แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2

วิชา 4114601 การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ
แผนบริหารการสอน บทที่ 2 การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) เวลา 8 ชั่วโมง

สาระสำคัญ

การวิเคราะห์ปัจจัย (Factor Analysis) หรือบางครั้งเรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่ม รวมกลุ่ม หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน โดยตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย สำหรับผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยจะปรากฏค่าต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ ค่า Communality ซึ่งเขียนด้วย h^2 เป็นค่าความแปรปรวนที่คำถามแต่ละข้อแบ่งให้กับแต่ละปัจจัย เป็นส่วนที่ชี้ถึงว่าแต่ละคำถามที่นำมาวิเคราะห์ปัจจัยนั้นร่วมกับตัวแปรอื่นมากน้อยเพียงใด ค่า Eigenvalues เป็นผลรวมกำลังสองของสัมประสิทธิ์ของปัจจัยร่วมในแต่ละปัจจัย ซึ่งต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1 จึงจะถือว่าเป็นปัจจัยหนึ่ง ๆ ที่แท้จริง ส่วน Factor Loading เป็นค่าน้ำหนักของปัจจัยแต่ละข้อที่นำมาวิเคราะห์ปัจจัย

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย และสามารถแปลผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยไปประยุกต์ใช้กับงานรูปแบบต่างๆได้

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทราบถึงประโยชน์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย
2. ทราบถึงขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัย
3. สามารถแปลผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัยได้อย่างถูกต้อง
4. สามารถนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่างๆได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. นำเสนอ PowerPoint เนื้อหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปัจจัยจากเอกสารประกอบการสอนการวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ
2. ให้นักศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่เลือกใช้การวิเคราะห์ปัจจัยในงานวิจัย และนำมาอภิปรายในชั้นเรียน
3. ให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบท

สื่อการเรียนรู้

1. ตัวอย่างงานวิจัย
2. PowerPoint
3. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 4114601 การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

การวัดและประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบฝึกหัด
2. ประเมินผลจากการถาม – ตอบในชั้นเรียน
3. ประเมินผลจากการทดสอบย่อยรายบท

บทที่ 2
การวิเคราะห์ปัจจัย
(Factor Analysis)

Factor analysis มีชื่อเรียกในภาษาไทยอย่างหลากหลาย เช่น การวิเคราะห์ปัจจัย การวิเคราะห์ตัวประกอบ และ การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นต้น สำหรับในบทนี้จะขอเรียกว่าการวิเคราะห์ปัจจัย โดยหน้าที่หลักของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยก็คือ จับกลุ่ม รวมกลุ่ม หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้
ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน โดยตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย สำหรับตัวย่อของเทคนิคนี้ก็คือ FA โดยที่เทคนิคนี้จะไม่มีการแยกว่าในกลุ่มตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) และตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม สำหรับในบทนี้จะขออธิบายตามหัวข้อต่างๆดังนี้

1. ประเภทของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

เทคนิคของการวิเคราะห์ปัจจัย แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1.1 การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจจะใช้ในกรณีที่ผู้ศึกษาไม่มีความรู้ หรือมีความรู้น้อยมากเกี่ยวกับโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร ดังนั้นในการศึกษาจึงศึกษาเพื่อให้ทราบโครงสร้างของตัวแปร และลดจำนวนตัวแปรที่มีอยู่เดิมให้มีการรวมกันได้

1.2 การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันจะใช้กรณีที่ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรควรจะเป็นรูปแบบใด หรือคาดว่าตัวแปรใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กันมากและควรอยู่ในปัจจัยเดียวกัน หรือคาดว่ามีตัวแปรใดที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ควรจะอยู่ต่างปัจจัยกัน หรือกล่าวได้ว่า ผู้ศึกษาทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือคาดไว้ว่าโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นอย่างไรและจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยันมาตรวจสอบหรือยืนยันความสัมพันธ์ว่าเป็นอย่างที่คาดไว้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์หาความตรงเชิงโครงสร้างนั่นเอง

2. ประโยชน์ของเทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัย

ประโยชน์ของเทคนิค Factor Analysis มีดังนี้

2.1 ลดจำนวนตัวแปร โดยการรวมตัวแปรหลาย ๆ ตัวให้อยู่ในปัจจัยเดียวกัน ปัจจัยที่ได้ถือเป็นตัวแปรใหม่ที่สามารถหาค่าข้อมูลของปัจจัยที่สร้างขึ้นได้ เรียกว่า Factor Score แล้วจึงสามารถ

นำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression and Correlation Analysis) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การทดสอบสมมติฐาน t-test Z-test และการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) เป็นต้น

2.2 ใช้ในการแก้ปัญหาอันเนื่องมาจากการที่ตัวแปรอิสระของเทคนิคการวิเคราะห์สมการถดถอยมีความสัมพันธ์กัน (Multicollinearity) ซึ่งวิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหานี้ คือ การรวมตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ไว้ด้วยกัน โดยการสร้างเป็นตัวแปรใหม่หรือเรียกว่าปัจจัย โดยใช้เทคนิค Factor Analysis แล้วนำปัจจัยดังกล่าวไปเป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์การถดถอยต่อไป

2.3 ทำให้เห็นโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เนื่องจากเทคนิค Factor Analysis จะหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของตัวแปรทีละคู่แล้วรวมตัวแปรที่สัมพันธ์กันมากไว้ในปัจจัยเดียวกัน จึงสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันได้ และสามารถอธิบายความหมายของแต่ละปัจจัยได้ตามความหมายของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในปัจจัยนั้น ดังนั้นปัจจัยที่ได้จึงสามารถนำไปใช้ในด้านการวางแผนได้

3. ข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติการวิเคราะห์ปัจจัย

3.1 ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัย ต้องเป็นตัวแปรที่มีค่าต่อเนื่อง หรือมีค่าในมาตราระดับช่วง (Interval scale) และมาตราอัตราส่วน (Ratio scale) เนื่องจากตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัยควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

3.2 ตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัย ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในระดับสูง ($r = 0.30 – 0.70$) โดยรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ปัจจัยควรอยู่ในรูปแบบเชิงเส้น (linear) เท่านั้น

3.3 จำนวนตัวแปรที่คัดเลือกมาวิเคราะห์ปัจจัย ควรมีจำนวนมากกว่า 30 ตัวแปร

4. ขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัย

ในบทนี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสำรวจ ซึ่งสามารถแบ่งได้ 5 ขั้นตอนคือ

