาเป็นระยะเวลา	3	15	7.188	2.950	0.182	0.582
3. โดยเฉลี่ยท่านใช้เวลาเท่าใด ในการเล่น อินเทอร์เน็ตแต่ละครั้ง	1	6	3.376	1.367	0.525	-0.466
4. โดยรวมแล้ว ท่านใช้อินเทอร์เน็ตบ่อย เพียงใด	1	7	5.303	1.946	-0.671	-0.989

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ตัวแปร	MIN	MAX	$\bar{X}$	S	SK	KU
A1: ที่บ้านตนเอง/ ห้องเช่าที่อาศัยอยู่	1	5	4.297	1.235	-0.781	0.951
A2: ที่บ้านเพื่อน	1	5	1.800	0.995	0.088	0.535
A3: ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย	1	5	3.242	0.235	-0.781	-0.954
A4: ที่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตของเอกชน	1	5	4.297	1.089	0.424	0.342
B1: ใช้ร่วมกับเพื่อน	1	5	3.624	1.191	-0.705	-0.211
B2: ใช้ร่วมกับญาติ /พี่น้อง	1	5	2.666	1.294	0.199	-0.033
B3: ใช้ร่วมกับผู้ปกครอง	1	5	1.806	1.064	0.225	0.667
B4: ใช้อินเทอร์เน็ตตามลำพัง	1	5	4.600	0.846	-0.484	0.194
C1: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตเพื่อประกอบการทำแบบฝึกหัดและรายงาน	2	5	4.072	0.737	-0.208	-0.848
C2: ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตเพื่อมาประกอบการเรียน	2	5	3.957	0.799	-0.359	-0.405
C3: ศึกษาแผนการสอนของวิชาเรียนเพื่อเตรียมตัวก่อนเข้าเรียนจากบทเรียนออนไลน์	1	5	2.866	0.946	0.140	-0.126
C4: ศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนด้วยตนเองจากเว็บไซต์	1	5	3.193	1.035	-0.030	-0.334
C5: ค้นคว้าข้อมูลประกอบการเรียนจากศูนย์บริการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต	1	5	3.684	1.114	0.971	0.066
C6: ส่งงานไปยังอาจารย์ตามที่ได้รับมอบหมาย	1	5	3.448	1.186	-0.442	-0.677
C7: ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิชาเรียนจากอาจารย์นอกเวลา	1	5	2.321	1.012	0.498	-0.115
C8: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมาเตรียมสอบ	1	5	2.812	1.118	0.193	-0.549

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ตัวแปร	MIN	MAX	$\bar{X}$	S	SK	KU
C9: ค้นคว้าในห้องสมุดดิจิทัล	1	5	2.400	1.151	0.478	-0.607
D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์	1	5	3.606	1.233	-0.573	-0.648
D2: เข้าแข่งขันเกมส์ในอินเทอร์เน็ต	1	5	2.321	1.542	0.397	0.714
D3: ดูหนัง ฟังเพลงทางอินเทอร์เน็ต	1	5	4.109	0.930	-0.955	0.758
D4: ใช้อินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับทางเพศ	1	5	1.593	0.923	0.603	0.238
D5: ท่องเว็บไซต์ศึกษาข้อมูลตามความสนใจ	1	5	4.387	0.815	-0.439	0.086
D6: สร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นในอินเทอร์เน็ต	1	5	3.230	1.359	-0.176	-0.138
D7: ค้นหาข้อมูลที่ไม่เหมาะสม	1	5	1.763	1.058	0.329	0.056
E1: ซื้อสินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต	1	5	1.866	1.161	0.139	0.141
E2: ส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือ	1	5	1.842	1.173	0.296	0.672
E3: ส่ง E-card แสดงความยินดีในโอกาสต่าง ๆ	1	5	2.151	1.227	0.787	-0.378
E4: เสนอข่าวสารและความคิดเห็น	1	5	2.593	1.342	0.271	-0.153
E5: ติดต่อสื่อสารกับผู้ที่รู้จักทาง E-Mail	1	5	3.503	1.212	-0.381	-0.718
F1: บริการเว็ลด์ไวด์เว็บ	1	5	4.684	0.779	-0.294	0.765
F2: บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์	1	5	2.569	1.397	0.343	-0.169
F3: บริการสนทนาออนไลน์	1	5	3.690	1.262	-0.577	-0.749
F4: บริการถ่ายโอนแฟ้มหรือดาวน์โหลด	1	5	3.660	1.246	-0.840	-0.195
F5: บริการใช้เครื่องระยะไกล	1	5	1.939	1.124	0.214	0.865
F6: บริการกลุ่มข่าว	1	5	2.545	1.289	0.399	-0.896
G1: รับข่าวสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์	1	5	3.315	1.146	-0.274	-0.661
G2: ติดต่อ สื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น	1	5	3.509	1.091	-0.380	-0.529
G3: ติดต่อ สื่อสารและรับ-ส่ง E-Mail	1	5	3.830	0.997	-0.585	-0.197

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ตัวแปร	MIN	MAX	$\bar{X}$	S	SK	KU
G4: ติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการเรียนกับ อาจารย์ เช่น ส่งการบ้านในรูปแบบ เพิ่มข้อมูลหรือถาม/ตอบ	1	5	3.242	1.269	-0.285	-0.932
H1: เพิ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์	1	5	3.418	1.230	0.191	0.683
H2: เพิ่มข้อมูลความรู้	1	5	3.551	0.865	-0.018	-0.374
H3: เพิ่มภาพ	1	5	3.678	1.047	-0.580	-0.005
H4: เพิ่มภาพเคลื่อนไหว	1	5	3.351	1.157	-0.123	-0.735
H5: เพิ่มเพลง	1	5	4.145	0.957	-0.054	0.776
H6: เพิ่มเกมส์	1	5	2.981	1.437	0.057	-0.272
I1: เพื่อน	1	5	4.527	0.859	-0.953	0.526
I2: อาจารย์	1	5	1.981	1.038	0.698	-0.351
I3: ญาติ พี่ น้อง ผู้ปกครอง	1	5	2.727	1.298	0.216	-0.011
I4: ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน	1	5	1.975	1.199	0.035	0.097
J1: จำ	1	5	2.945	1.235	-0.013	-0.893
J2: จดลงกระดาษ	1	5	3.030	1.165	-0.059	-0.810
J3: พิมพ์ลงกระดาษ	1	5	3.290	1.174	-0.448	-0.590
J4: บันทึกเพิ่มข้อมูลลงฮาร์ดดิสก์	1	5	4.230	0.953	-0.245	0.216
J5: บันทึกเพิ่มข้อมูลลงฮาร์ดดิสก์แล้วนำไป พิมพ์ลงกระดาษ	1	5	3.593	1.214	-0.563	-0.507
J6: บันทึกตำแหน่งเว็บไซต์	1	5	3.751	1.078	-0.552	-0.392
K1: นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ใน การศึกษา	2	5	3.933	0.797	-0.464	-0.113
K2: นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะให้กับ ตนเอง	2	5	3.921	0.780	-0.328	-0.310
K3: นำข่าวสารไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	1	5	3.697	0.933	-0.315	-0.325
K4: ค้นหาความรู้เพิ่มเติม	1	5	3.969	0.879	-0.703	0.464

จากตารางที่ 4-2 เกรดเฉลี่ย (GPA) ของนักศึกษาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.508 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.4528 มีเกรดเฉลี่ยสะสมสูงสุดที่ 3.91 ต่ำสุดที่ 1.60 ค่าความโด่งของข้อมูลเกรดเฉลี่ยสะสม มีความโด่ง (Kurtosis) เป็นโค้งปกติสมมาตร เนื่องจากมีค่าใกล้เคียง โดยเฉลี่ยนักศึกษาใช้อินเทอร์เน็ตมาเป็นระยะเวลา 7.188 ปี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.950 นักศึกษาใช้อินเทอร์เน็ตมาเป็นระยะเวลาสูงสุด 15 ปี และต่ำสุด 3 ปี โดยเฉลี่ยใช้เวลาในการเล่นอินเทอร์เน็ตแต่ละครั้ง ประมาณ 3.376 ชั่วโมง/ครั้ง สูงสุด 6 ชั่วโมง/ครั้ง และต่ำสุด 1 ชั่วโมง/ครั้ง โดยใช้อินเทอร์เน็ตโดยเฉลี่ย ประมาณ 5 ครั้งต่อสัปดาห์ สูงสุดคือทุกวัน และต่ำสุด 1 ครั้งต่อสัปดาห์ สำหรับตัวแปรอื่น ๆ เมื่อพิจารณาจากค่าความเบ้ (Skewness : SK) และความโด่ง (Kurtosis : KU) พบว่า เป็นโค้งปกติสมมาตร แสดงว่าเป็นข้อมูลที่เหมาะสมสามารถนำไปวิเคราะห์ในลำดับต่อไปได้

## ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

### ขั้นตอนที่ 1 การตรวจสอบเมตริกซ์สหสัมพันธ์

การตรวจสอบเมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) เป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรต่าง ๆ ที่จะนำมาแบ่งกลุ่มนั้นมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบหรือไม่ พิจารณาค่าสถิติ ดังต่อไปนี้

#### 1.1 KMO and Bartlett's Test

ตารางที่ 4-3 ค่า KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		0.780
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4811.386
	df	1711
	Sig.	0.000

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ผลการทดสอบ KMO (Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy) = 0.780 แสดงว่า ข้อมูลและตัวแปรต่าง ๆ มีความเหมาะสม เพียงพอที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบได้ เนื่องจากค่า KMO มีค่าเกิน 0.05 และจากการทดสอบ Bartlette's Test of Sphericity พบว่า ค่าสถิติ Chi-Square ที่ใช้ทดสอบ Sphericity มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า เมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น เมตริกซ์สหสัมพันธ์นี้จึงเหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบต่อไปได้

การทดสอบสมมติฐาน Bartlette's Test of Sphericity

$H_0$  : ตัวแปรต่าง ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน

$H_1$  : ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน

ผลจากค่าสถิติ Chi-Square พบว่าค่าสถิติ Sig = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ  $H_0$  แสดงว่าตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน

## 1.2 Communalities

ตารางที่ 4-4 ค่า Communalities

	Initial	Extraction
A1: ที่บ้านตนเอง / ห้องเช่าที่อาศัยอยู่	1.000	0.627
A2: ที่บ้านเพื่อน	1.000	0.634
A3: ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย	1.000	0.640
A4: ที่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตของเอกชน	1.000	0.791
B1: ใช้ร่วมกับเพื่อน	1.000	0.664
B2: ใช้ร่วมกับญาติ / พี่น้อง	1.000	0.731
B3: ใช้ร่วมกับผู้ปกครอง	1.000	0.778
B4: ใช้อินเทอร์เน็ตตามลำพัง	1.000	0.739
C1: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตเพื่อประกอบการทำแบบฝึกหัด และรายงาน	1.000	0.748
C2: ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตเพื่อมา ประกอบการเรียน	1.000	0.785



## ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

	Initial	Extraction
C3: ศึกษาแผนการสอนของวิชาเรียนเพื่อเตรียมตัวก่อนเข้าเรียนจากบทเรียนออนไลน์	1.000	0.652
C4: ศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนด้วยตนเองจากเว็บไซต์	1.000	0.755
C5: ค้นคว้าข้อมูลประกอบการเรียนจากศูนย์บริการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต	1.000	0.624
C6: ส่งงานไปยังอาจารย์ตามที่ได้รับมอบหมาย	1.000	0.749
C7: ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิชาเรียนจากอาจารย์นอกเวลา	1.000	0.694
C8: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมาเตรียมสอบ	1.000	0.715
C9: ค้นคว้าในห้องสมุดดิจิทัล	1.000	0.705
D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์	1.000	0.798
D2: เข้าแข่งขันเกมส์ในอินเทอร์เน็ต	1.000	0.737
D3: ดูหนัง ฟังเพลงทางอินเทอร์เน็ต	1.000	0.679
D4: ใช้อินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับทางเพศ	1.000	0.706
D5: ท่องเว็บไซต์ศึกษาข้อมูลตามความสนใจ	1.000	0.653
D6: สร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นในอินเทอร์เน็ต	1.000	0.723
D7: ค้นหาข้อมูลที่ไม่เหมาะสม	1.000	0.708
E1: ซื้อสินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต	1.000	0.630
E2: ส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือ	1.000	0.571
E3: ส่ง E-card แสดงความยินดีในโอกาสต่าง ๆ	1.000	0.584
E4: เสนอข่าวสารและความคิดเห็น	1.000	0.626
E5: ติดต่อสื่อสารกับผู้ที่รู้จักทาง E-Mail	1.000	0.629
F1: บริการเว็ลด์ไวด์เว็บ	1.000	0.555
F2: บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์	1.000	0.632
F3: บริการสนทนาออนไลน์	1.000	0.628
F4: บริการถ่ายโอนแฟ้มหรือดาวน์โหลด	1.000	0.756
F5: บริการใช้เครื่องระยะไกล	1.000	0.698
F6: บริการกลุ่มข่าว	1.000	0.685

## ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

	Initial	Extraction
G1: รับข่าวสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์	1.000	0.659
G2: ติดต่อ สื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น	1.000	0.691
G3: ติดต่อ สื่อสารและรับ-ส่ง E-Mail	1.000	0.766
G4: ติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการเรียนกับอาจารย์ เช่น ส่งการบ้าน ในรูปแบบเพิ่มข้อมูลหรือถาม/ ตอบ	1.000	0.745
H1: เพิ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์	1.000	0.663
H2: เพิ่มข้อมูลความรู้	1.000	0.617
H3: เพิ่มภาพ	1.000	0.771
H4: เพิ่มภาพเคลื่อนไหว	1.000	0.783
H5: เพิ่มเพลง	1.000	0.663
H6: เพิ่มเกมส์	1.000	0.793
I1: เพื่อน	1.000	0.621
I2: อาจารย์	1.000	0.744
I3: ญาติ พี่ น้อง ผู้ปกครอง	1.000	0.717
I4: ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน	1.000	0.739
J1: จำ	1.000	0.744
J2: จดลงกระดาษ	1.000	0.633
J3: พิมพ์ลงกระดาษ	1.000	0.758
J4: บันทึกเพิ่มข้อมูลลงฮาร์ดดิสก์	1.000	0.705
J5: บันทึกเพิ่มข้อมูลลงฮาร์ดดิสก์แล้วนำไปพิมพ์ลงกระดาษ	1.000	0.721
J6: บันทึกตำแหน่งเว็บไซต์	1.000	0.625
K1: นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา	1.000	0.747
K2: นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะให้กับตนเอง	1.000	0.789
K3: นำข่าวสารไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	1.000	0.757
K4: ค้นหาความรู้เพิ่มเติม	1.000	0.702

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ค่าการร่วมเริ่มแรกก่อนการสกัด (Initial Commuality) ที่ได้จากวิธี Principal Component Analysis (PCA) ของทุกตัวแปรเป็น 1 เพราะว่าการสกัดจะใช้ตัวแปรทุกตัวอธิบายตัวแปรนั้น แต่เมื่อสกัดองค์ประกอบแล้ว พบว่า ค่าการร่วมของตัวแปรทุกตัวลดลง เช่น ค่าการร่วมของตัวแปร A1: ที่บ้านตนเอง/ ห้องเช่าที่อาศัยอยู่ เท่ากับ 0.627 (หลังจากสกัดองค์ประกอบ) หมายความว่า องค์ประกอบรวมสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปร A1: ที่บ้านตนเอง/ ห้องเช่าที่อาศัยอยู่ ได้ร้อยละ 62.7 ค่าการร่วมของตัวแปร D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.798 และค่าการร่วมของตัวแปร F1: บริการเว็ลด์ไวลด์เว็บมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.555

## ขั้นตอนที่ 2 การสกัดองค์ประกอบ

การสกัดองค์ประกอบ (Factor Extraction) เป็นการระบุจำนวนองค์ประกอบที่จำเป็นในการเป็นตัวแทนข้อมูล

### 2.1 การสกัดองค์ประกอบ โดยใช้วิธี Principal Component Analysis (PCA)

ตารางที่ 4-5 ค่า Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	11.963	20.275	20.275	11.963	20.275	20.275	4.059	6.880	6.880
2	3.835	6.499	26.775	3.835	6.499	26.775	3.366	5.705	12.585
3	3.010	5.101	31.875	3.010	5.101	31.875	2.983	5.055	17.640
4	2.765	4.686	36.562	2.765	4.686	36.562	2.945	4.992	22.632
5	2.429	4.118	40.679	2.429	4.118	40.679	2.663	4.514	27.147
6	2.262	3.835	44.514	2.262	3.835	44.514	2.561	4.341	31.487
7	1.799	3.049	47.563	1.799	3.049	47.563	2.486	4.214	35.701
8	1.721	2.916	50.479	1.721	2.916	50.479	2.464	4.176	39.877
9	1.588	2.692	53.171	1.588	2.692	53.171	2.459	4.168	44.044
10	1.430	2.424	55.595	1.430	2.424	55.595	2.360	4.000	48.045
11	1.372	2.326	57.921	1.372	2.326	57.921	2.334	3.957	52.001
12	1.307	2.215	60.136	1.307	2.215	60.136	2.249	3.811	55.813
13	1.296	2.197	62.333	1.296	2.197	62.333	2.142	3.630	59.443

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
14	1.189	2.015	64.347	1.189	2.015	64.347	1.824	3.091	62.533
15	1.122	1.902	66.249	1.122	1.902	66.249	1.563	2.649	65.183
16	1.077	1.825	68.074	1.077	1.825	68.074	1.413	2.395	67.578
17	1.014	1.718	69.792	1.014	1.718	69.792	1.307	2.215	69.792
18	0.970	1.644	71.436						
19	0.935	1.585	73.021						
20	0.897	1.521	74.542						
21	0.821	1.391	75.933						
22	0.815	1.381	77.313						
23	0.803	1.362	78.675						
24	0.787	1.334	80.009						
25	0.724	1.227	81.237						
26	0.663	1.123	82.360						