1. การเก็บข้อมูลแล้วสร้างเมตริกสหสัมพันธ์
2. การสกัดปัจจัย
3. เลือกวิธีการหมุนแกน
4. เลือกค่า loading
5. ตั้งชื่อปัจจัยที่วิเคราะห์ได้

4.1 การเก็บข้อมูลแล้วสร้างเมตริกสหสัมพันธ์

อันดับแรกในขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัจจัยคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการวิเคราะห์ และนำเสนอในรูปของเมตริกสหสัมพันธ์

4.2 การสกัดปัจจัย

ขั้นตอนที่สองในการวิเคราะห์ปัจจัยคือการค้นหาจำนวนปัจจัยที่มีความสามารถเพียงพอในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ ซึ่งมีวิธีการให้เลือกใช้ดังนี้

- Maximum Likelihood Method (หรือ Canonical Factoring)
- Least-Squares Method (หรือ Principal Axis Factoring)
- Alpha Factoring
- Image Factoring
- Principal Components Analysis

ผู้ศึกษาจะต้องเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เลือกให้ ถ้าเป็นโปรแกรม SPSS โปรแกรมจะเลือกวิธี Principal Components Analysis ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัจจัย จะช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนของปัจจัยเพื่อเก็บไว้สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปในอนาคต กฎที่ดีที่สุดสาหรับการกำหนดจำนวนของปัจจัยก็คือ “Eigenvalue > 1 ” ค่า Eigenvalue เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของปัจจัยว่าจะอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างได้มากน้อยเพียงไร โดยปกติถ้าปัจจัยนั้นอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างได้น้อยกว่า 1 Eigenvalue แล้วก็ไม่มีประโยชน์ที่จะนำปัจจัยนั้นมาใช้

4.3 การเลือกวิธีการหมุนแกน

เนื่องจากก่อนการหมุนแกนตัวแปรแต่ละตัวจะมีค่า Loading สูงมากเนื่องจากตัวแปรบางตัวสามารถเป็นสมาชิกของปัจจัยได้มากกว่า 1 ปัจจัยจึงยากในการแปลความหมายของข้อมูล วิธีเดียวที่จะแปลผลได้คือต้องหมุนแกนเพื่อทำให้ตัวแปรบางตัวที่เดิมเป็นสมาชิกหลายปัจจัย กลายเป็นสมาชิกของปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งอย่างเด่นชัด ซึ่งมีอยู่ 2 วิธีคือ

4.3.1 Orthogonal ใช้ในกรณีที่ตัวแปรแต่ละตัวเป็นอิสระจากกัน การหมุนแกนด้วยวิธีนี้มีวิธีการหมุนแกน 3 แบบคือ

- Varimax
- Equamax
- Quartimax

4.3.2 Oblique ใช้ในกรณีที่ตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กัน วิธีการหมุนแกนมี 2 แบบคือ

- Oblimin
- Direc quartimin

โดยในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนมากจะเลือกการหมุนแกนด้วยวิธี Orthogonal แบบ Varimax

4.4 การเลือกค่า Loading

เป็นการแยกว่าตัวแปรใดควรจะอยู่ในปัจจัยใด โดยพิจารณาจากค่า Loading ของตัวแปรต่าง ๆ ว่ามีค่ามากที่สุดอยู่ที่ปัจจัยใดก็จัดให้อยู่ในปัจจัยนั้น แต่มีข้อแม้ว่าค่า Loading ควรจะมีค่าตั้งแต่ .3 ขึ้นไป

4.5 การตั้งชื่อปัจจัยที่วิเคราะห์ได้

เมื่อคัดเลือกตัวแปรเข้าปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งแล้ว ต่อมาคือการตั้งชื่อให้แต่ละปัจจัยซึ่งมีกฎในการตั้งชื่อดังนี้

- สั้น อาจตั้งชื่อเพียง 1-2 คำ
- มีความหมายสอดคล้องกับโครงสร้างของปัจจัย

กล่าวคือผู้ศึกษาอาจตั้งชื่อตามความคล้ายคลึงกันของตัวแปรที่อยู่ในปัจจัย หรือตามโครงสร้างของทฤษฎีที่ผู้ศึกษาได้ศึกษามา หรือตั้งชื่อใหม่ที่สอดคล้องกับแนวความคิดของผู้ศึกษาเอง แต่ควรจะสื่อความหมายของตัวแปรทุกตัวที่อยู่ในปัจจัยนั้นได้

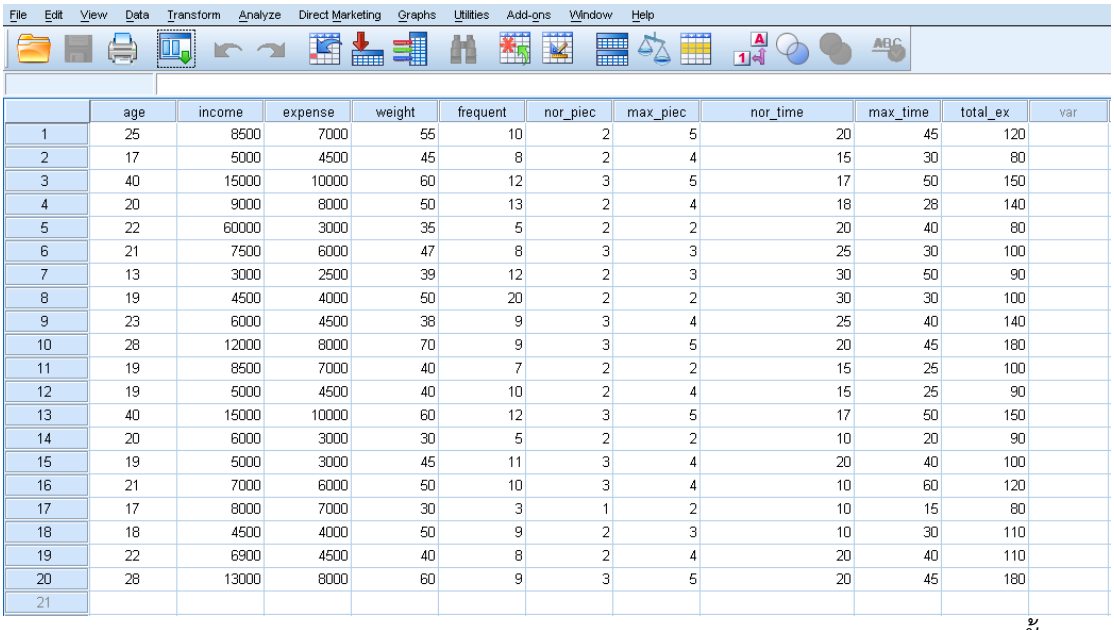
5. การใช้คำสั่งใน SPSS for Windows สำหรับเทคนิค Factor Analysis

ตัวอย่าง สมมติว่าผู้วิจัยต้องการศึกษาพฤติกรรมการรับประทานขนมของผู้รับประทานในร้านแห่งหนึ่ง โดยสนใจที่จะศึกษาตัวแปรต่อไปนี้ว่าสามารถจัดกลุ่มตัวแปรได้อย่างไร

no	อายุ	รายได้	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	น้ำหนักลูกค้า	จำนวนครั้งที่ซื้อ	จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	ระยะเวลาที่อยู่ในร้านเฉลี่ย	ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานสุด	จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง
1	25	8500	7000	55	10	2	5	20	45	120
2	17	5000	4500	45	8	2	4	15	30	80
3	40	15000	10000	60	12	3	5	17	50	150
4	20	9000	8000	50	13	2	4	18	28	140
5	22	60000	3000	35	5	2	2	20	40	80
6	21	7500	6000	47	8	3	3	25	30	100
7	13	3000	2500	39	12	2	3	30	50	90
8	19	4500	4000	50	20	2	2	30	30	100
9	23	6000	4500	38	9	3	4	25	40	140
10	28	12000	8000	70	9	3	5	20	45	180
11	19	8500	7000	40	7	2	2	15	25	100
12	19	5000	4500	40	10	2	4	15	25	90
13	40	15000	10000	60	12	3	5	17	50	150
14	20	6000	3000	30	5	2	2	10	20	90
15	19	5000	3000	45	11	3	4	20	40	100
16	21	7000	6000	50	10	3	4	10	60	120
17	17	8000	7000	30	3	1	2	10	15	80
18	18	4500	4000	50	9	2	3	10	30	110
19	22	6900	4500	40	8	2	4	20	40	110
20	28	13000	8000	60	9	3	5	20	45	180

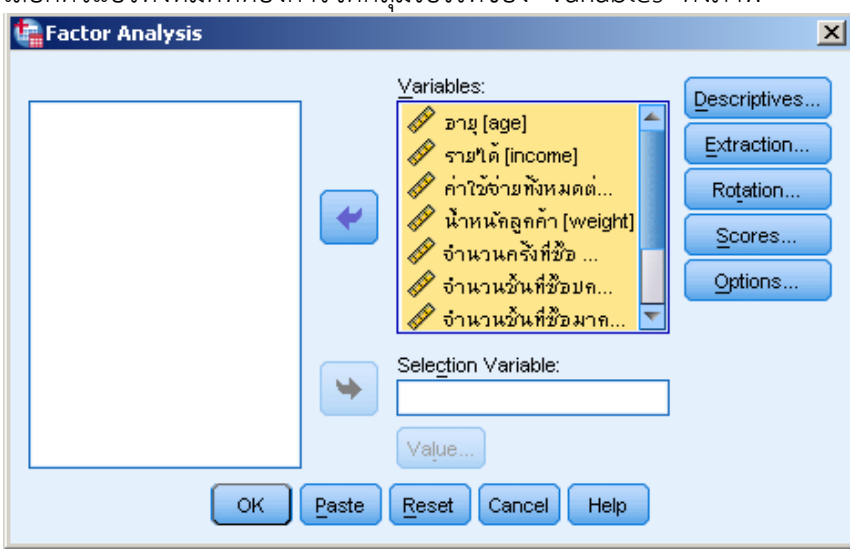
ขั้นตอนในการวิเคราะห์มีดังนี้

1. สร้างข้อมูลดังตารางลงในโปรแกรมสำเร็จรูป จากนั้นให้บันทึกข้อมูลโดยใช้ชื่อ file ว่า Factor Analysis ดังภาพ

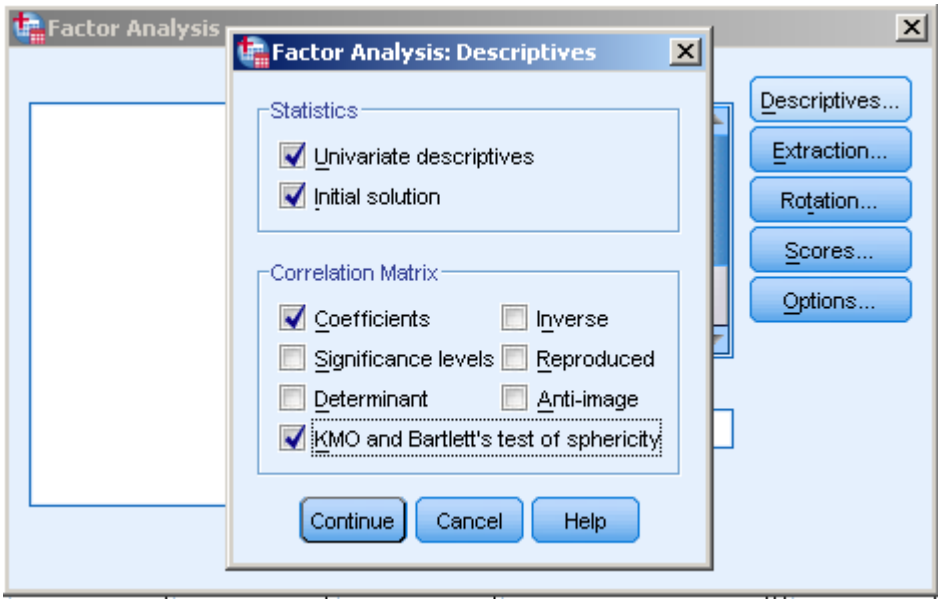


	age	income	expense	weight	frequent	nor_piec	max_piec	nor_time	max_time	total_ex	var
1	25	8500	7000	55	10	2	5	20	45	120	
2	17	5000	4500	45	8	2	4	15	30	80	
3	40	15000	10000	60	12	3	5	17	50	150	
4	20	9000	8000	50	13	2	4	18	28	140	
5	22	60000	3000	35	5	2	2	20	40	80	
6	21	7500	6000	47	8	3	3	25	30	100	
7	13	3000	2500	39	12	2	3	30	50	90	
8	19	4500	4000	50	20	2	2	30	30	100	
9	23	6000	4500	38	9	3	4	25	40	140	
10	28	12000	8000	70	9	3	5	20	45	180	
11	19	8500	7000	40	7	2	2	15	25	100	
12	19	5000	4500	40	10	2	4	15	25	90	
13	40	15000	10000	60	12	3	5	17	50	150	
14	20	6000	3000	30	5	2	2	10	20	90	
15	19	5000	3000	45	11	3	4	20	40	100	
16	21	7000	6000	50	10	3	4	10	60	120	
17	17	8000	7000	30	3	1	2	10	15	80	
18	18	4500	4000	50	9	2	3	10	30	110	
19	22	6900	4500	40	8	2	4	20	40	110	
20	28	13000	8000	60	9	3	5	20	45	180	
21											