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
27	0.624	1.058	83.418						
28	0.590	1.001	84.418						
29	0.573	0.972	85.390						
30	0.539	0.913	86.304						
31	0.512	0.868	87.172						
32	0.493	0.836	88.008						
33	0.465	0.788	88.796						
34	0.452	0.766	89.562						
35	0.442	0.750	90.312						
36	0.414	0.701	91.013						
37	0.391	0.662	91.675						
38	0.367	0.623	92.298						

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
39	0.354	0.601	92.899						
40	0.345	0.584	93.483						
41	0.337	0.571	94.054						
42	0.315	0.533	94.588						
43	0.280	0.475	95.062						
44	0.277	0.470	95.532						
45	0.262	0.444	95.976						
46	0.245	0.415	96.391						
47	0.236	0.401	96.791						
48	0.229	0.388	97.179						
49	0.214	0.363	97.542						
50	0.209	0.354	97.897						

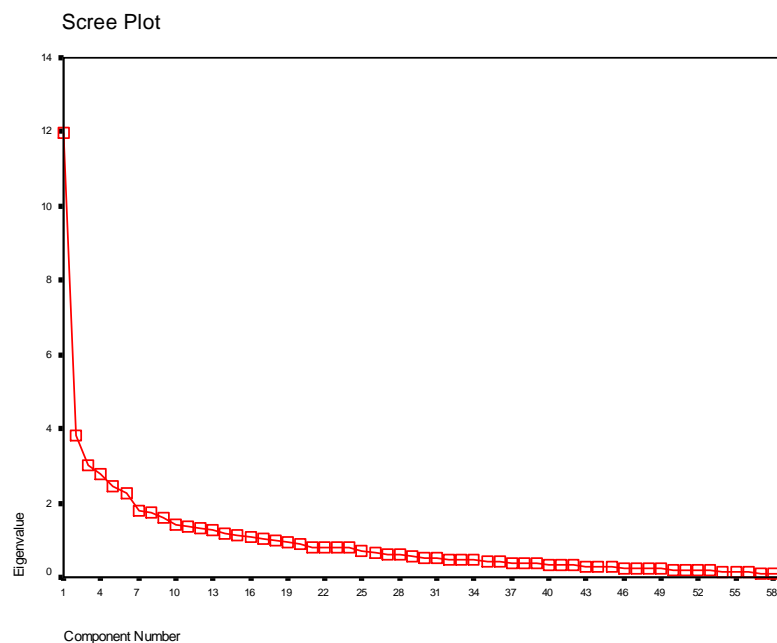
ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
51	0.188	0.319	98.216						
52	0.176	0.298	98.514						
53	0.169	0.287	98.801						
54	0.154	0.261	99.062						
55	0.135	0.229	99.290						
56	0.118	0.200	99.491						
57	0.113	0.192	99.683						
58	0.106	0.179	99.862						
59	0.082	0.138	100.000						



จากตารางที่ 4-5 แสดงค่าสถิติแต่ละองค์ประกอบทั้งก่อนและหลังการสกัดองค์ประกอบ โดยวิธี Principal Component Analysis (PCA) ในการสกัดองค์ประกอบ ซึ่งมีจำนวนองค์ประกอบทั้งหมด 59 ตัวแปร และพบว่า องค์ประกอบ 1 – 17 มีค่า Eigenvalue มากกว่า 1 แสดงว่ามีทั้งหมด 17 องค์ประกอบ และมีองค์ประกอบที่ 1 มีความสำคัญที่สุดเนื่องจากมีความแปรปรวนสูงสุด

**2.2 Scree Plot** เป็นการ Plot ค่าความแปรปรวนรวมของแต่ละองค์ประกอบ (ค่าไอเกน) แสดงดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 ค่าไอเกน (Eigenvalue) ของแต่ละองค์ประกอบ

ค่าองค์ประกอบที่นำไปใช้วิเคราะห์ต่อ พิจารณาได้จากค่าไอเกน (Eigenvalue) ที่มีค่ามากกว่า 1 จำนวน 17 องค์ประกอบ แสดงดังภาพที่ 4-1

ตารางที่ 4-6 ค่า Component Matrix<sup>a</sup>

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
G2: ติดต่อ สื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น	0.712																
G1: รับข่าวสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์	0.700																
G3: ติดต่อ สื่อสารและรับ-ส่ง E-Mail	0.660																
H4: เพิ่มภาพเคลื่อนไหว	0.616							-0.453									
H2: เพิ่มข้อมูลความรู้	0.608																
K3: นำข่าวสารไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	0.592																
H1: เพิ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์	0.586																
G4: ติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการเรียนกับอาจารย์ เช่น ส่งการบ้านในรูปแบบ เพิ่มข้อมูลหรือถาม/ตอบ	0.583																
H3: เพิ่มภาพ	0.569							-0.317					-0.323				
K2: นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะให้กับตนเอง	0.557	0.352					0.311										
H6: เพิ่มเกมส์	0.545	-0.447															
C3: ศึกษาแผนการสอนของวิชาเรียนเพื่อเตรียมตัวก่อนเข้าเรียนจากบทเรียน ออนไลน์	0.544	0.418															
E4: เสนอข่าวสารและความคิดเห็น (Usenet, Web Board)	0.540																

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
K1: นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา	0.528	0.519															
H5: เพิ่มเพลง	0.524							-0.33									
C7: ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิชาเรียนจากอาจารย์นอกเวลา	0.512	0.353	-0.341														
K4: ค้นหาความรู้เพิ่มเติม	0.712	0.336			-0.346												
C6: ส่งงานไปยังอาจารย์ตามที่ได้รับมอบหมาย(แนบไฟล์กับ E-Mail)	0.506			-0.418			-0.323										
C4: ศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนด้วยตนเองจากเว็บไซต์	0.496	0.372							0.421								
D2: เข้าแข่งขันเกมส์ในอินเทอร์เน็ต	0.495																-0.322
F6: บริการกลุ่มข่าว (Newsgroup)	0.493																
F3: บริการสนทนาออนไลน์ (Talk/ Chat)	0.491	-0.304															
D3: ดูหนัง ฟังเพลงทางอินเทอร์เน็ต	0.491																
J1: จำ	0.482		-0.390														0.325
F5: บริการใช้เครื่องระยะไกล (Telnet)	0.481																0.319
F2: บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail)	0.475		-0.398					-0.303									

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
E5: ติดต่อสื่อสารกับผู้รู้จักทาง E-Mail	0.459			0.367													
C5: ค้นคว้าข้อมูลประกอบการเรียนจากศูนย์บริการสืบค้น ข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต	0.438	0.373															
J6: บันทึกตำแหน่งเว็บไซต์	0.430				-0.338												
D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์	0.429	-0.406			0.420												
F4: บริการถ่ายโอนแฟ้ม (FTP) หรือดาวน์โหลด	0.427					0.360		-0.309									
E3: ส่ง E-card แสดงความยินดีในโอกาสต่าง ๆ	0.415			0.406													
C8: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมาเตรียมสอบ	0.398							0.325	0.329								
A4: ที่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตของเอกชน	0.377												0.340				-0.306
E1: ซื้อสินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต	0.375					0.316				0.309							
D4: ใช้อินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับทางเพศ	0.365	-0.509		-0.355													
C2: ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตเพื่อมา ประกอบการเรียน	0.453	0.466		-0.306		0.380											
D6: สร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นในอินเทอร์เน็ต	0.400	-0.460															
D7: ค้นหาข้อมูลที่ไม่เหมาะสม		-0.442								0.300							

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
C1: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตเพื่อประกอบการทำแบบฝึกหัดและรายงาน		0.386	0.316		0.317	0.384											
J3: พิมพ์ลงกระดาษ			0.450									0.332					
J4: บันทึกเพิ่มข้อมูล (Download) ลงฮาร์ดดิสก์	0.398		0.429									-0.324					
J5: บันทึกเพิ่มข้อมูล (Download) ลงฮาร์ดดิสก์แล้วนำไปพิมพ์ลงกระดาษ (Print)	0.344		0.420					-0.361									
F1: บริการเว็ลด์ไวด์เว็บ (WWW)	0.347		0.387														
C9: ค้นคว้าในห้องสมุดดิจิทัล	0.359		-0.370					-0.316		0.366							
I3: ญาติ พี่ น้อง ผู้ปกครอง	0.383			0.573													
B3: ใช้ร่วมกับผู้ปกครอง				0.425	0.417												
A3: ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย				-0.367	0.350												
B2: ใช้ร่วมกับญาติ / พี่น้อง				0.426	0.536												
B1: ใช้ร่วมกับเพื่อน					0.460												-0.351
A2: ที่บ้านเพื่อน	0.366				0.420	-0.303											
A1: ที่บ้านตนเอง/ ห้องเช่าที่อาศัยอยู่				0.366		0.477											

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I2: อาจารย์	0.350						-0.387		-0.311								-0.343
I1: เพื่อน	0.364		0.311	0.323				0.375									
J2: จดลงกระดาษ	0.319								-0.441								
E2: ส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือ	0.338													0.354			
I4: ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน		-0.334					-0.415										-0.417
B4: ใช้อินเทอร์เน็ตตามลำพัง							0.312						-0.420				0.433
D5: ท่องเว็บไซต์ศึกษาข้อมูลตามความสนใจ			0.323				0.322										-0.344

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a 17 components extracted.

จากตารางที่ 4-6 เป็นค่าแสดงสถิติของแต่ละองค์ประกอบ ทั้งก่อนและหลังการการ สกัดองค์ประกอบ ซึ่งจำนวนองค์ประกอบทั้งหมดมี 59 องค์ประกอบ ส่วนค่าร้อยละของความ แปรปรวน (% of Variance) แต่ละองค์ประกอบ พิจารณาจากค่าร้อยละของความแปรปรวนทั้งหมด ขององค์ประกอบที่ได้เท่ากับ 69.792%

### ขั้นตอนที่ 3 การหมุนแกน

การหมุนแกน (Factor Rotation) เป็นการแปลงองค์ประกอบให้อยู่ในโครงสร้างที่มีความ หมายและง่ายต่อการแปลความหมายขององค์ประกอบ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้วิธีหมุน แกนแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation)

**3.1 หมุนแกนด้วยวิธี Varimax** เป็นวิธีหมุนแกนที่องค์ประกอบต่าง ๆ เป็นอิสระ กัน พยายามให้ตัวแปรมีน้ำหนักสูงสุดอยู่องค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งเพียงองค์ประกอบเดียว



ตารางที่ 4-7 ค่า Rotated Component Matrix

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
K2: นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะให้กับตนเอง	0.809																
K4: ค้นหาความรู้เพิ่มเติม	0.737																
K3: นำข่าวสารไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	0.693	0.337															
K1: นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา	0.666																
J6: บันทึกตำแหน่งเว็บไซต์	0.809	0.809		0.402													
J1: จำ	0.426												0.386	0.318			
H3: เพิ่มภาพ		0.793															
H4: เพิ่มภาพเคลื่อนไหว		0.761															
H5: เพิ่มเพลง		0.669															
H2: เพิ่มข้อมูลความรู้	0.399	0.476															
D3: ดูหนัง ฟังเพลงทางอินเทอร์เน็ต		0.430			0.368		0.390										
G1: รับข่าวสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์		0.353		0.333									0.321				
C8: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมาเตรียมสอบ			0.794														



ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
C9: ค้นคว้าในห้องสมุดดิจิทัล			0.722														
C7: ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิชาเรียนจากอาจารย์นอกเวลา	0.319		0.569														
C4: ศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนด้วยตนเองจากเว็บไซต์			0.525														
C3: ศึกษาแผนการสอนของวิชาเรียนเพื่อเตรียมตัวก่อนเข้าเรียนจาก บทเรียนออนไลน์	0.303		0.464														
F2: บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail)			0.362	0.313													
C6: ส่งงานไปยังอาจารย์ตามที่ได้รับมอบหมาย (แนบไฟล์ กับ E-Mail)				0.692													
G4: ติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการเรียนกับอาจารย์ เช่น ส่งการบ้าน ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลหรือถาม/ ตอบ				0.692													
G3: ติดต่อ สื่อสารและรับ-ส่ง E-Mail				0.597								0.413					
I1: เพื่อน					0.715												
F1: บริการเว็ลด์ไวด์เว็บ (WWW)					0.623												
F3: บริการสนทนาออนไลน์ (Talk/ Chat)					0.577												
I4: ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน						0.719										0.343	
D4: ใช้อินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับทางเพศ						0.674											

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
D7: ค้นหาข้อมูลที่ไม่เหมาะสม						0.599		0.392									
D6: สร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นในอินเทอร์เน็ต					0.371	0.593											
C1: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตเพื่อประกอบการทำแบบฝึกหัดและรายงาน							0.780										
C2: ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตเพื่อมาประกอบการเรียน	0.337						0.704										
D5: ท่องเว็บไซต์ศึกษาข้อมูลตามความสนใจ							0.512										-0.319
C5: ค้นคว้าข้อมูลประกอบการเรียนจากศูนย์บริการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต							0.422	0.307									
D2: เข้าแข่งขันเกมส์ในอินเทอร์เน็ต								0.776									
D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์				0.312				0.660									
E4: เสนอข่าวสารและความคิดเห็น (Usenet, Web Board)								0.480				0.373					
H6: เพิ่มเกมส์		0.412					0.381	0.447									
B3: ใช้ร่วมกับผู้ปกครอง									0.822								
B2: ใช้ร่วมกับญาติ/ พี่น้อง									0.774								
I3: ญาติ พี่ น้อง ผู้ปกครอง									0.495		0.327						

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
F4: บริการถ่ายโอนแฟ้ม (FTP) หรือดาวน์โหลด										0.753							
F5: บริการใช้เครื่องระยะไกล (Telnet)										0.644							
A1: ที่บ้านตนเอง /ห้องเช่าที่อาศัยอยู่					0.363					0.428							
H1: แฟ้มโปรแกรมคอมพิวเตอร์				0.422		0.309				0.426							
J3: พิมพ์ลงกระดาษ											0.778						
J5: บันทึกแฟ้มข้อมูล (Download) ลงฮาร์ดดิสก์แล้วนำไปพิมพ์ ลงกระดาษ (Print)											0.771						
J4: บันทึกแฟ้มข้อมูล (Download) ลงฮาร์ดดิสก์											0.577						
J2: จดลงกระดาษ	0.374										0.419		0.390				
E5: ติดต่อสื่อสารกับผู้ที่รู้จักทาง E-Mail												0.643					
F6: บริการกลุ่มข่าว (Newsgroup)										0.493		0.526					
G2: ติดต่อ สื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น	0.343			0.351								0.413					
E2: ส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือ													0.666				
E1: ซื้อสินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต									0.346					0.570			

ตารางที่ 4-7 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
E3: ส่ง E-card แสดงความยินดีในโอกาสต่าง ๆ												0.308	0.524				
A2: ที่บ้านเพื่อน														0.642			
A3: ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย														0.607	-0.327		
B1: ใช้ร่วมกับเพื่อน							0.318							0.493			
I2: อาจารย์															0.755		
B4: ใช้อินเทอร์เน็ตตามลำพัง																0.780	
A4: ที่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตของเอกชน																	0.737

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a Rotation converged in 25 iterations.

จากตารางที่ 4-7 พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในแต่ละข้อจำนวน 59 ข้อ มีจำนวนองค์ประกอบ 17 องค์ประกอบ เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบตามเกณฑ์ นั่นคือ คัดเลือกข้อที่มีน้ำหนักองค์ประกอบที่มีค่าตั้งแต่ 0.30 ข้อใดมีน้ำหนักอยู่บนองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบพิจารณาเลือก ค่าน้ำหนักสูงสุดจากองค์ประกอบนั้น รายละเอียดดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ K2: นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะให้กับตนเอง K4: ค้นหาความรู้เพิ่มเติม K3: นำข่าวสารไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็น K1: นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา J6: บันทึกตำแหน่งเว็บไซต์ และ J1: จำ

องค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ H3: เพิ่มภาพ H4: เพิ่มภาพเคลื่อนไหว H5: เพิ่มเพลง H2: เพิ่มข้อมูลความรู้ D3: ดูหนัง ฟังเพลงทางอินเทอร์เน็ต และ G1: รับข่าวสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์

องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วย 6 ตัวแปร ได้แก่ C8: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมาเตรียมสอบ C9: ค้นคว้าในห้องสมุดดิจิทัล C7: ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิชาเรียนจากอาจารย์นอกเวลา C4: ศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนด้วยตนเองจากเว็บไซต์ C3: ศึกษาแผนการสอนของวิชาเรียนเพื่อเตรียมตัวก่อนเข้าเรียนจากบทเรียนออนไลน์ และ F2: บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

องค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ C6: ส่งงานไปยังอาจารย์ตามที่ได้รับมอบหมาย G4: ติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการเรียนกับอาจารย์ เช่น ส่งการบ้านในรูปแบบเพิ่มข้อมูลหรือถาม /ตอบ และ G3: ติดต่อสื่อสารและรับ-ส่ง E-Mail

องค์ประกอบที่ 5 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ I1: เพื่อน F1: บริการเว็ลด์ไวด์เว็บ และ F3: บริการสนทนาออนไลน์

องค์ประกอบที่ 6 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ I4: ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน D4: ใช้อินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับทางเพศ D7: ค้นหาข้อมูลที่ไม่เหมาะสม และ D6: สร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นในอินเทอร์เน็ต

องค์ประกอบที่ 7 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ C1: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตเพื่อประกอบการทำแบบฝึกหัดและรายงาน C2: ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตเพื่อมาประกอบการเรียน D5: ท่องเว็บไซต์ศึกษาข้อมูลตามความสนใจ และ C5: ค้นคว้าข้อมูลประกอบการเรียนจากศูนย์บริการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

องค์ประกอบที่ 8 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ D2: เข้าแข่งขันเกมส์ในอินเทอร์เน็ต D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์ E4: เสนอข่าวสารและความคิดเห็น และ H6: เพิ่มเกมส์

องค์ประกอบที่ 9 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ B3: ใช้ร่วมกับผู้ปกครอง B2: ใช้ร่วมกับญาติ /พี่น้อง และ I3: ญาติ พี่ น้อง ผู้ปกครอง

องค์ประกอบที่ 10 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ F4: บริการถ่ายโอนแฟ้มหรือดาวน์โหลด  
F5: บริการใช้เครื่องระยะไกล A1: ที่บ้านตนเอง/ ห้องเช่าที่อาศัยอยู่ และ H1: เพิ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์

องค์ประกอบที่ 11 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ J3: พิมพ์ลงกระดาษ J5: บันทึกเพิ่มข้อมูล  
ลงฮาร์ดดิสก์แล้วนำไปพิมพ์ลงกระดาษ J4: บันทึกเพิ่มข้อมูลลงฮาร์ดดิสก์ และ J2: จดลงกระดาษ

องค์ประกอบที่ 12 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ E5: ติดต่อสื่อสารกับผู้ที่รู้จักทาง E-Mail  
F6: บริการกลุ่มข่าว และ G2: ติดต่อ สื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น

องค์ประกอบที่ 13 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ E2: ส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือ E1: ซื้อ  
สินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต และ E3: ส่ง E-card แสดงความยินดีในโอกาสต่าง ๆ

องค์ประกอบที่ 14 ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ A2: ที่บ้านเพื่อน A3: ที่ห้องปฏิบัติการ  
คอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย และ B1: ใช้ร่วมกับเพื่อน

องค์ประกอบที่ 15 มี 1 ตัวแปร ได้แก่ I2: อาจารย์

องค์ประกอบที่ 16 มี 1 ตัวแปร ได้แก่ B4: ใช้อินเทอร์เน็ตตามลำพัง

องค์ประกอบที่ 17 มี 1 ตัวแปร ได้แก่ A4: ที่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตของเอกชน





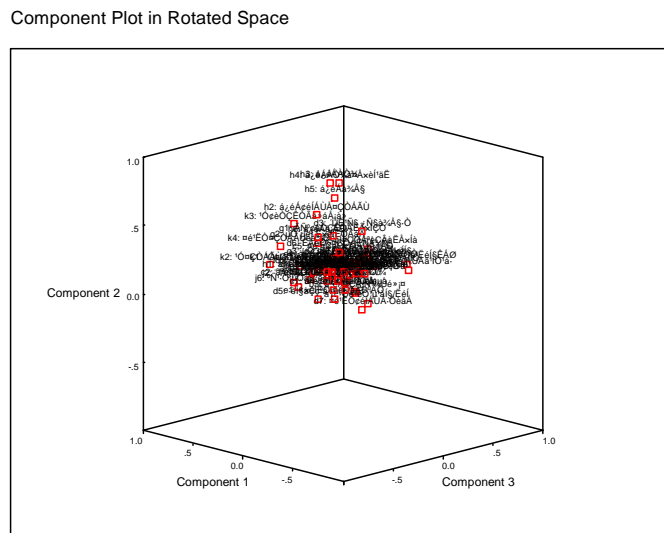
ตารางที่ 4-8 ค่า Component Transformation Matrix

Component	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.423	0.396	0.286	0.340	0.215	0.229	0.171	0.263	0.176	0.259	0.168	0.240	0.215	0.153	0.088	0.071	0.055
2	0.424	-0.147	0.308	-0.009	-0.339	-0.447	0.374	-0.334	0.164	-0.209	0.213	-0.098	0.012	-0.043	0.080	0.050	-0.016
3	0.069	0.210	-0.459	-0.139	0.415	-0.132	0.257	-0.116	-0.117	-0.132	0.500	0.179	-0.300	-0.006	-0.166	0.110	-0.100
4	-0.159	0.011	0.146	-0.382	0.344	-0.224	-0.243	-0.192	0.517	0.107	0.033	0.300	0.247	-0.201	0.198	-0.115	-0.138
5	-0.455	0.101	-0.088	0.126	0.044	-0.120	0.319	0.176	0.504	-0.165	0.020	-0.315	-0.017	0.457	0.085	-0.017	0.113
6	-0.105	-0.367	-0.189	0.253	0.149	-0.204	0.443	0.101	0.018	0.353	-0.292	0.099	0.203	-0.256	-0.131	0.293	-0.235
7	0.427	0.048	-0.311	-0.409	-0.087	0.211	0.086	0.206	0.344	-0.212	-0.300	-0.102	0.186	-0.042	-0.387	-0.012	-0.001
8	0.104	-0.580	0.190	0.010	0.442	0.241	-0.027	0.184	-0.075	-0.278	0.310	-0.295	0.207	0.023	0.028	-0.095	-0.097
9	-0.133	-0.069	0.530	-0.172	0.148	0.232	0.088	-0.166	0.100	0.000	-0.154	0.107	-0.422	0.138	-0.424	0.363	-0.039
10	-0.329	0.017	0.095	-0.426	-0.367	0.301	0.348	0.180	-0.133	0.088	0.376	0.137	0.277	-0.160	0.084	0.142	0.082
11	0.111	0.031	-0.085	-0.245	0.113	0.274	0.254	-0.479	-0.134	0.408	-0.143	-0.290	0.059	0.329	0.223	-0.204	-0.213
12	0.003	-0.024	-0.148	0.146	-0.200	0.056	-0.398	-0.179	0.259	0.357	0.421	-0.347	0.126	0.003	-0.293	0.345	-0.102
13	0.078	-0.438	-0.183	0.115	-0.138	0.251	0.075	-0.059	0.326	0.251	0.140	0.293	-0.364	-0.038	0.016	-0.350	0.365
14	-0.113	-0.061	-0.113	0.207	0.042	0.116	-0.002	-0.491	-0.090	-0.282	-0.051	0.320	0.505	0.240	-0.226	0.073	0.332
15	0.029	-0.047	0.140	-0.257	0.136	-0.451	-0.014	0.193	-0.229	0.374	0.059	-0.095	0.123	0.221	-0.379	-0.223	0.435
16	0.085	-0.261	-0.087	-0.113	-0.235	-0.133	-0.171	0.218	-0.051	0.007	0.053	0.412	0.011	0.622	0.046	0.077	-0.429
17	0.184	-0.147	-0.148	-0.210	0.133	-0.038	-0.113	0.036	-0.014	0.037	-0.118	-0.053	-0.078	0.103	0.474	0.613	0.458



จากตารางที่ 4-8 เป็นการแสดงค่า Rotation Matrix ที่ใช้ในการหมุนแกนองค์ประกอบเพื่อเปลี่ยนค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ในตารางที่ 4-6 ให้เป็นค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ใหม่ในตารางที่ 4-7 โดยการหมุนแกนด้วยวิธี Varimax

### 3.2 Factor Loading Plots เป็นการพล็อตตัวแปรโดยใช้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบเป็นจุดรวม



ภาพที่ 4-2 ค่า Factor Loading ของแต่ละองค์ประกอบ

จากภาพที่ 4-2 เป็นการแสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของแต่ละองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบทั้ง 59 ตัวแปรสามารถจัดให้อยู่ในองค์ประกอบต่างๆ ได้ (ภายในองค์ประกอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กัน)

#### ขั้นตอนที่ 4 คะแนนองค์ประกอบ

คะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) เป็นการรวมกันเชิงเส้นตรงของตัวแปรต่าง ๆ เพื่อประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบ

ตารางที่ 4-9 ค่า Component Score Coefficient Matrix

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A1: ที่บ้านตนเอง /ห้องเช่าที่อาศัยอยู่	-0.043	-0.034	0.079	-0.036	0.165	-0.103	0.035	0.052	0.068	0.228	-0.051	-0.189	0.038	-0.060	-0.032	0.015	-0.179
A2: ที่บ้านเพื่อน	0.031	-0.080	-0.001	-0.145	0.018	0.023	-0.033	0.025	0.063	0.004	0.017	-0.008	0.053	0.398	0.026	-0.012	0.035
A3: ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัย	-0.052	-0.015	0.024	0.105	-0.064	-0.082	-0.054	-0.025	-0.011	0.004	0.064	0.054	-0.016	0.373	-0.259	0.022	-0.009
A4: ที่ศูนย์บริการอินเทอร์เน็ตของเอกชน	-0.009	-0.004	0.030	-0.029	0.014	0.057	0.043	-0.027	0.114	-0.014	-0.032	0.002	-0.060	-0.013	-0.074	0.011	0.565
B1: ใช้ร่วมกับเพื่อน	-0.114	0.010	0.037	0.004	0.088	0.007	0.170	0.050	-0.102	-0.078	0.001	0.050	-0.083	0.251	0.110	-0.165	-0.007
B2: ใช้ร่วมกับญาติ /พี่น้อง	0.016	-0.012	-0.076	-0.009	0.032	-0.012	0.038	0.039	0.348	-0.024	-0.061	-0.020	-0.063	0.026	0.018	-0.134	0.005
B3: ใช้ร่วมกับผู้ปกครอง	-0.018	-0.069	-0.015	0.063	-0.036	-0.024	-0.072	-0.003	0.385	0.014	0.014	-0.012	0.001	-0.037	-0.091	0.042	0.115
B4: ใช้อินเทอร์เน็ตตามลำพัง	-0.037	0.061	0.001	-0.044	0.089	-0.005	0.022	-0.010	-0.067	-0.074	-0.023	-0.084	0.074	-0.045	0.093	0.588	0.054
C1: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตเพื่อประกอบการทำแบบฝึกหัด และรายงาน	-0.058	-0.006	-0.036	0.002	0.075	-0.060	0.353	-0.082	-0.053	0.009	-0.049	0.026	0.044	0.028	0.011	0.000	0.155
C2: ใช้ความรู้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ในอินเทอร์เน็ตเพื่อมาประกอบการเรียน	0.047	-0.042	-0.073	0.026	-0.052	-0.010	0.273	-0.006	-0.003	-0.009	-0.067	0.020	0.029	0.029	0.058	0.082	0.044
C3: ศึกษาแผนการสอนของวิชาเรียนเพื่อเตรียมตัวก่อนเข้าเรียนจากบทเรียนออนไลน์	0.015	-0.030	0.118	0.012	-0.115	0.025	0.020	-0.065	0.058	-0.022	-0.016	0.073	0.008	0.160	0.008	0.099	-0.130

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
C4: ศึกษาเนื้อหาวิชาเรียนด้วยตนเองจากเว็บไซต์	-0.007	-0.021	0.179	-0.070	-0.173	0.113	0.073	-0.010	0.092	0.087	0.020	0.017	-0.100	0.002	-0.071	0.174	-0.088
C5: ค้นคว้าข้อมูลประกอบการเรียนจากศูนย์บริการสืบค้นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต	0.015	0.065	0.069	-0.09	-0.176	-0.001	0.159	0.189	0.045	-0.027	-0.005	-0.024	-0.010	-0.047	-0.007	0.044	-0.161
C6: ส่งงานไปยังอาจารย์ตามที่ได้รับมอบหมาย (แนบไฟล์ กับ E-Mail)	-0.072	0.000	0.051	0.288	-0.033	0.013	0.043	-0.050	-0.020	0.076	0.036	-0.161	-0.018	-0.060	-0.011	0.011	-0.004
C7: ขอความช่วยเหลือเกี่ยวกับวิชาเรียนจากอาจารย์นอกเวลา	0.015	0.051	0.183	0.097	0.007	0.084	-0.034	-0.102	0.081	-0.095	0.025	-0.122	0.038	-0.173	0.004	-0.051	-0.004
C8: ใช้ข้อมูลในอินเทอร์เน็ตมาเตรียมสอบ	-0.053	-0.032	0.378	-0.045	0.101	-0.034	0.012	0.057	-0.082	-0.034	0.051	-0.071	-0.004	-0.036	-0.114	-0.089	-0.018
C9: ค้นคว้าในห้องสมุดดิจิทัล	-0.041	-0.024	0.308	-0.033	0.065	-0.074	-0.060	-0.022	-0.069	-0.031	-0.085	0.101	-0.096	0.082	0.051	0.061	0.160
D1: เล่นเกมส์คอมพิวเตอร์	-0.031	0.017	-0.111	0.100	0.062	-0.063	-0.016	0.318	0.120	-0.069	0.019	-0.095	-0.053	-0.054	0.016	-0.027	-0.058
D2: เข้าแข่งขันเกมส์ในอินเทอร์เน็ต	0.005	-0.036	0.042	-0.105	-0.015	-0.082	-0.030	0.432	-0.037	-0.035	0.034	-0.030	-0.041	0.055	0.066	0.045	-0.019
D3: ดูหนัง ฟังเพลงทางอินเทอร์เน็ต	-0.115	0.185	0.101	-0.046	0.129	0.117	0.220	0.027	0.002	-0.053	0.018	-0.165	-0.041	-0.138	-0.003	-0.122	-0.140
D4: ใช้อินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับทางเพศ	-0.024	-0.073	0.003	0.024	-0.019	0.283	0.035	0.014	-0.062	0.009	-0.037	-0.005	0.039	-0.002	-0.052	0.024	0.036
D5: ท่องเว็บไซต์ศึกษาข้อมูลตามความสนใจ	0.024	-0.048	0.010	-0.039	-0.045	0.140	0.269	0.025	0.023	-0.063	-0.010	0.165	-0.057	-0.115	-0.183	-0.158	-0.252
D6: สร้างความสัมพันธ์กับผู้อื่นในอินเทอร์เน็ต	-0.015	0.056	-0.001	-0.097	0.084	0.291	0.007	-0.155	0.041	-0.013	-0.010	0.053	-0.023	0.053	-0.029	-0.026	-0.140

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
D7: ค้นหาข้อมูลที่ไม่เหมาะสม	-0.062	-0.133	0.066	-0.052	-0.002	0.250	0.087	0.120	-0.016	0.032	0.020	-0.027	0.032	-0.074	-0.125	0.018	0.169
E1: ซื้อสินค้าและบริการทางอินเทอร์เน็ต	-0.014	-0.095	-0.063	-0.096	-0.036	0.003	0.041	0.126	-0.127	0.037	-0.015	0.081	0.318	0.053	0.001	0.113	0.069
E2: ส่งข้อความเข้าโทรศัพท์มือถือ	-0.094	0.054	-0.021	0.056	0.018	-0.001	-0.008	-0.123	0.036	-0.066	-0.003	-0.025	0.388	-0.006	-0.058	0.055	-0.013
E3: ส่ง E-card แสดงความยินดีในโอกาสต่าง ๆ	-0.056	0.022	0.032	0.004	-0.063	-0.012	0.000	0.027	0.052	-0.136	0.031	0.146	0.259	-0.082	0.002	-0.051	-0.107
E4: เสนอข่าวสารและความคิดเห็น (Usenet, Web Board)	0.033	-0.027	0.026	-0.092	-0.034	-0.077	0.010	0.257	-0.051	0.040	0.002	0.158	-0.004	-0.091	0.012	-0.152	0.104
E5: ติดต่อสื่อสารกับผู้ที่รู้จักทาง E-Mail	-0.090	-0.002	0.029	-0.017	0.055	0.003	0.063	-0.076	-0.027	-0.040	-0.042	0.332	0.032	0.020	0.042	0.012	0.003
F1: บริการเว็ลด์ไวด์เว็บ (WWW)	0.042	-0.048	-0.010	0.035	0.272	-0.038	-0.047	0.003	-0.008	0.007	-0.023	-0.034	-0.110	0.051	-0.032	0.118	0.024
F2: บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Mail)	-0.032	-0.011	0.111	0.086	0.011	-0.128	-0.135	0.050	-0.098	0.065	-0.089	0.086	0.046	0.122	0.075	-0.024	-0.097
F3: บริการสนทนาออนไลน์ (Talk /Chat)	0.093	-0.047	-0.004	-0.131	0.234	-0.062	-0.032	0.048	-0.027	0.094	-0.103	0.007	0.008	0.083	0.019	0.043	-0.009
F4: บริการถ่ายโอนแฟ้ม (FTP) หรือดาวน์โหลด	-0.024	0.005	-0.083	0.052	0.002	-0.045	-0.025	-0.076	0.030	0.405	0.019	-0.020	-0.093	-0.059	-0.036	0.055	0.061
F5: บริการใช้เครื่องระยะไกล (Telnet)	-0.047	0.024	0.086	-0.079	-0.086	0.033	-0.011	-0.016	-0.029	0.360	0.091	-0.080	-0.001	0.023	-0.005	-0.191	-0.072
F6: บริการกลุ่มข่าว (Newsgroup)	0.005	-0.032	-0.073	-0.089	-0.062	-0.061	0.057	0.018	-0.071	0.227	0.021	0.238	0.042	-0.017	0.013	-0.099	0.144
G1: รับข่าวสารหรือวารสารอิเล็กทรอนิกส์	-0.025	0.082	-0.020	0.126	-0.004	0.015	-0.017	-0.081	0.072	0.006	0.031	0.033	0.129	-0.087	-0.144	-0.163	0.057
G2: ติดต่อ สื่อสารและแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น	0.036	0.008	-0.021	0.129	0.009	0.024	-0.048	-0.034	-0.008	-0.075	0.014	0.181	0.038	0.028	-0.140	-0.133	-0.041