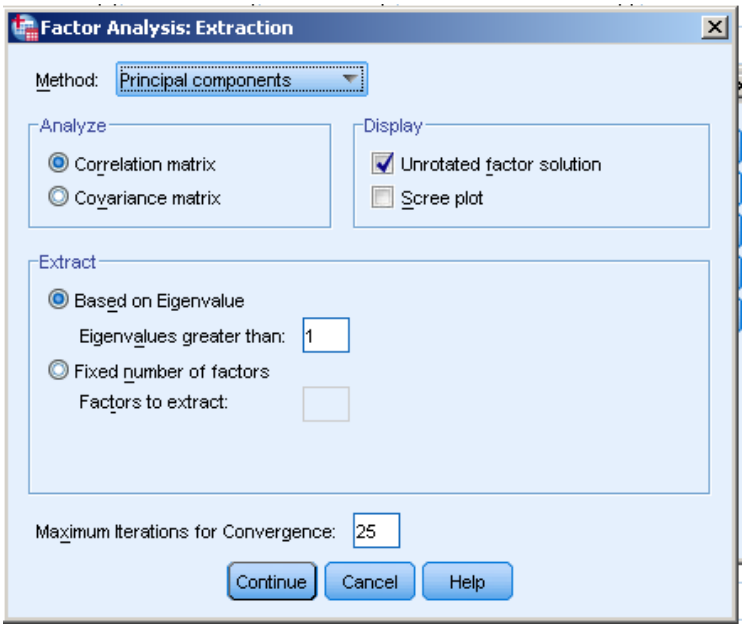
2. Click Analyze ⟶ Dimension Reduction ⟶ Factor จากนั้นเลือกตัวแปรทั้งหมดที่ต้องการจัดกลุ่มไปไว้ที่ช่อง Variables ดังภาพ



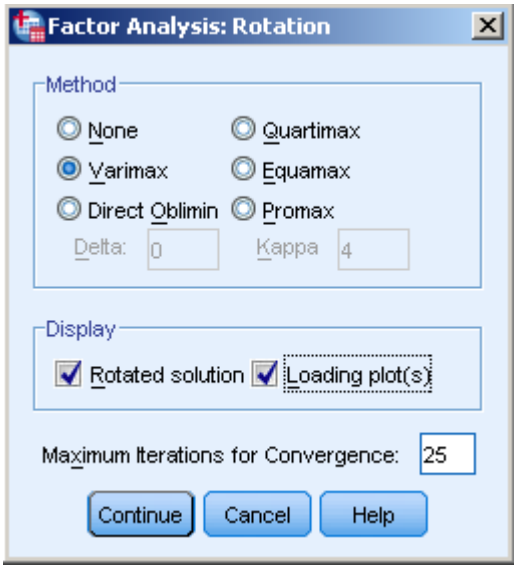
3. Click Descriptives ในส่วนของ Statistics เลือก Univariate descriptive Initial solution ในส่วนของ Correlation เลือก Coefficients และ KMO and Bartlett's test of sphericity ดังภาพ



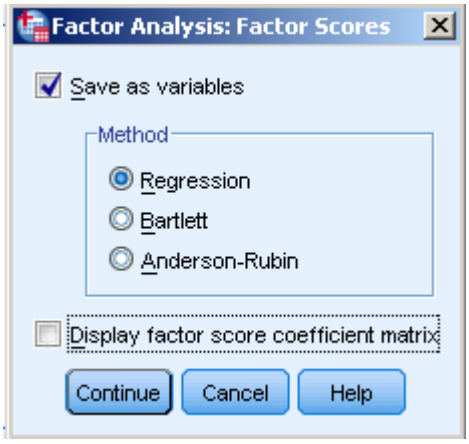
4. Click Extraction ในส่วนของ Method เลือก Principal components ในส่วนของ Analyze เลือก Correlation matrix ในส่วนของ Display เลือก Unrotated factor solution ในส่วนของ Extract เลือก Based on Eigenvalue โดยที่ Eigenvalues greater than ใส่ 1 ดังภาพ



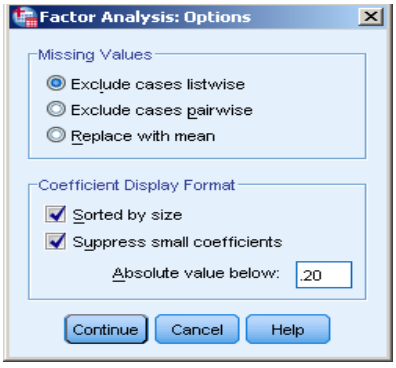
5. Click Rotation ในส่วนของ Method เลือก Varimax ในส่วนของ Display เลือก Rotated Solution และ Loading Plot(s) ส่วน Maximum Interactions for Convergence : ให้ใส่ 25 ดังภาพ



6. Click Scores เลือก Save as variables ในส่วนของ Method เลือก Regression ดังภาพ



7. Click Option ในส่วนของ Missing Value เลือก Exclude cases listwise และในส่วนของ Coefficient Display Format เลือก Sorted by size และ Suppress small coefficients โดยที่ Absolute value below : ใส่ 0.20 ดังภาพ



8. Click Continue แล้ว OK จะปรากฏผลลัพธ์ ดังตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทั้ง 10 ตัว จากข้อมูลตัวอย่าง 20 คน

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	Analysis N
อายุ	22.55	6.947	20
รายได้	10470.00	12159.990	20
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	5725.00	2314.002	20
น้ำหนักลูกค้า	46.70	10.653	20
จำนวนครั้งที่ซื้อ	9.50	3.561	20
จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	2.35	.587	20
จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	3.60	1.142	20
ระยะเวลาที่อยู่ในร้าน	18.35	6.037	20
ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานที่สุด	36.90	11.702	20
จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง	115.50	31.368	20