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
G3: ติดต่อ สื่อสารและรับ-ส่ง E-Mail	-0.026	-0.022	-0.017	0.288	0.069	-0.020	-0.027	-0.082	0.023	-0.146	-0.024	0.200	-0.029	0.020	-0.002	-0.032	-0.113
G4: ติดต่อสื่อสารเกี่ยวกับการเรียนกับอาจารย์ เช่น ส่งการบ้านในรูปแบบเพิ่มข้อมูลหรือถาม /ตอบ	-0.021	-0.034	-0.027	0.296	0.019	-0.041	0.033	-0.005	-0.010	-0.041	-0.037	-0.024	0.019	-0.089	0.137	-0.062	0.100
H1: เพิ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์	0.036	-0.064	-0.131	0.119	-0.023	0.113	0.043	-0.083	0.048	0.185	-0.017	-0.018	-0.105	0.094	0.080	0.033	-0.002
H2: เพิ่มข้อมูลความรู้	0.086	0.150	-0.013	-0.036	-0.007	-0.058	0.038	-0.066	-0.071	0.065	-0.065	0.017	-0.108	0.081	0.124	0.003	-0.022
H3: เพิ่มภาพ	-0.047	0.373	-0.036	-0.002	0.016	-0.074	-0.009	-0.052	-0.066	-0.006	0.007	-0.150	0.099	-0.103	-0.021	-0.003	0.073
H4: เพิ่มภาพเคลื่อนไหว	-0.059	0.334	0.004	-0.038	-0.124	-0.010	-0.009	-0.039	-0.057	0.032	0.007	-0.025	0.049	-0.062	-0.058	0.059	0.060
H5: เพิ่มเพลง	-0.009	0.270	0.012	-0.082	0.009	-0.086	-0.034	0.036	0.015	-0.061	-0.065	0.057	-0.059	0.061	-0.064	0.047	-0.092
H6: เพิ่มเกมส์	0.020	0.097	-0.124	0.083	-0.133	0.101	-0.138	0.152	0.126	-0.054	-0.028	0.043	-0.110	0.011	0.030	0.119	-0.146
I1: เพื่อน	-0.016	-0.047	0.039	0.002	0.330	0.024	0.023	-0.060	-0.011	-0.099	0.016	-0.027	0.069	-0.067	0.011	0.000	0.097
I2: อาจารย์	-0.013	-0.090	-0.024	0.058	-0.054	0.042	-0.016	0.069	0.018	-0.024	0.041	0.055	-0.055	-0.056	0.517	0.081	-0.067
I3:ญาติ พี่ น้อง ผู้ปกครอง	0.021	-0.082	-0.040	-0.140	0.005	0.053	-0.054	-0.071	0.205	0.061	0.105	0.119	-0.009	0.024	0.148	0.233	-0.003
I4: ผู้ใช้อินเทอร์เน็ตที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน	0.028	0.010	-0.048	0.004	0.004	0.397	-0.033	-0.150	0.010	-0.116	0.020	-0.043	-0.036	-0.055	0.270	0.022	0.016
J1: จำ	0.159	-0.006	-0.007	-0.016	0.036	0.024	-0.069	-0.041	-0.073	0.062	-0.140	-0.195	0.181	0.197	-0.034	-0.002	-0.107
J2: จดลงกระดาษ	0.108	-0.057	-0.148	-0.080	-0.045	0.009	0.028	-0.007	-0.064	-0.016	0.188	-0.078	0.252	0.114	0.087	-0.072	0.105

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

	Component																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
J3: พิมพ์ลงกระดาษ	-0.034	-0.011	-0.036	-0.053	-0.016	-0.022	-0.034	-0.049	-0.005	0.051	0.385	-0.090	0.133	0.122	-0.019	-0.025	-0.075
J4: บันทึกเพิ่มข้อมูล (Download) ลงฮาร์ดดิสก์	0.013	-0.054	0.045	0.023	0.060	-0.023	-0.093	0.091	-0.010	0.042	0.280	-0.024	-0.078	-0.161	-0.147	0.141	0.121
J5: บันทึกเพิ่มข้อมูล (Download) ลงฮาร์ดดิสก์แล้วนำไปพิมพ์ ลงกระดาษ (Print)	-0.071	-0.030	0.039	0.034	-0.081	-0.006	-0.045	0.078	-0.022	0.024	0.383	0.050	-0.099	-0.016	0.028	-0.019	-0.039
J6: บันทึกตำแหน่งเว็บไซต์	0.135	-0.105	-0.041	0.180	-0.005	-0.001	-0.133	0.024	-0.054	-0.110	0.043	0.078	0.078	0.017	-0.191	0.061	-0.099
K1: นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา	0.204	-0.064	0.035	-0.013	0.109	-0.064	0.059	-0.022	-0.049	0.028	0.036	-0.110	-0.065	-0.014	0.074	-0.055	-0.006
K2: นำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาทักษะให้กับตนเอง	0.292	-0.078	-0.064	-0.013	0.037	0.039	-0.020	-0.035	0.076	0.073	0.000	-0.104	-0.079	-0.041	-0.055	-0.061	-0.046
K3: นำข่าวสารไปแลกเปลี่ยนความคิดเห็น	0.238	0.101	0.002	-0.071	0.065	-0.069	-0.032	0.052	-0.025	-0.037	-0.111	-0.108	-0.035	-0.117	0.082	-0.074	0.141
K4: ค้นหาความรู้เพิ่มเติม	0.257	-0.011	-0.038	-0.075	-0.028	-0.030	-0.049	0.024	-0.029	-0.091	-0.073	0.110	-0.064	0.045	0.017	0.100	0.043

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Component Scores.

จากตารางที่ 4-9 แสดงตารางสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (Component Score Coefficient Matrix) ภายในตารางประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบที่ได้จากการประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบด้วยวิธีการถดถอย (Regression)

### ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ

ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณ โดยพิจารณา 2 รูปแบบในวิธีการคัดเลือกตัวแปรเพื่อหาสมการในการพยากรณ์ ได้แก่ แบบปกติและแบบขั้นตอน ผู้วิจัยนำเสนอเป็นตอน ๆ ดังนี้ ตอนที่ 3.1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter Multiple Regression Analysis) และตอนที่ 3.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)

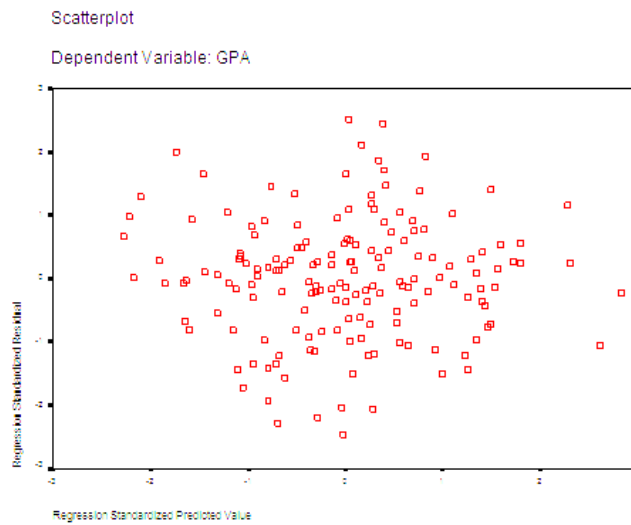
#### ตอนที่ 3.1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์ส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแปรอิสระทุกตัวกับเกรดเฉลี่ยของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยใช้การคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter Multiple Regression Analysis) ซึ่งได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ดังนี้

##### การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ  $\varepsilon_i \sim NID(0, \sigma^2)$  ซึ่งมีความหมายว่า ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์:  $E(\varepsilon_i) = 0$  ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่เป็น  $\sigma^2$ :  $V(\varepsilon_i) = \sigma^2$  ความคลาดเคลื่อนเป็นค่าสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน:  $COV(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$  เมื่อ  $i \neq j$  และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ดังนั้น จากข้อตกลงดังกล่าวผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบปกติ ดังนี้

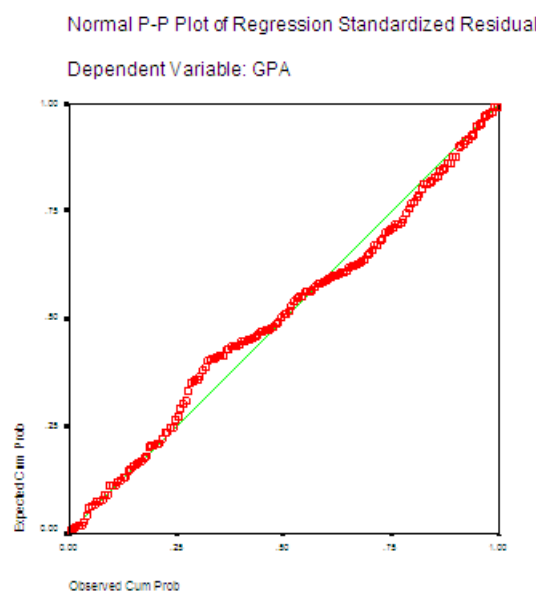
1. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันและมีความแปรปรวนคงที่ จากสมการที่ได้ โดยนำตัวแปรอิสระที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสมการไปแทนค่าหา  $\hat{Y}_i$  และ  $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$  โดยวิเคราะห์ความผิดปกติของค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นอิสระ วิธีแรก ตรวจสอบโดยการเขียนกราฟ Standardized ของคู่ลำดับ  $(\hat{Y}_i, e_i)$  พบว่า จุดต่าง ๆ มีการกระจายอยู่ในแนวเส้นนอนรอบ ๆ ค่าศูนย์อย่างไม่มีแบบแผนของความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 4-3 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกันหรือไม่มี Autocorrelation และตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ได้จากภาพดังกล่าว พบว่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่



ภาพที่ 4-3 การกระจายค่า Standardized ของค่า  $\hat{Y}_i$  กับ  $e_i$  ของวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ

วิธีที่สอง ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกันหรือไม่ มี Autocorrelation จากค่าสถิติ Durbin Watson Test ซึ่งพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.799 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 2.5 นั้นแสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

2. ตรวจสอบการแจกแจงปกติของความคลาดเคลื่อน โดยทำ Normal Probability Plot โดยการเขียนกราฟระหว่าง  $P\left(e_i \leq \frac{i}{n}\right)$  เมื่อ  $i$  เป็นลำดับที่ของ  $e_i$  เมื่อจัดลำดับแล้วกับ  $P\left(Z < \frac{e_i}{\sqrt{MSE}}\right)$  พบว่า จุดต่าง ๆ ที่ได้เป็นแนวทแยงมุม ดังภาพที่ 4-4 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ



ภาพที่ 4-4 Normal Probability Plot ของวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติ



พิจารณาตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ถดถอย พบว่า เมื่อนำตัวแปรอิสระทั้ง 17 ตัวเข้าในสมการ จะได้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) เท่ากับ 0.748 และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R<sup>2</sup>) เท่ากับ 0.560 แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 17 ตัวนั้น อธิบายความแปรปรวนเกรดเฉลี่ยของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติได้เท่ากับ 56.0% สมการพยากรณ์เขียนได้ ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.109 + 0.067(\text{FAC}_1) + 0.109(\text{FAC}_2) - 0.424(\text{FAC}_3)^* - 0.058(\text{FAC}_4) + 0.323(\text{FAC}_5)^* - 0.566(\text{FAC}_6)^* - 0.317(\text{FAC}_7)^* + 0.208(\text{FAC}_8)^* + 0.212(\text{FAC}_9)^* + 0.016(\text{FAC}_{10}) + 0.254(\text{FAC}_{11})^* - 0.257(\text{FAC}_{12})^* - 0.295(\text{FAC}_{13})^* - 0.424(\text{FAC}_{14})^* + 0.050(\text{FAC}_{15}) + 0.170(\text{FAC}_{16}) - 2(\text{FAC}_{17})^* \quad (4-1)$$

\*p < 0.05

$$Z = 0.042Z_{(\text{FAC}_1)} + 0.072Z_{(\text{FAC}_2)} - 0.280Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.039Z_{(\text{FAC}_4)} + 0.201Z_{(\text{FAC}_5)} - 0.362Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.215Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.133Z_{(\text{FAC}_8)} + 0.141Z_{(\text{FAC}_9)} + 0.011Z_{(\text{FAC}_{10})} + 0.168Z_{(\text{FAC}_{11})} - 0.164Z_{(\text{FAC}_{12})} - 0.193Z_{(\text{FAC}_{13})} - 0.277Z_{(\text{FAC}_{14})} + 0.033Z_{(\text{FAC}_{15})} + 0.105Z_{(\text{FAC}_{16})} - 0.164Z_{(\text{FAC}_{17})} \quad (4-2)$$

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบปกติของตัวแปรอิสระ 17 ตัว ที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

ตัวแปรอิสระ	r	b	SE	$\beta$	p	Tolerance	VIF
Constant		3.109	0.168		0.000*		
FAC_1	0.041	0.067	0.086	0.042	0.441	0.995	1.005
FAC_2	0.070	0.109	0.084	0.072	0.195	0.988	1.012
FAC_3	-0.299	-0.424	0.083	-0.280	0.000*	0.994	1.006
FAC_4	-0.050	-0.058	0.081	-0.039	0.474	0.998	1.002
FAC_5	0.196	0.323	0.088	0.201	0.000*	0.999	1.001
FAC_6	-0.368	-0.566	0.087	-0.362	0.000*	0.973	1.027
FAC_7	-0.205	-0.317	0.081	-0.215	0.000*	0.995	1.005
FAC_8	0.112	0.208	0.086	0.133	0.017*	0.983	1.017

ตารางที่ 4-10 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	r	b	SE	$\beta$	p	Tolerance	VIF
FAC_9	0.135	0.212	0.082	0.141	0.011*	0.993	1.007
FAC_10	-0.022	0.016	0.083	0.011	0.843	0.992	1.008
FAC_11	0.144	0.254	0.083	0.168	0.003*	0.996	1.004
FAC_12	-0.200	-0.257	0.086	-0.164	0.003*	0.993	1.007
FAC_13	-0.210	-0.295	0.084	-0.193	0.001*	0.993	1.007
FAC_14	-0.296	-0.424	0.084	-0.277	0.000*	0.994	1.006
FAC_15	-0.001	0.050	0.082	0.033	0.548	0.992	1.008
FAC_16	0.100	0.170	0.088	0.105	0.057	0.994	1.006
FAC_17	-0.161	-0.252	0.084	-0.164	0.003*	0.992	1.008
R		0.748					
R <sup>2</sup>		0.560					
Adjusted R <sup>2</sup>		0.509					
Std. Error of Estimate		0.22032					
F		1.991					
P		0.000					
Durbin-Watson		1.799					

**ตอนที่ 3.2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)**

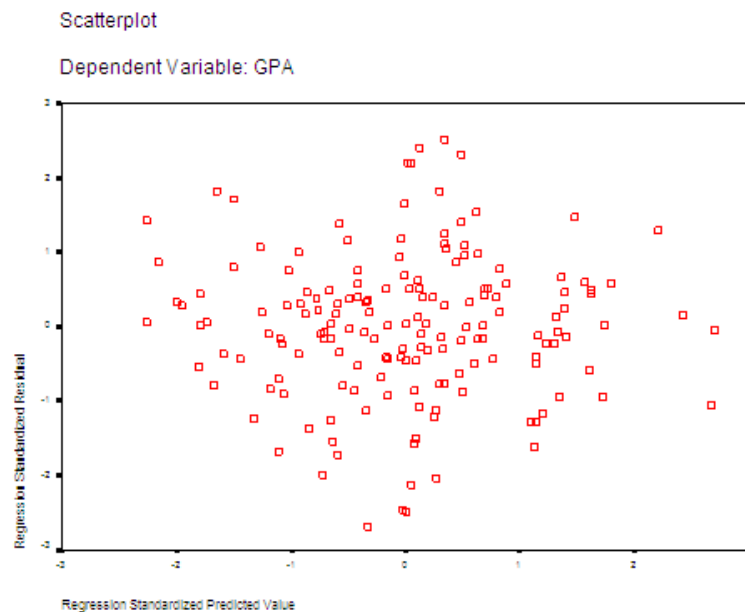
การวิเคราะห์ส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกตัวแปรอิสระที่มีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญกับเกรดเฉลี่ยของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยทำการคัดเลือกตัวแปรด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression) โดยทำการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ดังนี้

**การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis)**

การวิเคราะห์มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ  $\varepsilon_i \sim NID(0, \sigma^2)$  นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นศูนย์:  $E(\varepsilon_i) = 0$  ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่เป็น

$\sigma^2 : V(\varepsilon_i) = \sigma^2$  ความคลาดเคลื่อนเป็นค่าสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน:  $COV(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$  เมื่อ  $i \neq j$  และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบผลการวิเคราะห์ข้อมูลวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ดังนี้

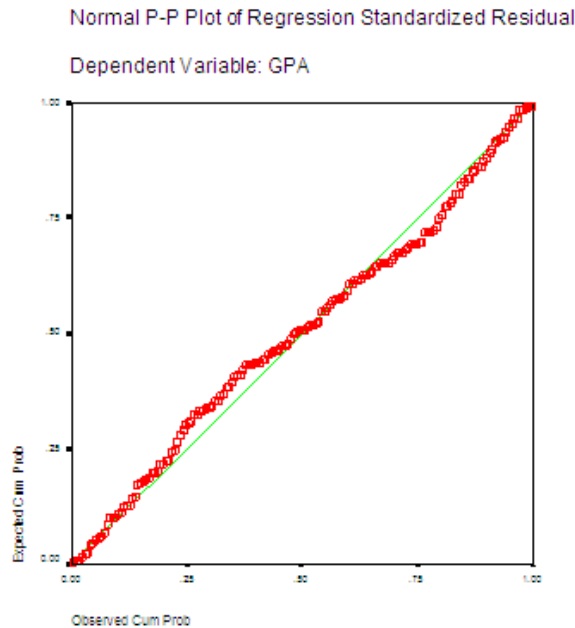
1. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระต่อกันและมีความแปรปรวนคงที่ จากสมการที่ได้ โดยนำตัวแปรอิสระที่ได้รับการคัดเลือกเข้าสมการไปแทนค่าหา  $\hat{Y}_i$  และ  $e_i = Y_i - \hat{Y}_i$  โดยวิเคราะห์ความผิดปกติของค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นอิสระ วิธีแรกตรวจสอบโดยการเขียนกราฟ Standardized ของคู่ลำดับ  $(\hat{Y}_i, e_i)$  พบว่า จุดต่าง ๆ มีการกระจายอยู่ในแนวเส้นนอนรอบ ๆ ค่าศูนย์อย่างไม่มีแบบแผนของความสัมพันธ์ดังภาพที่ 4-5 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกันหรือไม่มี Autocorrelation และตรวจสอบความแปรปรวนคงที่ได้จากภาพดังกล่าว พบว่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่



ภาพที่ 4-5 การกระจายค่า Standardized ของค่า  $\hat{Y}_i$  กับ  $e_i$  ของวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน

วิธีที่สอง ตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกันหรือไม่มี Autocorrelation จากค่าสถิติ Durbin Watson Test ซึ่งพบว่ามีค่าเท่ากับ 1.866 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 2.5 นั้นแสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน

2. ตรวจสอบการแจกแจงปกติของความคลาดเคลื่อน โดยทำ Normal Probability Plot โดยการเขียนกราฟระหว่าง  $P\left(e_i \leq \frac{i}{n}\right)$  เมื่อ  $i$  เป็นลำดับที่ของ  $e_i$  เมื่อจัดลำดับแล้วกับ  $P\left(Z < \frac{e_i}{\sqrt{MSE}}\right)$  พบว่า จุดต่าง ๆ ที่ได้เป็นแนวทแยงมุม ดังภาพที่ 4-6 แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ



ภาพที่ 4-6 Normal Probability Plot ของวิธีวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน

3. ตรวจสอบการมีความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) โดยพิจารณาค่าแฟคเตอร์ความแปรปรวนที่เพิ่มมากขึ้น (Variance Inflation Factor: VIF) จากตารางที่ 4-10 ตัวแปรอิสระที่น่าเข้าสมการ พบว่า ค่า VIF มีค่าระหว่าง 1.000 – 1.012 ซึ่งค่าที่ได้มีค่าน้อย และค่า Tolerance อยู่ระหว่าง 0.988 - 1.000 ซึ่งเป็นค่าไม่เข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้น สมการการถดถอยพหุคูณที่ได้ ไม่พบปัญหาของตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันเอง

เมื่อไม่พบการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณวิธีเลือกตัวแปรเพื่อพยากรณ์แบบขั้นตอน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-10 ซึ่งผลการวิเคราะห์ถดถอย พบว่า ในขั้นตอนแรก เมื่อให้ตัวแปร FAC\_6 เข้าในสมการได้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R) เท่ากับ -0.368 สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.135 แสดงว่า ตัวแปรอิสระ 1 ตัวนี้อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 13.5%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 ที่มีต่อเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) มีค่า 0.368 เป็นอิทธิพลทางลบ สามารถเขียนสมการพยากรณ์ ได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 2.813 - 0.574(\text{FAC}_6) \quad (4-3)$$

$$Z_y = -0.368Z_{(\text{FAC}_6)} \quad (4-4)$$

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อเพิ่มตัวแปร FAC\_14 อีก 1 ตัว เข้าไปในสมการ ตัวแปรอิสระทั้งสองอธิบายความแปรปรวนเพิ่มขึ้นเป็น  $R^2$  เท่ากับ 0.220 แสดงว่า ตัวแปรทั้งสองคือ FAC\_6 และ FAC\_14 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 22.0% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_14 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 8.5%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.368 และตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.296 แสดงว่าตัวแปร FAC\_6 มีอิทธิพลสูงกว่าตัวแปร FAC\_14 ประมาณ 7.3% เป็นอิทธิพลทางลบ สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.033 - 0.569(\text{FAC}_6) - 0.446(\text{FAC}_{14}) \quad (4-5)$$

$$Z_y = -0.365Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.292Z_{(\text{FAC}_{14})} \quad (4-6)$$

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_3 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.545 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.297 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 และตัวแปร FAC\_3 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 29.7% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_3 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 7.7%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.356 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.282 และตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.277 นั่นคือตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 และตัวแปร FAC\_3 ส่งอิทธิพลทางลบ สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.229 - 0.555(\text{FAC}_6) - 0.431(\text{FAC}_{14}) - 0.420(\text{FAC}_3) \quad (4-7)$$

$$Z_y = -0.356Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.282Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.277Z_{(\text{FAC}_3)} \quad (4-8)$$

ขั้นตอนที่ 4 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_7 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.584 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.341 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 และตัวแปร FAC\_7 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 34.1% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_7 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 4.4%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.361 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.280 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.276 และตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.210 นั่นคือตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 และตัวแปร FAC\_7 ส่งอิทธิพลทางลบ สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.386 - 0.564(\text{FAC}_6) - 0.428(\text{FAC}_{14}) - 0.418(\text{FAC}_3) - 0.310(\text{FAC}_7) \quad (4-9)$$

$$Z_y = -0.361Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.280Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.276Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.210Z_{(\text{FAC}_7)} \quad (4-10)$$

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_5 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 5 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.616 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.380 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 และตัวแปร FAC\_5 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 38.0% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_5 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 3.9%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.358 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.284 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.275 ตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.211 และตัวแปร FAC\_5 เท่ากับ 0.196 นั่นคือ ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 และตัวแปร FAC\_3 ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปร FAC\_6 มีอิทธิพลทางลบสูงสุด แต่อิทธิพลของตัวแปร FAC\_5 ส่งผลทางบวก สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.226 - 0.559(\text{FAC}_6) - 0.433(\text{FAC}_{14}) - 0.417(\text{FAC}_3) - 0.311(\text{FAC}_7) + 0.315(\text{FAC}_5) \quad (4-11)$$

$$Z_y = -0.358Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.284Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.275Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.211Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.196Z_{(\text{FAC}_5)} \quad (4-12)$$

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อเพิ่มตัวแปร FAC<sub>13</sub> เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัว มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.646 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R<sup>2</sup>) เท่ากับ 0.417 แสดงว่า ตัวแปร FAC<sub>6</sub> ตัวแปร FAC<sub>14</sub> ตัวแปร FAC<sub>3</sub> ตัวแปร FAC<sub>7</sub> ตัวแปร FAC<sub>5</sub> และ ตัวแปร FAC<sub>13</sub> ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 41.7% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R<sup>2</sup>) แสดงว่า ตัวแปร FAC<sub>13</sub> อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 3.7%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC<sub>6</sub> เท่ากับ -0.351 ตัวแปร FAC<sub>14</sub> เท่ากับ -0.278 ตัวแปร FAC<sub>3</sub> เท่ากับ -0.278 ตัวแปร FAC<sub>7</sub> เท่ากับ -0.212 ตัวแปร FAC<sub>5</sub> เท่ากับ 0.195 และตัวแปร FAC<sub>13</sub> เท่ากับ -0.193 นั่นคือ ตัวแปร FAC<sub>6</sub> ตัวแปร FAC<sub>14</sub> ตัวแปร FAC<sub>3</sub> ตัวแปร FAC<sub>7</sub> และตัวแปร FAC<sub>13</sub> ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปร FAC<sub>6</sub> มีอิทธิพลทางลบสูงสุด แต่อิทธิพลของตัวแปร FAC<sub>5</sub> ส่งผลทางบวก สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.366 - 0.548(\text{FAC}_6) - 0.425(\text{FAC}_{14}) - 0.421(\text{FAC}_3) - 0.313(\text{FAC}_7) + 0.313(\text{FAC}_5) - 0.294(\text{FAC}_{13}) \quad (4-13)$$

$$Z_y = -0.351Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.278Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.278Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.212Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.195Z_{(\text{FAC}_5)} - 0.193Z_{(\text{FAC}_{13})} \quad (4-14)$$

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อเพิ่มตัวแปร FAC<sub>17</sub> เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 7 ตัว มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.668 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R<sup>2</sup>) เท่ากับ 0.446 แสดงว่า ตัวแปร FAC<sub>6</sub> ตัวแปร FAC<sub>14</sub> ตัวแปร FAC<sub>3</sub> ตัวแปร FAC<sub>7</sub> ตัวแปร FAC<sub>5</sub> ตัวแปร FAC<sub>13</sub> และตัวแปร FAC<sub>17</sub> ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 44.6% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R<sup>2</sup>) แสดงว่าตัวแปร FAC<sub>17</sub> อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 2.9%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.361 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.275 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.274 ตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.214 ตัวแปร FAC\_5 เท่ากับ 0.196 ตัวแปร FAC\_13 เท่ากับ -0.192 และตัวแปร FAC\_17 เท่ากับ -0.172 นั่นคือ ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_13 และตัวแปร FAC\_17 ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปรแปร FAC\_6 มีอิทธิพลทางลบสูงสุด และตัวแปร FAC\_5 ส่งอิทธิพลทางบวก สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.496 - 0.564(\text{FAC}_6) - 0.420(\text{FAC}_{14}) - 0.414(\text{FAC}_3) - 0.316(\text{FAC}_7) + 0.316(\text{FAC}_5) - 0.292(\text{FAC}_{13}) - 0.263(\text{FAC}_{17}) \quad (4-15)$$

$$Z_y = -0.361Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.275Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.274Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.214Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.196Z_{(\text{FAC}_5)} - 0.192Z_{(\text{FAC}_{13})} - 0.172Z_{(\text{FAC}_{17})} \quad (4-16)$$

ขั้นตอนที่ 8 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_12 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 8 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.688 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.473 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_5 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 และตัวแปร FAC\_12 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 47.3% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_12 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 2.7%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.350 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.275 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.271 ตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.210 ตัวแปร FAC\_5 เท่ากับ 0.196 ตัวแปร FAC\_13 เท่ากับ -0.189 ตัวแปร FAC\_17 เท่ากับ -0.173 และตัวแปร FAC\_12 เท่ากับ -0.164 นั่นคือ ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 และตัวแปร FAC\_12 ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปร FAC\_6 มีอิทธิพลทางลบสูงสุด แต่อิทธิพลของตัวแปร FAC\_5 ส่งผลทางบวก สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.610 - 0.546(\text{FAC}_6) - 0.421(\text{FAC}_{14}) - 0.411(\text{FAC}_3) - 0.309(\text{FAC}_7) + 0.314(\text{FAC}_5) - 0.288(\text{FAC}_{13}) - 0.265(\text{FAC}_{17}) - 0.256(\text{FAC}_{12}) \quad (4-17)$$

$$Z_y = -0.350Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.275Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.271Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.210Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.196Z_{(\text{FAC}_5)} - 0.189Z_{(\text{FAC}_{13})} - 0.173Z_{(\text{FAC}_{17})} - 0.164Z_{(\text{FAC}_{12})} \quad (4-18)$$



ขั้นตอนที่ 9 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_11 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.707 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.499 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_5 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 ตัวแปร FAC\_12 และตัวแปร FAC\_11 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ย นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 49.9% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_11 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 2.6%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.351 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.280 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.273 ตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.211 ตัวแปร FAC\_5 เท่ากับ 0.197 ตัวแปร FAC\_13 เท่ากับ -0.189 ตัวแปร FAC\_17 เท่ากับ -0.173 ตัวแปร FAC\_12 เท่ากับ -0.164 และตัวแปร FAC\_11 เท่ากับ 0.163 นั่นคือ ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 และตัวแปร FAC\_12 ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปร FAC\_6 มีอิทธิพลทางลบสูงสุด แต่อิทธิพลของตัวแปร FAC\_5 และตัวแปร FAC\_11 ส่งผลทางบวก โดยที่ตัวแปร FAC\_5 มีอิทธิพลทางบวกสูงสุด สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.491 - 0.548(\text{FAC}_6) - 0.428(\text{FAC}_{14}) - 0.413(\text{FAC}_3) - 0.312(\text{FAC}_7) + 0.316(\text{FAC}_5) - 0.288(\text{FAC}_{13}) - 0.266(\text{FAC}_{17}) - 0.256(\text{FAC}_{12}) + 0.246(\text{FAC}_{11}) \quad (4-19)$$

$$Z_y = -0.351Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.280Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.273Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.211Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.197Z_{(\text{FAC}_5)} - 0.189Z_{(\text{FAC}_{13})} - 0.173Z_{(\text{FAC}_{17})} - 0.164Z_{(\text{FAC}_{12})} + 0.163Z_{(\text{FAC}_{11})} \quad (4-20)$$

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_9 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 10 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามเท่ากับ 0.722 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.521 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_5 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 ตัวแปร FAC\_12 ตัวแปร FAC\_11 และตัวแปร FAC\_9 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 52.1% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_9 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 2.2%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.350 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.277 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.277 ตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.211 ตัวแปร FAC\_5 เท่ากับ 0.198 ตัวแปร FAC\_13 เท่ากับ -0.192 ตัวแปร FAC\_17 เท่ากับ -0.173 ตัวแปร FAC\_12 เท่ากับ -0.164 ตัวแปร FAC\_11 เท่ากับ 0.164 และตัวแปร FAC\_9 เท่ากับ 0.149 นั่นคือ ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 และตัวแปร FAC\_12 ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปร FAC\_6 มีอิทธิพลทางลบสูงสุด แต่อิทธิพลของตัวแปร FAC\_5 ตัวแปร FAC\_11 และตัวแปร FAC\_9 ส่งผลทางบวก โดยที่ตัวแปร FAC\_5 มีอิทธิพลทางบวกสูงสุด สมการพยากรณ์เขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 3.384 - 0.547(\text{FAC}_6) - 0.428(\text{FAC}_{14}) - 0.311(\text{FAC}_3) - 0.311(\text{FAC}_7) + 0.317(\text{FAC}_5) - 0.292(\text{FAC}_{13}) - 0.264(\text{FAC}_{17}) - 0.256(\text{FAC}_{12}) + 0.248(\text{FAC}_{11}) + 0.223(\text{FAC}_9) \quad (4-21)$$

$$Z_y = -0.350Z_{(\text{FAC}_6)} - 0.277Z_{(\text{FAC}_{14})} - 0.277Z_{(\text{FAC}_3)} - 0.211Z_{(\text{FAC}_7)} + 0.198Z_{(\text{FAC}_5)} - 0.192Z_{(\text{FAC}_{13})} - 0.173Z_{(\text{FAC}_{17})} - 0.164Z_{(\text{FAC}_{12})} + 0.164Z_{(\text{FAC}_{11})} + 0.149Z_{(\text{FAC}_9)} \quad (4-22)$$

ขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นตอนที่ 11 เมื่อให้ตัวแปร FAC\_8 เพิ่มเข้าในสมการ ตัวแปรอิสระทั้ง 11 ตัว มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม เท่ากับ 0.734 และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.539 แสดงว่า ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_5 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 ตัวแปร FAC\_12 ตัวแปร FAC\_11 ตัวแปร FAC\_9 และตัวแปร FAC\_8 ร่วมกันอธิบายเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้ 53.9% ผลต่างของสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ ( $R^2$ ) แสดงว่าตัวแปร FAC\_8 อธิบายความแปรปรวนของเกรดเฉลี่ยนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (GPA) ได้เพิ่มขึ้น 1.8%

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน พบว่า อิทธิพลทางตรงของตัวแปร FAC\_6 เท่ากับ -0.363 ตัวแปร FAC\_14 เท่ากับ -0.278 ตัวแปร FAC\_3 เท่ากับ -0.279 ตัวแปร FAC\_7 เท่ากับ -0.211 ตัวแปร FAC\_5 เท่ากับ 0.199 ตัวแปร FAC\_13 เท่ากับ -0.189 ตัวแปร FAC\_17 เท่ากับ -0.170 ตัวแปร FAC\_12 เท่ากับ -0.163 ตัวแปร FAC\_11 เท่ากับ 0.163 ตัวแปร FAC\_9 เท่ากับ 0.144 และตัวแปร FAC\_8 เท่ากับ 0.135 นั่นคือ ตัวแปร FAC\_6 ตัวแปร FAC\_14 ตัวแปร FAC\_3 ตัวแปร FAC\_7 ตัวแปร FAC\_13 ตัวแปร FAC\_17 และตัวแปร FAC\_12 ส่งอิทธิพลทางลบ โดยที่ตัวแปร FAC\_6 มีอิทธิพลทางลบสูงสุด แต่อิทธิพลของตัวแปร FAC\_5









#### ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธีโครงข่ายประสาทเทียม

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้อเพื่อพยากรณ์เกรดเฉลี่ยของนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ โดยผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 4.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมโดยจำนวนข้อมูลป้อนเข้า 17 นิวรอล เหมือนกับตัวแปรอิสระที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยด้วยวิธีการคัดเลือกตัวแปรเพื่อการพยากรณ์แบบปกติ และตอนที่ 4.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยจำนวนข้อมูลป้อนเข้า 11 นิวรอล เหมือนกับตัวแปรอิสระที่ใช้การวิเคราะห์การถดถอยด้วยวิธีการคัดเลือกตัวแปรเพื่อการพยากรณ์แบบขั้นตอน

รูปแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบโครงข่ายประสาทเทียมประเภทโครงข่ายหลายชั้น (Multi Layer Perceptron) แบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Networks) ซึ่งอาศัยหลักการสอน (Train) เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (Learning) ของโครงข่ายโดยการปรับค่าให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์ซึ่งมีหลายค่าตามรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อความเข้าใจในความหมายของอักษรที่ใช้ ผู้วิจัยจึงขออนุญาต ดังนี้