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

Correlation Matrix

		อายุ	รายได้	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	น้ำหนักลูกค้า	จำนวนครั้งที่ซื้อ	จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	ระยะเวลาที่อยู่ในร้าน	ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานที่สุด	จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง
Correlation	อายุ	1.000	.239	.763	.655	.165	.583	.633	-.039	.497	.698
	รายได้	.239	1.000	-.010	-.064	-.289	-.006	-.158	.023	.163	-.044
	ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	.763	-.010	1.000	.664	.094	.326	.563	-.187	.246	.696
	น้ำหนักลูกค้า	.655	-.064	.664	1.000	.476	.615	.746	.140	.566	.812
	จำนวนครั้งที่ซื้อ	.165	-.289	.094	.476	1.000	.264	.246	.552	.320	.261
	จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	.583	-.006	.326	.615	.264	1.000	.612	.231	.664	.662
	จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	.633	-.158	.563	.746	.246	.612	1.000	.044	.631	.740
	ระยะเวลาที่อยู่ในร้าน	-.039	.023	-.187	.140	.552	.231	.044	1.000	.269	.106
	ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานที่สุด	.497	.163	.246	.566	.320	.664	.631	.269	1.000	.521
	จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง	.698	-.044	.696	.812	.261	.662	.740	.106	.521	1.000

<u>ความหมายของผลลัพธ์จากตาราง Correlation Matrix</u>

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตาราง เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson correlation) จะพบว่าตัวแปร น้ำหนักลูกค้า (Weight) และจำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง (Ex _ Total) มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด (มากกว่าตัวแปรคู่อื่นๆ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .812 ดังนั้นตัวแปร Weight และ Ex _Totalควรอยู่ใน Factor เดียวกัน

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงค่า Kaiser-Meyer-Olkin

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.705
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	107.906
	df	45
	Sig.	.000

ความหมายของผลลัพธ์จากตาราง

Kaiser-Meyer-Olkin ใช้วัดความเหมาะสมของข้อมูล ในการใช้เทคนิค Factor Analysis ในที่นี้ได้ค่าเป็น .705 ซึ่งมากกว่า .5 และเข้าสู่ 1 จึงพอสรุปได้ว่า ข้อมูลที่มีอยู่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิค Factor Analysis

Bartlett's Test of Sphericity ใช้ทดสอบสมมติฐาน

H_0 : ตัวแปรต่างๆ (Ex_Total,..... ,Income,Age) ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ตัวแปรต่างๆ (Ex_Total,..... ,Income,Age) มีความสัมพันธ์กัน

สถิติทดสอบจะมีการแจกแจงโดยประมาณแบบ Chi-Square = 107.906 ได้ค่า Sig = .000 ซึ่งน้อยกว่า .05 จึงปฏิเสธ H_0 นั่นคือตัวแปร Ex_Total,..... ,Income,Age มีความสัมพันธ์กัน จึงใช้ Factor Analysis วิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงค่า initial Communalities และ Extraction Communalities ของตัวแปรแต่ละตัว

Communalities

	Initial	Extraction
อายุ	1.000	.810
รายได้	1.000	.890
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	1.000	.779
น้ำหนักลูกค้า	1.000	.833
จำนวนครั้งที่ซื้อ	1.000	.754
จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	1.000	.658
จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	1.000	.755
ระยะเวลาที่อยู่ในร้าน	1.000	.787
ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานที่สุด	1.000	.709
จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง	1.000	.819

Extraction Method: Principal Component Analysis.

ความหมายของผลลัพธ์ จากตาราง Communalities

จากตาราง จะพบว่าสำหรับแต่ละตัวแปร จะมีค่า initial Communalities และ Extraction Communalities ซึ่งค่า Communalities เป็นค่าสัดส่วนของค่าความแปรปรวนของ

ตัวแปรที่สามารถอธิบายได้ โดย Common Factor (Factor ทั้งหมด : F_1, F_2...F_m) หรือคือค่า (Multiple Correlation)^2 ของตัวแปรกับ Factors โดยที่ 0 ≤ Communality ≤ 1
ถ้า Communality = 0 แสดงว่า Common factor ไม่สามารถอธิบายความผันแปร (ค่าความแปรปรวน) ของตัวแปร แต่ถ้า Common factor = 1 แสดงว่า Common factor สามารถอธิบายความผันแปรได้ทั้งหมด

- Communality Initial จากวิธี Principle Component จะกำหนดให้ Initial Communality ของตัวแปรทุกตัวเป็น 1
- Extraction Communality เป็นค่า Communality ของตัวแปรหลังจากที่ได้สกัดปัจจัย แล้วจะพบว่าค่า Extraction Communality ของตัวแปร NOR_PICE (จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ .658 แต่ก็ยังไม่ต่ำมาก น่าจะสามารถจัดอยู่ใน factor ใด factor หนึ่งได้ชัดเจน

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงค่าสถิติสำหรับแต่ละ Factor ทั้งก่อนและหลังสกัดปัจจัย โดยวิธี Principle Component ในการสกัดปัจจัย

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	4.867	48.669	48.669	4.867	48.669	48.669	4.636	46.358	46.358
2	1.707	17.069	65.738	1.707	17.069	65.738	1.899	18.989	65.348
3	1.221	12.210	77.948	1.221	12.210	77.948	1.260	12.601	77.948
4	.745	7.449	85.398						
5	.422	4.217	89.614						
6	.342	3.417	93.032						
7	.278	2.775	95.807						
8	.196	1.962	97.768						
9	.139	1.392	99.160						
10	.084	.840	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

<u>ความหมายของผลลัพธ์จากตาราง Total Variance Explained</u>

จากตารางแสดงค่าสถิติสำหรับแต่ละ Factor ทั้งก่อนและหลังสกัดปัจจัย โดยวิธี Principle Component ในการสกัดปัจจัย พบว่า

1. จะพบว่าควรมี Factor เพียง 3 Factor เนื่องจากเฉพาะ 3 Factor แรกเท่านั้นที่มีค่า Eigenvalue มากกว่า 1

2. Factor ที่สำคัญที่สุดคือ Factor ที่ 1 เนื่องจากอธิบายหรือดึงความแปรปรวนของข้อมูลได้มากที่สุด ในตัวอย่างนี้สามารถอธิบายได้ถึง 48.669 ส่วน Factor ที่ 2 และ 3 จะสำคัญรองลงมา