NN<sub>จำนวนรอบการสอน,ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้,ค่าโมเมนตัม</sub> หมายถึง การกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอน, ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ )

ดังนั้น เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้วจะได้สัญลักษณ์ที่แทนความหมายดังนี้

NN<sub>5000,1.0,0.5</sub> หมายถึง การกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 5000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 1.0 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.5

NN<sub>10000,0.1,0.6</sub> หมายถึง การกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 10000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.1 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.6

NN<sub>15000,0.01,0.7</sub> หมายถึง การกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 15000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.01 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.7

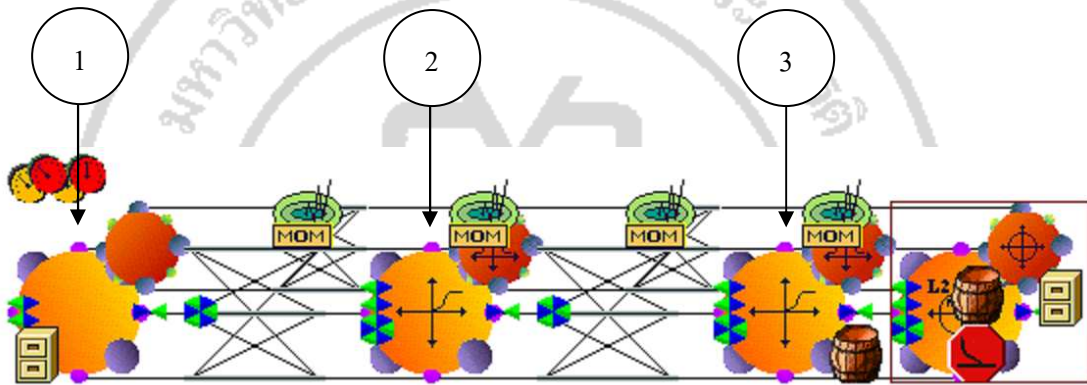
NN<sub>20000,0.001,0.8</sub> หมายถึงการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 20000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.8

NN<sub>30000,0.0001,0.9</sub> หมายถึงการกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 30000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.0001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.9

#### ตอนที่ 4.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมโดยจำนวนข้อมูลป้อนเข้า 17

##### นิเวศ

ขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำในการประมาณ (Estimated Accuracy) การวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมจะได้รูปแบบ ดังนี้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิเวศ ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิเวศ และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิเวศ ฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) คือ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) ค่าสัมประสิทธิ์ การเรียนรู้ ( $\eta$ ) ควรเริ่มจากมากไปน้อย และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) ควรเริ่มจากน้อยไปมาก (Paterson, 1996) รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 4-7 และตารางที่ 4-12



หมายเลข 1 คือ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิเวศ

หมายเลข 2 คือ ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิเวศ ฟังก์ชันการแปลง คือ Sigmoid Function

หมายเลข 3 คือ ชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิเวศ

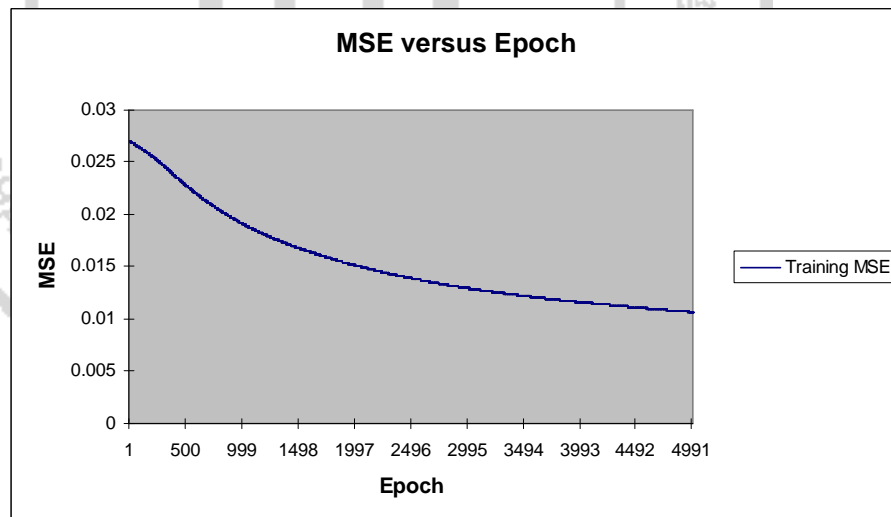
ภาพที่ 4-7 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นข้อมูลป้อนเข้า จำนวน 17 นิเวศ ชั้นแอบแฝง จำนวน 4 นิเวศ ชั้นผลลัพธ์ จำนวน 1 นิเวศ ฟังก์ชันการแปลง คือ Sigmoid Function



ตารางที่ 4-12 การปรับค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม กรณีข้อมูลป้อนเข้า 17 นิวรอล

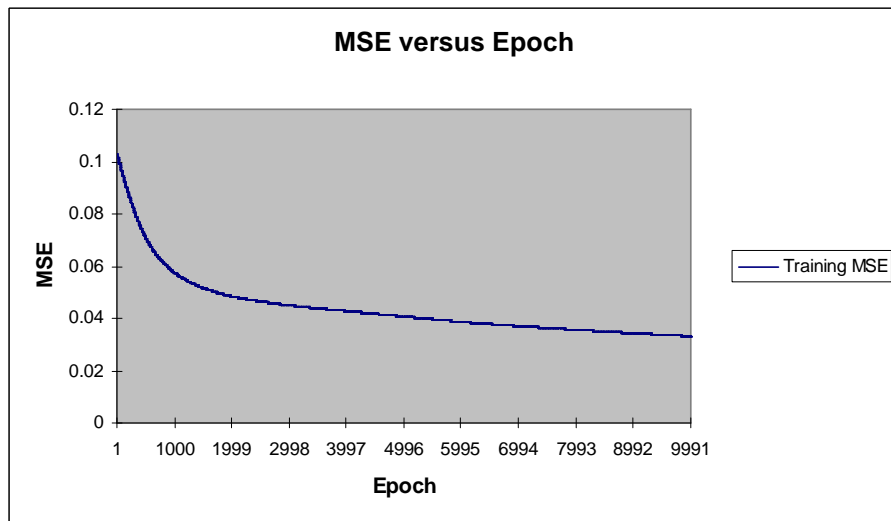
พารามิเตอร์	จำนวนรอบการสอน (รอบ)				
	5000	10000	15000	20000	30000
จำนวนนิวรอลในชั้นแอบแฝง	4	4	4	4	4
ฟังก์ชันการแปลง	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid
สัมประสิทธิ์การเรียนรู้	1.0	0.1	0.01	0.001	0.0001
ค่าโมเมนตัม	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

สำหรับผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยนำเสนอโดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการสอนกับความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) พร้อมคำนวณหาความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) แสดงดังภาพที่ 4-8 ถึง 4-12



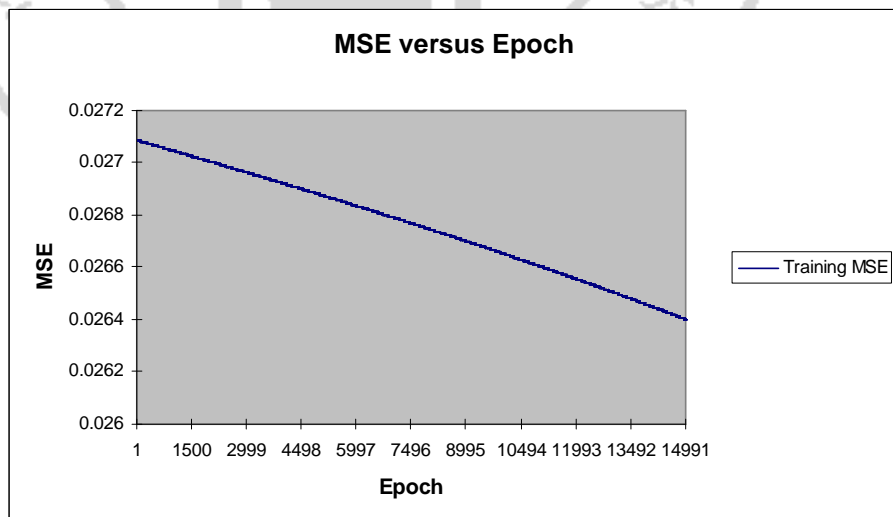
Best Network	Training
Epoch #	5000
Minimum MSE	0.010682197
Final MSE	0.010682197

ภาพที่ 4-8 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นิวรอลแบบ NN<sub>5000,1,0,0.5</sub>



Best Network	Training
Epoch #	10000
Minimum MSE	0.033137777
Final MSE	0.033137777

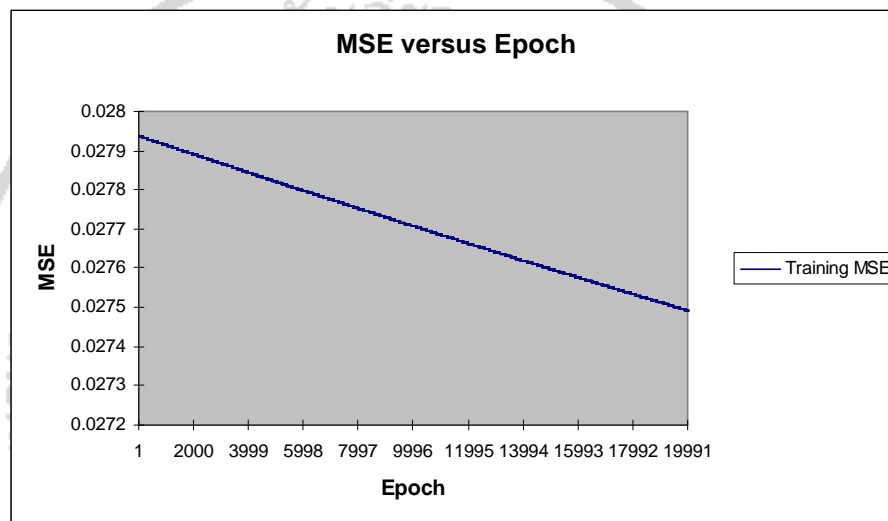
ภาพที่ 4-9 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นิวรอน แบบ  $NN_{10000,0.1,0.6}$



Best Network	Training
Epoch #	15000
Minimum MSE	0.026400357
Final MSE	0.026400357

ภาพที่ 4-10 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นีวรอด แบบ

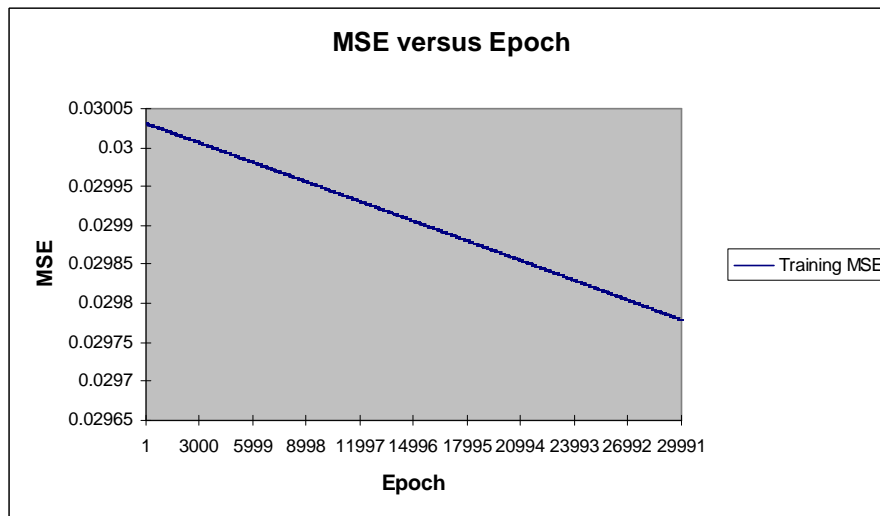
$NN_{15000,0.01,0.7}$



Best Network	Training
Epoch #	20000
Minimum MSE	0.027491829
Final MSE	0.027491829

ภาพที่ 4-11 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นีวรอด แบบ

$NN_{20000,0.001,0.8}$



Best Network	Training
Epoch #	30000
Minimum MSE	0.029778537
Final MSE	0.029778537

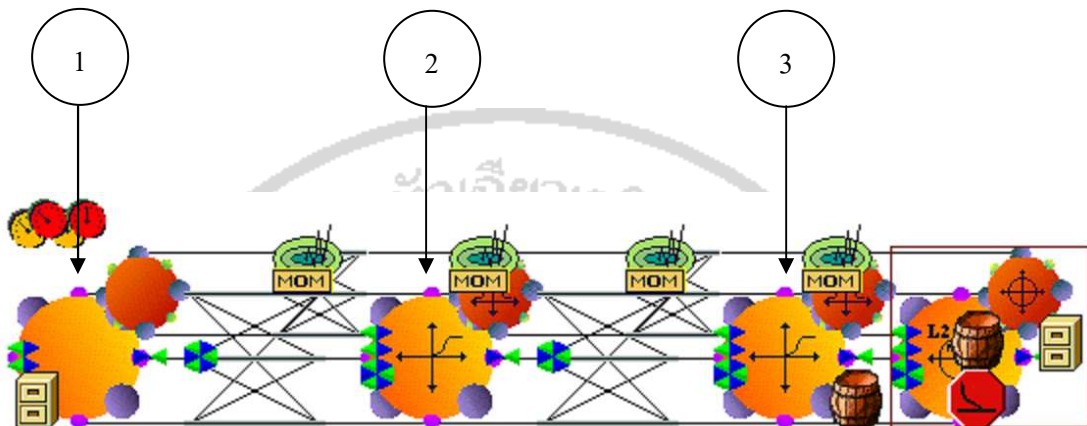
ภาพที่ 4-12 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นิวรอนแบบ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$

จากผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 4-8 ถึง 4.12 พบว่า รอบสุดท้ายของการสอนโครงข่ายประสาทเทียม (Training) ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) น้อยที่สุดในทุกรูปแบบโครงข่าย โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน แบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$  ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.010682197 รองลงมาคือ แบบ  $NN_{15000,0.01,0.7}$  ,  $NN_{20000,0.001,0.8}$  ,  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  และ  $NN_{10000,0.1,0.6}$  โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error : MSE) เท่ากับ 0.026400357, 0.027491829, 0.029778537 และ 0.033137777 ตามลำดับ

#### ตอนที่ 4.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมโดยจำนวนข้อมูลป้อนเข้า 11 นิวรอน

สำหรับขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ค่าความแม่นยำในการประมาณ (Estimated Accuracy) การวิเคราะห์โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมจะได้รูปแบบ ดังนี้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า

จำนวน 11 นิวรอน ชั้นแอบแฝง จำนวน 3 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ จำนวน 1 นิวรอน ฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) คือ ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) ควรเริ่มจากมากไปน้อย และค่าโมเมนต์ ( $\alpha$ ) ควรเริ่มจากน้อยไปมาก (Paterson, 1996) รูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมดังกล่าวแสดงดังภาพที่ 4-8 และตารางที่ 4-13



หมายเลข 1 คือ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอน

หมายเลข 2 คือ ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอน ฟังก์ชันการแปลง คือ Sigmoid Function

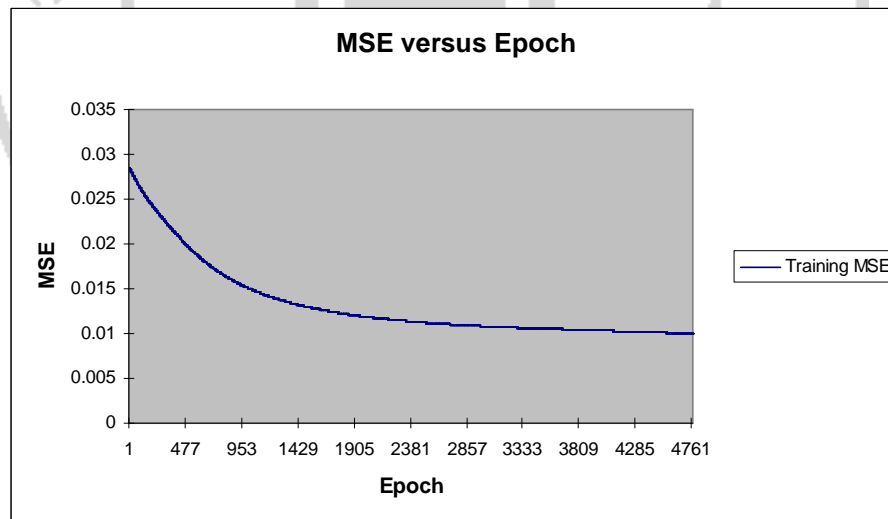
หมายเลข 3 คือ ชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน

ภาพที่ 4-13 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นข้อมูลป้อนเข้า จำนวน 11 นิวรอน ชั้นแอบแฝง จำนวน 3 นิวรอน ชั้นผลลัพธ์ จำนวน 1 นิวรอน ฟังก์ชันการแปลง คือ Sigmoid Function

ตารางที่ 4-13 การปรับค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม กรณีข้อมูลป้อนเข้า 11 นีวรอล