3. โปรแกรม SPSS จะกำหนดให้หาค่าใน 2 และ 3 เฉพาะ Factor ที่มีค่า Eigenvalue เกิน 1 ถ้าตัวแปรทุกตัว (10 ตัว) เป็นอิสระกัน จะมี 10 Factor หรือ 10 Componentโดยที่แต่ละตัวมีค่าความแปรปรวน = 1

4.ในทางปฏิบัติเมื่อใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงมักจะพบว่ามีบาง Factor ที่มี Eigenvalue ใกล้ 1 ทำให้ผู้วิเคราะห์ต้องตัดสินใจว่าควรมีกี่ Factor

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์หรือที่เรียกว่า Factor Loading

Component Matrix[a]

	Component		
	1	2	3
น้ำหนักลูกค้า	.902		
จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง	.894		
จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	.854		
อายุ	.821	-.338	
จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	.779		
ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานที่สุด	.723	.203	.381
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	.715	-.456	-.244
ระยะเวลาที่อยู่ในร้าน		.814	.304
จำนวนครั้งที่ซื้อ	.418	.738	
รายได้		-.321	.887

Extraction Method: Principal Component Analysis.

a. 3 components extracted.

ความหมายของผลลัพธ์จากตาราง Component Matrix[a]

- ค่าในตาราง เป็นสัมประสิทธิ์หรือที่เรียกว่า Factor Loading เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรกับ Factor ทั้ง 3 Factor โดยที่ยังไม่มีการหมุนแกนปัจจัยในตัวอย่างนี้ในเทคนิค Principal component Analysis ซึ่งทำให้ Factor ตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกันซึ่งทำให้ค่า Factor Loading เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรกับ Factor
- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร WEIGHT (น้ำหนักลูกค้า) กับ Factor ที่ 1 มีค่าเป็น .902 ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร WEIGHT กับ Factor ที่ 2 และ 3 จึงค่าน้อยกว่า .2 จึงไม่แสดงค่า จึงสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปร WEIGHT สัมพันธ์กับ Factor ที่ 1 มาก จึงควรจัดตัวแปร WEIGHT ให้อยู่ใน Factor ที่ 1

❖ สรุปการจัดตัวแปรว่าควรอยู่ใน Factor ใด การพิจารณาว่าตัวแปรใดควรอยู่ใน Factor ใดนั้นพิจารณาจากค่า Factor Loading ถ้าค่า Factor Loading ของตัวแปรใน Factor ใดมีค่ามาก (เข้าสู่ +1 หรือ -1) และของ Factor อื่น ๆ มีค่า Factor Loading ต่ำ (เข้าสู่ศูนย์) จะจัดตัวแปรให้อยู่ใน Factor ที่มีค่า Factor Loading สูงแต่ถ้าค่า Factor Loading ใน Factor ต่างๆ แตกต่างกันไม่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถจัดตัวแปรได้ ควรทำการหมุนแกนปัจจัย โดยเลือกการหมุนแบบตั้งฉากกัน หรือเป็นอิสระกัน

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงค่า สัมประสิทธิ์หรือที่เรียกว่า Factor Loading เมื่อทำการหมุนแกนด้วยวิธี Varimax

Rotated Component Matrix[a]

	Component		
	1	2	3
จำนวนเงินที่ใช้โดยเฉลี่ยต่อครั้ง	.896		
น้ำหนักลูกค้า	.869	.245	
อายุ	.865		.242
จำนวนชิ้นที่ซื้อมากที่สุด	.850		
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อเดือน	.826	-.296	
จำนวนชิ้นที่ซื้อปกติ	.702	.382	
ระยะเวลาที่อยู่ในร้านนานที่สุด	.614	.485	.312
ระยะเวลาที่อยู่ในร้าน		.883	
จำนวนครั้งที่ซื้อ	.229	.743	-.386
รายได้			.941

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

ความหมายของผลลัพธ์จากตาราง Rotated Component Matrix[a]

ค่าในตาราง เป็นค่า Factor Loading เมื่อมีการหมุนแกนปัจจัยโดยวิธี Varimax จะพบว่าค่า Factor Loading เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับค่า Factor Loading เมื่อยังไม่มีการหมุนแกนแล้วทำให้ค่า Factor Loading ของบาง Factor มีค่ามากเมื่อเทียบกับของ Factor อื่นๆ ในที่นี้ควรจัดให้

Factor ที่ 1 ประกอบด้วยตัวแปร 7 ตัวแปรคือ PIEC_MAX , AGE ,WEIGHT , EX_TOTAL , TIME_MAX , PIEC_NOR , EXPENCE

Factor ที่ 2 ประกอบด้วยตัวแปร 2 ตัวแปรคือ FREQUENT , TIME_NOR

Factor ที่ 3 ประกอบด้วยตัวแปร 1 ตัวแปรคือ INCOME

และจากผลลัพธ์ 4 ในตาราง สรุปได้ว่า Factor ทั้ง 3 อธิบายความแปรปรวนของตัวแปรได้ 77.948 Factor ที่ 1 อธิบายได้ 48.669 Factor ที่ 2 อธิบายได้ 17.069 และ Factor ที่ 3 อธิบายได้ 12.210

ตารางที่ 2.8 ตารางแสดงค่า Rotation Matrix ที่ใช้ในการหมุนแกนปัจจัยเพื่อเปลี่ยนค่า Factor

Component Transformation Matrix

Component	1	2	3
1	.963	.268	.006
2	-.256	.924	-.283
3	-.082	.271	.959

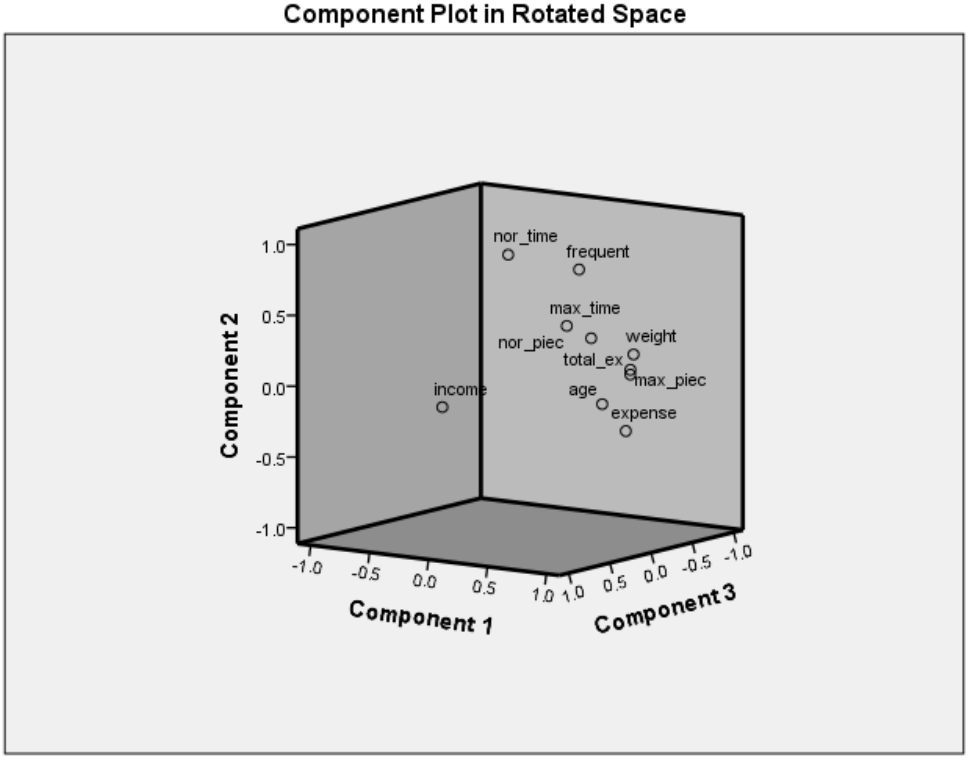
Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

ความหมายของผลลัพธ์จากตาราง Component Transformation Matrix

จากตารางเป็นค่า Rotation Matrix ที่ใช้ในการหมุนแกนปัจจัยเพื่อเปลี่ยนค่า Factor Loading ในตาราง Component Matrix[a] เป็นค่า Factor Loading ใหม่ในตาราง Rotated Component Matrix[a] โดยการหมุนแกนด้วยวิธีแบบ Varimax

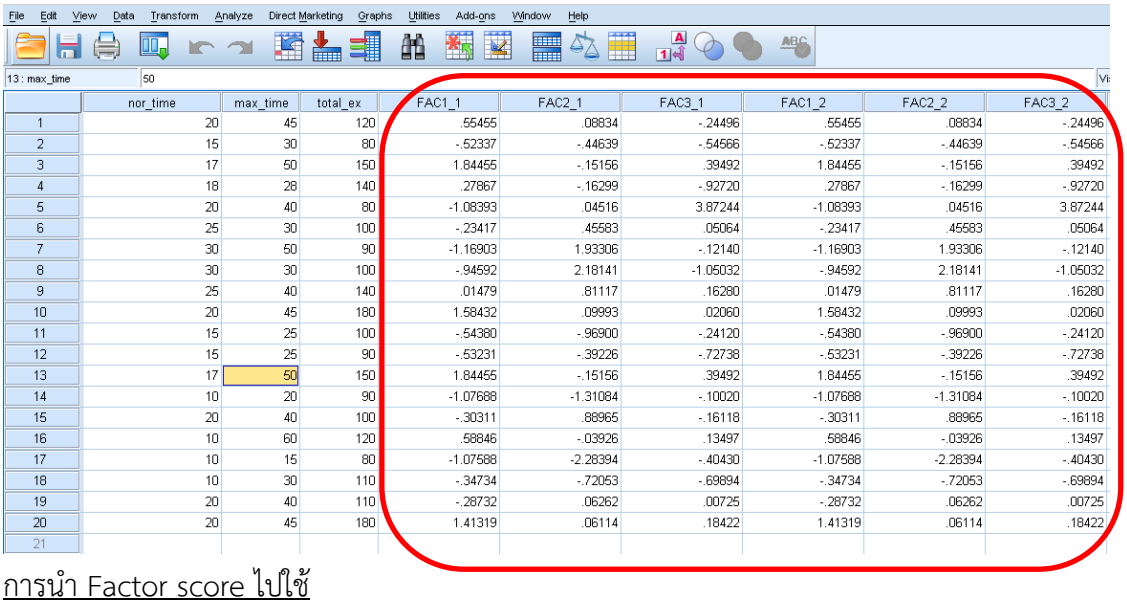
รูปที่ 2.1 แสดงค่า Factor Loading ของแต่ละ Factor



ความหมายของผลลัพธ์จากรูป Component Plot in Rotated Space

รูปภาพแสดงค่า Factor Loading ของแต่ละ Factor ถ้า Factor สามารถแทนตัวแปรต่าง ๆ ได้ดี ตัวแปรจะต้องอยู่ที่ปลายแขน (มีค่า Factor Loading มาก) ถ้ามีตัวแปรอยู่ใกล้จุด intersection จุด (0,0,0) แสดงว่าตัวแปรนั้นไม่สัมพันธ์กับ Factor ใดเลย ในที่นี้ตัวแปรทั้ง 10 ตัวอยู่ที่ปลายแขน จึงจัดตัวแปรให้อยู่ใน Factor ต่างๆ ได้หรือตัวแปรที่อยู่ใน Factor เดียวกันมีความสัมพันธ์กันมาก

เมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้คำสั่ง Factor Analysis แล้วที่ Data จะมีตัวแปรของ Factor เพิ่มขึ้น ดังภาพ



File Edit View Data Transform Analyze Direct Marketing Graphs Utilities Add-ons Window Help

13 : max_time 50

	nor_time	max_time	total_ex	FAC1_1	FAC2_1	FAC3_1	FAC1_2	FAC2_2	FAC3_2
1	20	45	120	.55455	.08834	-.24496	.55455	.08834	-.24496
2	15	30	80	-.52337	-.44639	-.54566	-.52337	-.44639	-.54566
3	17	50	150	1.84455	-.15156	.39492	1.84455	-.15156	.39492
4	18	28	140	.27867	-.16299	-.92720	.27867	-.16299	-.92720
5	20	40	80	-1.08393	.04516	3.87244	-1.08393	.04516	3.87244
6	25	30	100	-.23417	.45583	.05064	-.23417	.45583	.05064
7	30	50	90	-1.16903	1.93306	-.12140	-1.16903	1.93306	-.12140
8	30	30	100	-.94592	2.18141	-1.05032	-.94592	2.18141	-1.05032
9	25	40	140	.01479	.81117	.16280	.01479	.81117	.16280
10	20	45	180	1.58432	.09993	.02060	1.58432	.09993	.02060
11	15	25	100	-.54380	-.96900	-.24120	-.54380	-.96900	-.24120
12	15	25	90	-.53231	-.39226	-.72738	-.53231	-.39226	-.72738
13	17	50	150	1.84455	-.15156	.39492	1.84455	-.15156	.39492
14	10	20	90	-1.07688	-1.31084	-.10020	-1.07688	-1.31084	-.10020
15	20	40	100	-.30311	.88965	-.16118	-.30311	.88965	-.16118
16	10	60	120	.58846	-.03926	.13497	.58846	-.03926	.13497
17	10	15	80	-1.07588	-2.28394	-.40430	-1.07588	-2.28394	-.40430
18	10	30	110	-.34734	-.72053	-.69894	-.34734	-.72053	-.69894
19	20	40	110	-.28732	.06262	.00725	-.28732	.06262	.00725
20	20	45	180	1.41319	.06114	.18422	1.41319	.06114	.18422
21									