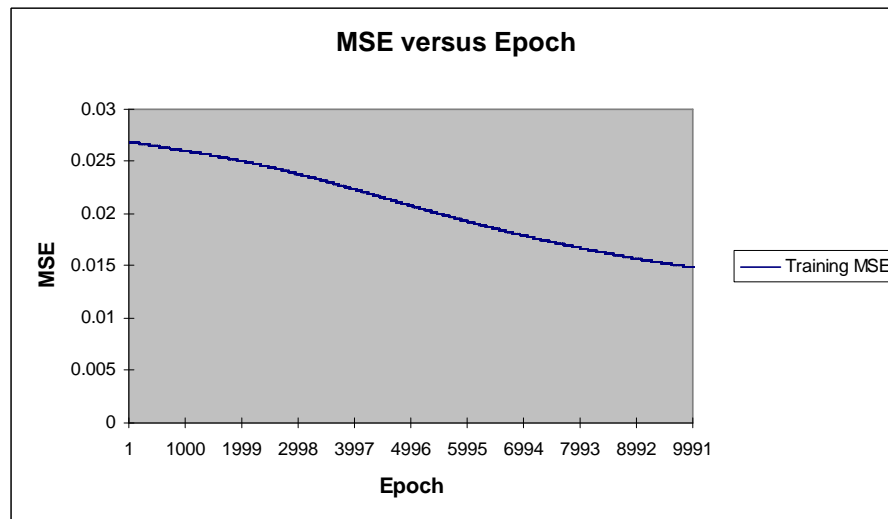
พารามิเตอร์	จำนวนรอบการสอน (รอบ)				
	5000	10000	15000	20000	30000
จำนวนนีวรอลในชั้นแอบแฝง	3	3	3	3	3
ฟังก์ชันการแปลง	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid	Sigmoid
สัมประสิทธิ์การเรียนรู้	1.0	0.1	0.01	0.001	0.0001
ค่าโมเมนตัม	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9

สำหรับผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยนำเสนอโดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการสอนกับความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) พร้อมคำนวณหาความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) แสดงดังภาพที่ 4-14 ถึง 4-18



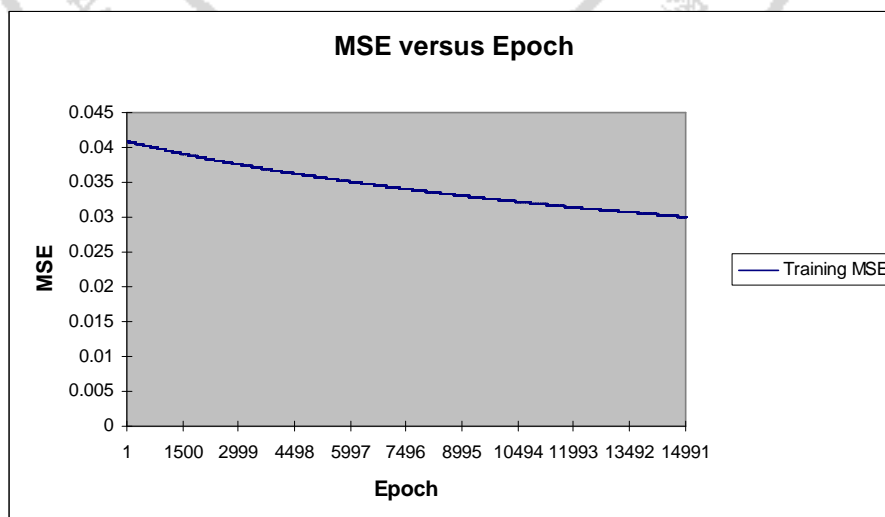
Best Network	Training
Epoch #	4772
Minimum MSE	0.009998737
Final MSE	0.009998737

ภาพที่ 4-14 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวรอลแบบ NN<sub>5000,1,0.0.5</sub>



Best Network	Training
Epoch #	10000
Minimum MSE	0.014859746
Final MSE	0.014859746

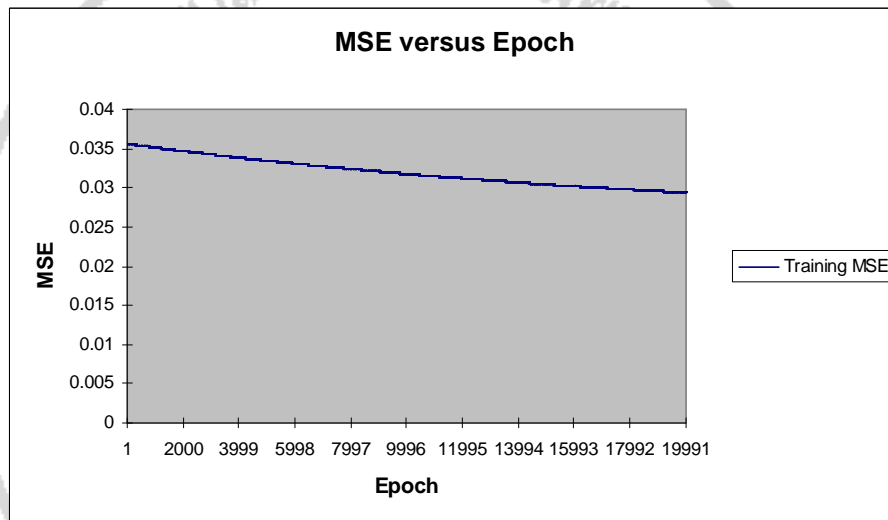
ภาพที่ 4-15 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นิวรอลแบบ  $NN_{10000,0.1,0.6}$



Best Network	Training
Epoch #	15000
Minimum MSE	0.030021859
Final MSE	0.030021859

ภาพที่ 4-16 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวรอด แบบ

NN<sub>15000,0.01,0.7</sub>

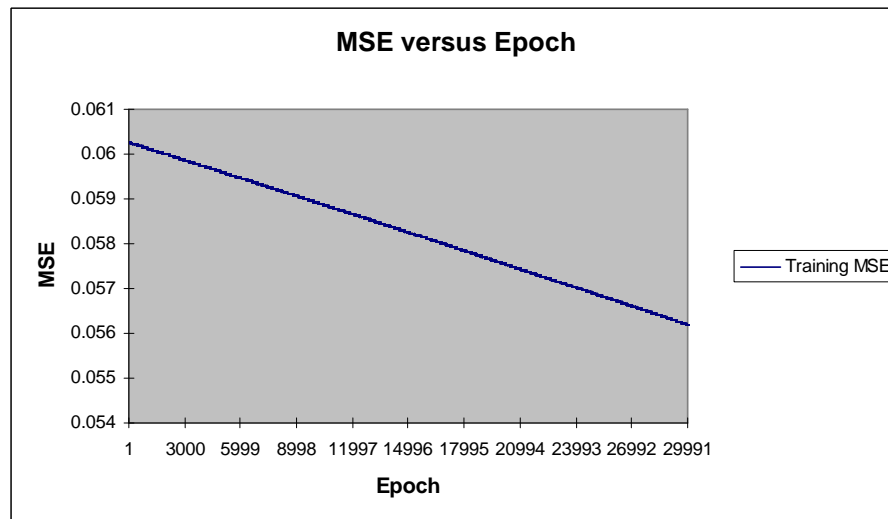


Best Network	Training
Epoch #	20000
Minimum MSE	0.029357344
Final MSE	0.029357344

ภาพที่ 4-17 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวรอด แบบ

NN<sub>20000,0.001,0.8</sub>





Best Network	Training
Epoch #	30000
Minimum MSE	0.056185754
Final MSE	0.056185754

ภาพที่ 4-18 ผลการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นิวรอล แบบ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$

จากผลการวิเคราะห์ ดังภาพที่ 4-14 ถึง 4-18 พบว่า รอบสุดท้ายของการสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) น้อยที่สุดในทุกรูปแบบโครงข่าย โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอล ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 ชั้น และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอล แบบ  $NN_{5000,1,0,0.5}$  ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.009998737 รองลงมาคือแบบ  $NN_{10000,0.1,0.6}$ ,  $NN_{20000,0.001,0.8}$ ,  $NN_{15000,0.01,0.7}$  และ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเฉลี่ย (Mean Square Error: MSE) เท่ากับ 0.014859746, 0.029357344, 0.030021859 และ 0.056185754 ตามลำดับ

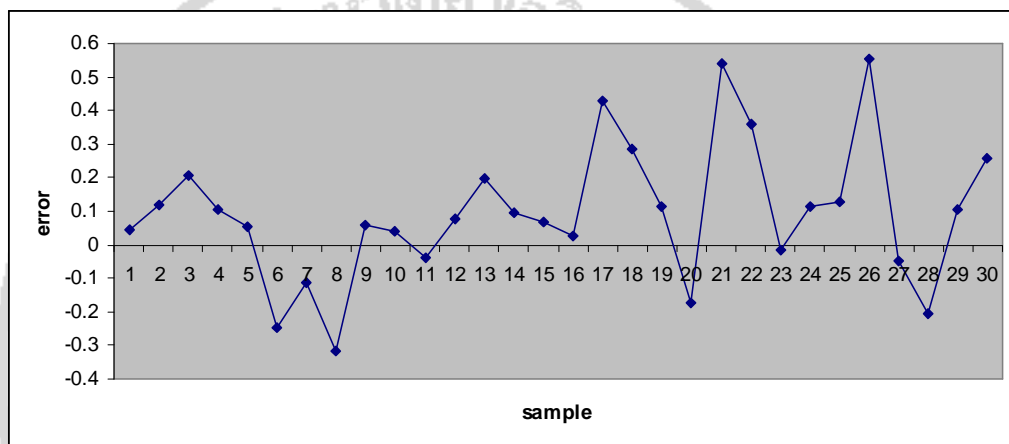
## ตอนที่ 5 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีการถดถอยพหุคูณ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์เป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 5.1 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ของ

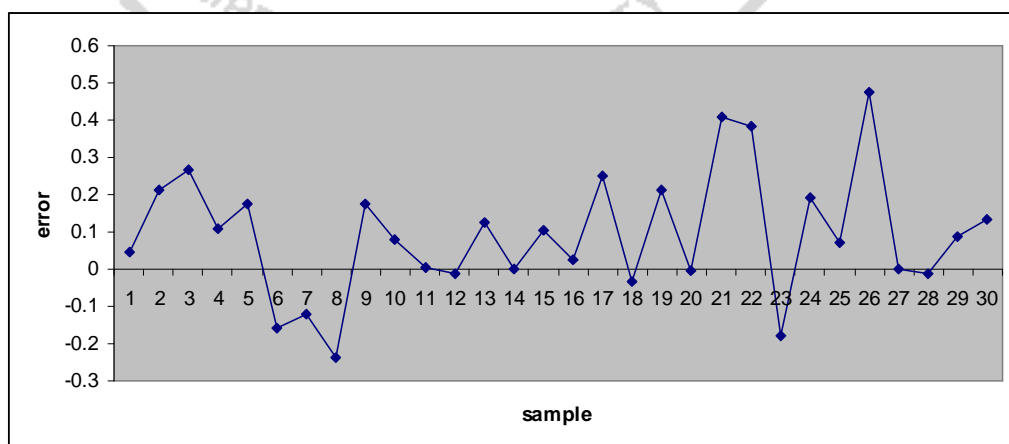
แต่ละวิธี และตอนที่ 5.2 การคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในแต่ละวิธีด้วยค่าวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ 2 แบบ ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) และเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ รายละเอียดดังนี้

### 5.1 การพล็อตกราฟ

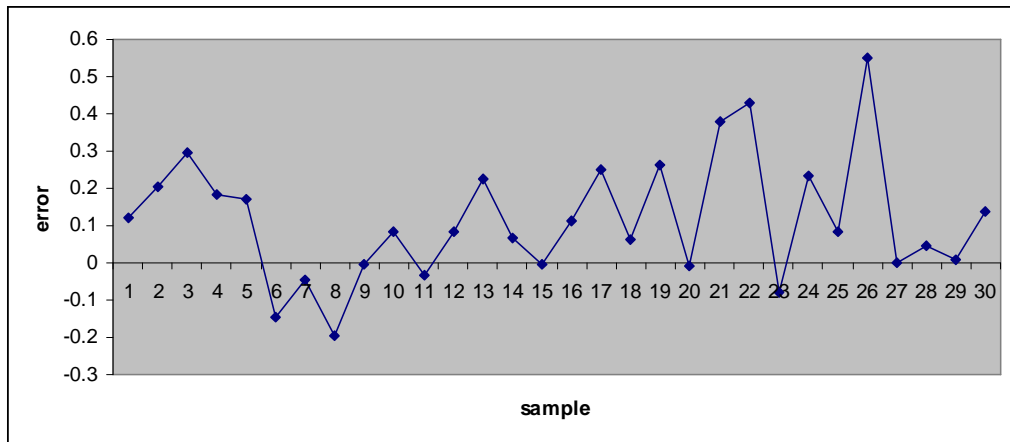
เป็นการพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและวิธีการถดถอยพหุคูณ ดังภาพที่ 4-19 ถึง 4-30



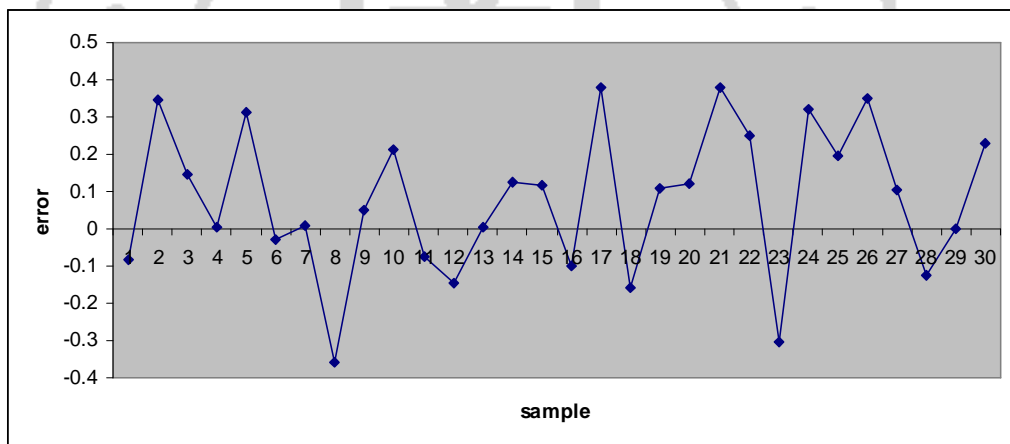
ภาพที่ 4-19 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบปกติ



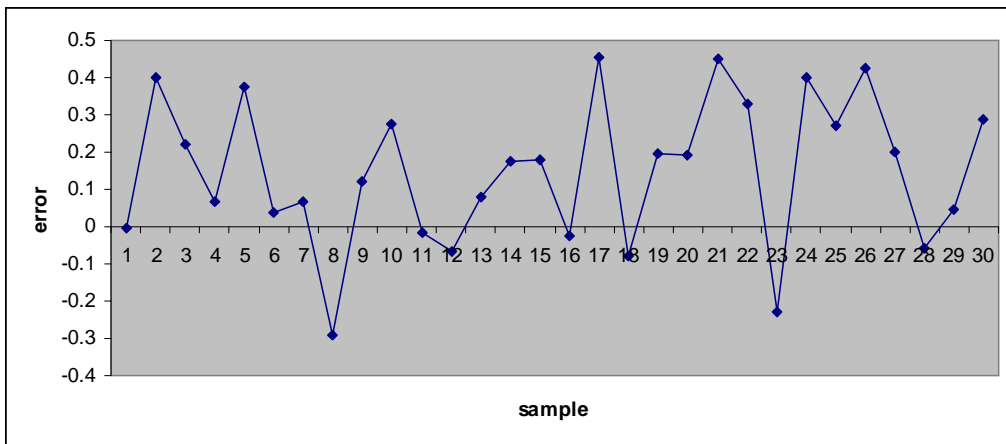
ภาพที่ 4-20 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นิวรอน แบบ  $NN_{5000,1,0,0.5}$



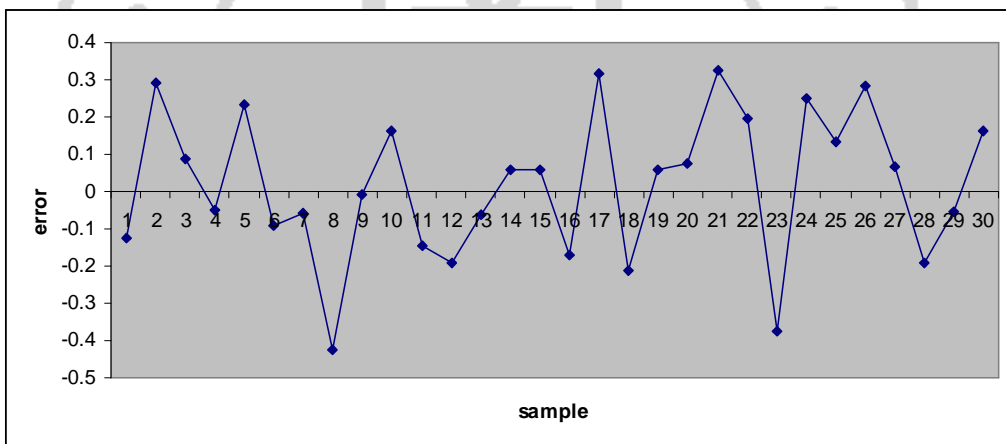
ภาพที่ 4-21 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นีวรอด แบบ  $NN_{10000,0.1,0.6}$