การนำ Factor score ไปใช้

1. เนื่องจากแต่ละตัว Factor เป็นตัวแปรตัวหนึ่ง จึงสามารถนำ fac1_1 , fac2_1 และ fac3_1 ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป เช่น ทดสอบสมมติฐาน

2. ใช้ทำ Factor score ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เช่น ถ้าต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพนักงานในบริษัท ซึ่งมี 100 คน ถือว่า พนักงาน 1 คน เป็นหนึ่ง case ตัวแปรหรือข้อมูลของพนักงานแต่ละคน อาจประกอบด้วย อายุ , เพศ , ระดับการศึกษา ผลงาน เช่น ยอดขาย

6. บทสรุป

เทคนิคการวิเคราะห์ปัจจัยมีหน้าที่หลักก็คือ จับกลุ่ม รวมกลุ่ม หรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน โดยตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก ซึ่งความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่อยู่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย สำหรับตัวย่อของเทคนิคนี้ก็คือ FA โดยที่เทคนิคนี้จะไม่มีการแยกว่าในกลุ่มตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) และตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม

แบบฝึกหัดบทที่ 2
เรื่อง การวิเคราะห์ปัจจัย

ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อจักรยานยนต์ ผู้วิจัยได้พิจารณาถึงตัวแปรที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อมา 15 ตัวแปรดังนี้

X_1 : ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
X_2 : มีสีให้เลือกหลากหลาย
X_3 : รูปทรงสะดุดตา
X_4 : รูปทรงทันสมัย
X_5 : ราคาขายต่อ
X_6 : พื้นที่ใช้สอย
X_7 : การประหยัดน้ำมัน
X_8 : จำนวนศูนย์ให้บริการ
X_9 : ความยาก/ง่ายในการขี่
X_{10} : ขนาดของเครื่องยนต์
X_{11} : สมรรถนะเครื่องยนต์และความปลอดภัย
X_{12} : การให้บริการของตัวแทนจำหน่าย
X_{13} : ข้อเสนอเงินดาวน์และดอกเบี้ยในการผ่อนชำระต่ำ
X_{14} : ของสมนาคุณที่ได้รับ
X_{15} : การโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ

เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนความสำคัญของตัวแปร โดยคะแนนอยู่ในช่วง 1 – 5 คะแนน ได้ข้อมูลดังนี้

คนที่	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
1	5	4	3	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	3	5
2	4	3	4	5	5	4	5	4	4	5	4	5	4	3	5
3	5	4	5	3	5	4	5	4	5	5	5	5	4	3	5
4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
5	5	4	2	5	3	5	5	5	5	5	5	5	3	4	5
6	4	5	5	5	3	5	5	5	5	5	3	4	3	4	5
7	3	5	5	5	3	5	4	5	4	4	3	4	3	3	4
8	5	5	4	5	4	4	4	3	5	4	4	5	5	3	4
9	4	4	4	4	2	4	4	4	5	3	4	5	5	3	5
10	3	5	3	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4
11	4	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4
12	5	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5
13	3	4	5	3	4	4	4	5	5	3	5	4	5	5	5
14	4	5	5	3	4	3	5	5	4	4	5	5	5	4	5
15	4	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	3	5	4	5
16	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	3	5	5	5
17	5	5	4	4	3	4	5	4	5	3	3	4	4	4	3
18	5	5	4	4	5	4	5	5	4	4	5	3	4	5	3

คนที่	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}
19	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	5	4	5	5	3
20	4	5	5	4	4	5	4	5	5	5	4	4	5	5	3
21	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4
22	5	3	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5
23	5	3	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5
24	5	4	5	4	5	5	4	4	4	4	5	5	4	3	5
25	4	5	4	4	5	5	5	3	5	5	4	5	3	3	4
26	4	5	4	5	4	4	5	3	5	4	4	5	5	4	3
27	5	5	5	5	5	4	5	4	4	3	5	5	5	5	4
28	5	4	5	4	5	3	4	5	4	4	5	5	5	5	4
29	5	4	4	5	5	4	4	5	3	4	4	4	4	5	5
30	3	3	4	5	5	5	5	4	3	5	5	3	3	4	5
31	3	4	3	5	4	5	5	4	4	5	4	5	5	3	4
32	4	4	3	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	3
33	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	3
34	5	5	4	5	4	4	5	3	5	3	5	4	5	5	4
35	4	5	5	5	5	5	5	5	3	4	4	5	5	4	5
36	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
37	5	5	5	3	4	5	5	4	4	5	4	5	3	5	5
38	4	5	4	4	5	5	5	4	3	4	4	5	5	5	5
39	4	4	4	5	5	4	4	5	3	3	5	5	5	4	5
40	5	4	5	5	5	3	5	4	5	3	5	5	5	3	4

1. จงจัดกลุ่มตัวแปรใหม่โดยใช้เทคนิค Factor Analysis โดยใช้วิธี Principal Component Analysis (PCA) ในการสกัดปัจจัย และหมุนแกนด้วยวิธี Varimax
2. เมื่อทำการจัดกลุ่มตัวแปรใหม่แล้วให้ตั้งชื่อปัจจัยที่สร้างขึ้นใหม่

เอกสารอ้างอิงบทที่ 2

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2551). **การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. (2543). **การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล.** กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

วิรัช วรรณรัตน์. (2538). “การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor analysis)”, **วารสารการวัดผลการศึกษา.** 48 (มกราคม-เมษายน 2538), 37-42.

ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2544). **การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์.** พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2540. **เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เลี่ยงเชียง.

การวิเคราะห์ปัจจัย. (2557). ค้นเมื่อ 16 เมษายน 2557, จาก http:// www.rlc.nrct.go.th/ewt_dl.php?nid=1108.