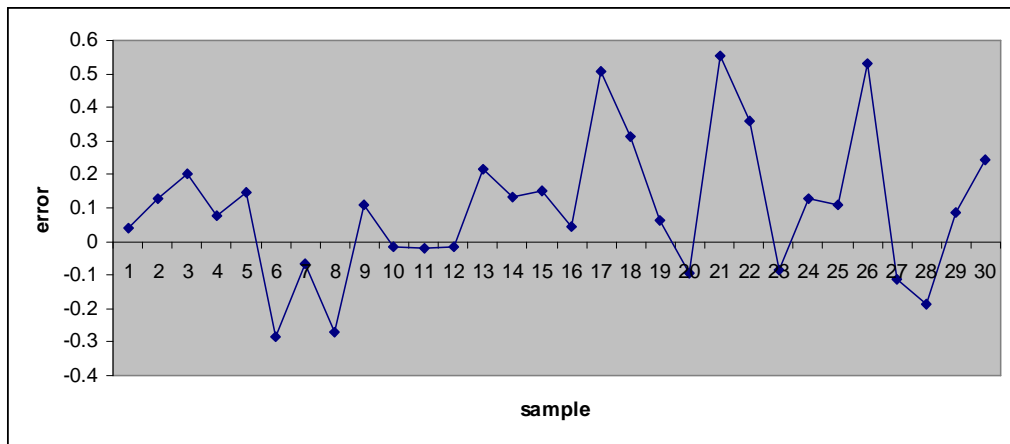
ภาพที่ 4-22 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นีวรอด แบบ  $NN_{15000,0.01,0.7}$



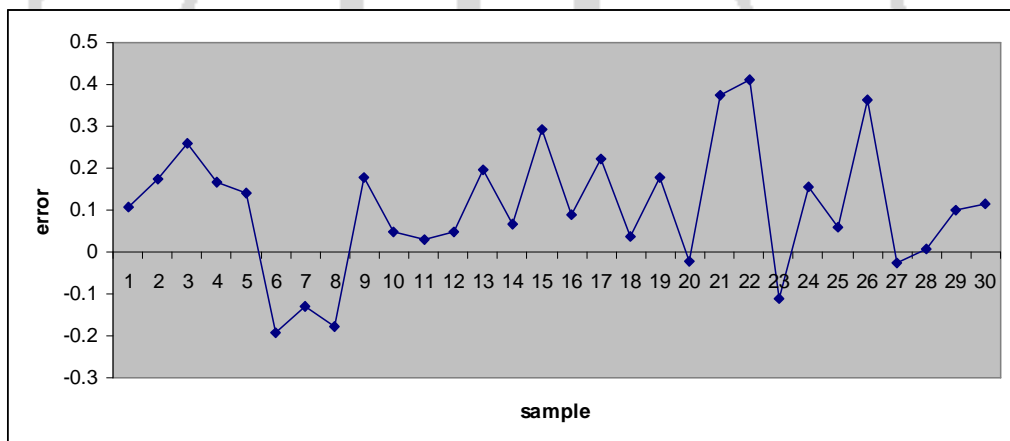
ภาพที่ 4-23 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นีวรอด แบบ  $NN_{20000,0.001,0.8}$



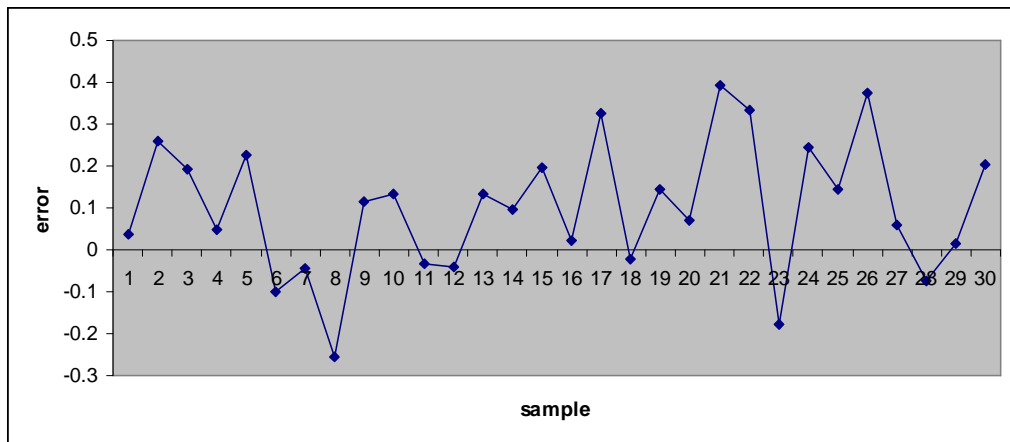
ภาพที่ 4-24 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 17 นีวรอด แบบ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$



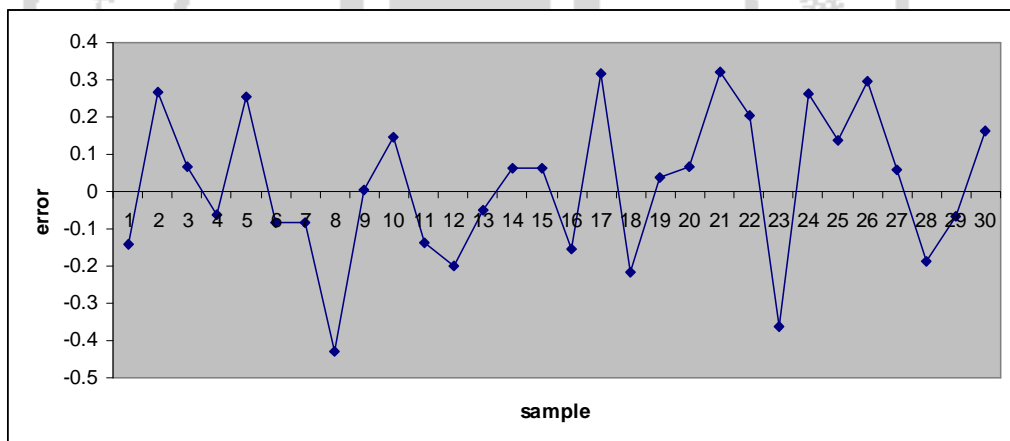
ภาพที่ 4-25 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน



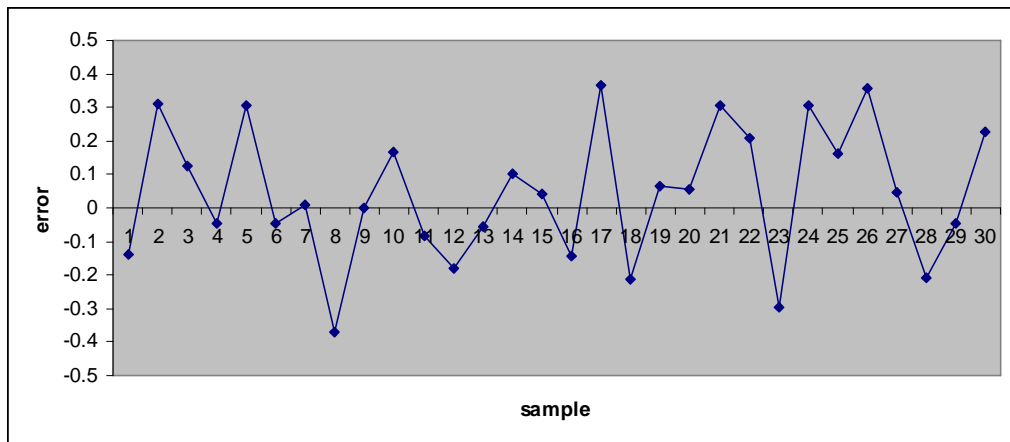
ภาพที่ 4-26 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวโรล แบบ  $NN_{5000,1,0,0.5}$



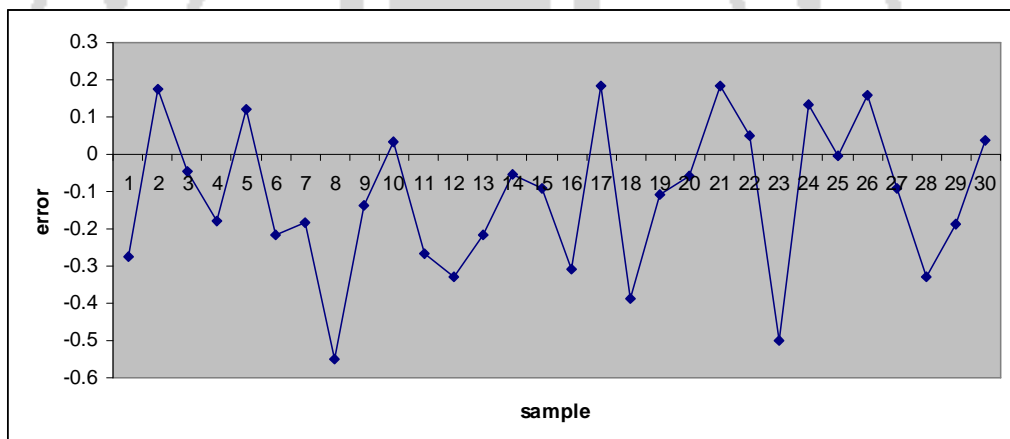
ภาพที่ 4-27 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวรอล แบบ  $NN_{10000,0.1,0.6}$



ภาพที่ 4-28 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวรอล แบบ  $NN_{15000,0.01,0.7}$



ภาพที่ 4-29 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวโรล แบบ  $NN_{20000,0.001,0.8}$



ภาพที่ 4-30 การพล็อตกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม ตัวแปรนำเข้า 11 นีวโรล แบบ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$

จากกราฟความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการพยากรณ์แต่ละวิธี พบว่า ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในแต่ละวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตาม การสรุปในตอนนี้เป็นเพียงการสังเกต คาดคะเนผลการพยากรณ์ของผู้วิจัยเท่านั้น ในตอนต่อไปผู้วิจัยจึงวัดขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ 2 แบบ ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) และเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) รายละเอียด แสดงดังต่อไปนี้

## 5.2 การคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เกรดเฉลี่ย โดยวัดขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ 2 แบบ ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) และเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) โดยผู้วิจัยนำเสนอแยกประเภทของการเปรียบเทียบโดยจำแนกตามจำนวนตัวแปรอิสระ หลังจากนั้นจึงเสนอในภาพรวมในทุกประเภท

การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระ 17 ตัวแปร พบว่า รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.188897– 0.245028 โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 4 รูปแบบ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) น้อยกว่าวิธีการถดถอยพหุคูณ ได้แก่ แบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$  ,  $NN_{10000,0.1,0.6}$  ,  $NN_{15000,0.01,0.7}$  และ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 17 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{5000,1.0,0.5}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 5000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 1.0 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.5 ให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.188897

อีกด้านหนึ่ง วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 17 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{20000,0.001,0.8}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 20000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.8 ให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.245028

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) มีค่าอยู่ระหว่าง 5.260494% – 7.273653% โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 3 รูปแบบ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) น้อยกว่าวิธีการถดถอยพหุคูณ ได้แก่ แบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$  ,  $NN_{10000,0.1,0.6}$  และ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 17 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{5000,1.0,0.5}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 5000 รอบ



ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 1.0 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.5 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.260494%

อีกด้านหนึ่ง วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอล (ตัวแปรอิสระ 17 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอล และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอล (ตัวแปรตาม) และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{20000,0.001,0.8}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 20000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.8 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.273653% รายละเอียดดังตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เกรดเฉลี่ย ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อกำหนดจำนวนตัวแปรอิสระ 17 ตัวแปร

วิธีการพยากรณ์		ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์		
		RMSE	MAPE (%)	
การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter)		0.223476	6.349452	
โครงข่ายประสาทเทียม (Nueral Network)	$NN_{5000,1.0,0.5}$	0.188897	5.260494	
	$NN_{10000,0.1,0.6}$	0.200477	5.480672	
	ชั้นข้อมูลป้อนเข้า 17 นิวรอล	$NN_{15000,0.01,0.7}$	0.209937	6.381875
	ชั้นแอบแฝง 4 นิวรอล	$NN_{20000,0.001,0.8}$	0.245028	7.273653
	ชั้นผลลัพธ์ 1 นิวรอล	$NN_{30000,0.0001,0.9}$	0.196026	6.321818

การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์เมื่อจำนวนตัวแปรอิสระ 11 ตัวแปร พบว่า รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.182426 – 0.229748 โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 5 รูปแบบ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) น้อยกว่าวิธีการถดถอยพหุคูณ โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์

เป็น  $NN_{5000,1.0,0.5}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 5000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 1.0 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.5 ให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.182426

อีกด้านหนึ่งการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise) ให้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.229748

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) มีค่าอยู่ระหว่าง 5.501437% – 7.606683% โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 4 รูปแบบ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) น้อยกว่าวิธีการถดถอยพหุคูณ ได้แก่ แบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$ ,  $NN_{10000,0.1,0.6}$ ,  $NN_{15000,0.01,0.7}$  และ  $NN_{20000,0.001,0.8}$  โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 11 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{10000,0.1,0.6}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 10000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.1 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.6 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.501437%

อีกด้านหนึ่ง วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 11 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 30000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.0001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.9 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.606683% รายละเอียดดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เกรดเฉลี่ย ด้วยวิธีการถดถอยพหุคูณและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อกำหนด จำนวนตัวแปรอิสระ 11 ตัวแปร

วิธีการพยากรณ์	ค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์	
	RMSE	MAPE (%)
การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise)	0.229748	6.501579
โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)		
NN <sub>5000,1.0,0.5</sub>	0.182426	5.506236
NN <sub>10000,0.1,0.6</sub>	0.186023	5.501437
NN <sub>15000,0.01,0.7</sub>	0.195584	6.287277
NN <sub>20000,0.001,0.8</sub>	0.202474	6.292691
NN <sub>30000,0.0001,0.9</sub>	0.228899	7.606683

ลำดับต่อไป ผู้วิจัยนำเสนอภาพรวมโดยเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ทุกวิธีเพื่อจะได้ทราบว่าวิธีใดให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รายละเอียดดังนี้

จากผลการพยากรณ์ พบว่า รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.182426 – 0.245028 โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม 8 รูปแบบ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) น้อยกว่าวิธีการถดถอยพหุคูณ ได้แก่ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอล (ตัวแปรอิสระ 17 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอล และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอล (ตัวแปรตาม) ที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์แบบ NN<sub>5000,1.0,0.5</sub> , NN<sub>10000,0.1,0.6</sub> , NN<sub>15000,0.01,0.7</sub> และ NN<sub>30000,0.0001,0.9</sub> และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอล (ตัวแปรอิสระ 11 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอล และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอล (ตัวแปรตาม) ที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์แบบ NN<sub>5000,1.0,0.5</sub> , NN<sub>10000,0.1,0.6</sub> , NN<sub>15000,0.01,0.7</sub> และ NN<sub>20000,0.001,0.8</sub> โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอล ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอล และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอล และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็นแบบ NN<sub>5000,1.0,0.5</sub> นั่นคือ กำหนดค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 5000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 1.0 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.5 มีค่ารากที่สองของ

ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.182426

อีกด้านหนึ่งวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{20000,0.001,0.8}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 20000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.8 ให้ค่าความคลาดเคลื่อนแบบรากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error หรือ RMSE) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.245028

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) มีค่าอยู่ระหว่าง 5.260494% – 7.606683% โดยผลการพยากรณ์ด้วยวิธีโครงข่ายประสาท 7 รูปแบบ ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) น้อยกว่าวิธีการถดถอยพหุคูณ ได้แก่ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 17 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) ที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์แบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$ ,  $NN_{10000,0.1,0.6}$  และ  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  และวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอน (ตัวแปรอิสระ 11 ตัว) ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน (ตัวแปรตาม) ที่กำหนดให้ค่าพารามิเตอร์แบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$ ,  $NN_{10000,0.1,0.6}$ ,  $NN_{15000,0.01,0.7}$  และ  $NN_{20000,0.001,0.8}$  โดยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดให้ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 17 นิวรอน ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 4 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็นแบบ  $NN_{5000,1.0,0.5}$  นั่นคือ กำหนดค่าพารามิเตอร์จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 5000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.1 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.5 มีค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) น้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 5.260494%

อีกด้านหนึ่งวิธีโครงข่ายประสาทเทียมที่กำหนดแบบให้ชั้นข้อมูลป้อนเข้า (Input Layer) จำนวน 11 นิวรอน ชั้นแอบแฝง (Hidden Layer) จำนวน 3 นิวรอน และชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) จำนวน 1 นิวรอน และกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์เป็น  $NN_{30000,0.0001,0.9}$  นั่นคือ จำนวนรอบการสอนเท่ากับ 30000 รอบ ค่าสัมประสิทธิ์การเรียนรู้ ( $\eta$ ) = 0.0001 และค่าโมเมนตัม ( $\alpha$ ) = 0.9 ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) มากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 7.606683% รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 สรุปผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยด้วยวิธี  
การถดถอยพหุคูณและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

วิธีการพยากรณ์		ค่าความคลาดเคลื่อน ในการพยากรณ์		
		RMSE	MAPE (%)	
การถดถอยพหุคูณแบบปกติ (Enter)		0.223476	6.349452	
โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)	NN <sub>5000,1,0,0.5</sub>	0.188897	5.260494	
	NN <sub>10000,0.1,0.6</sub>	0.200477	5.480672	
	ชั้นข้อมูลป้อนเข้า 17 นีวรอล	NN <sub>15000,0.01,0.7</sub>	0.209937	6.381875
	ชั้นแอบแฝง 4 นีวรอล	NN <sub>20000,0.001,0.8</sub>	0.245028	7.273653
	ชั้นผลลัพธ์ 1 นีวรอล	NN <sub>30000,0.0001,0.9</sub>	0.196026	6.321818
การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise)		0.229748	6.501579	
โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)	NN <sub>5000,1,0,0.5</sub>	0.182426	5.506236	
	NN <sub>10000,0.1,0.6</sub>	0.186023	5.501437	
	ชั้นข้อมูลป้อนเข้า 11 นีวรอล	NN <sub>15000,0.01,0.7</sub>	0.195584	6.287277
	ชั้นแอบแฝง 3 นีวรอล	NN <sub>20000,0.001,0.8</sub>	0.202474	6.292691
	ชั้นผลลัพธ์ 1 นีวรอล	NN <sub>30000,0.0001,0.9</sub>	0.228899	7.606683