



สถิติเบื้องต้น เพื่องานส่งเสริมการเกษตร

ELEMENTARY STATISTICS FOR AGRICULTURAL EXTENSION



กลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ
ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
กรมส่งเสริมการเกษตร
2567

บทสรุปผู้บริหาร

การจัดทำคู่มือสถิติเบื้องต้นเพื่องานส่งเสริมการเกษตร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้บุคลากรของกรมส่งเสริมการเกษตร มีความเข้าใจในการใช้สถิติพื้นฐานเพื่อประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหรือนำเสนอผลงานทางวิชาการ สามารถนำไปเป็นเครื่องมือช่วยพัฒนางานของตน อีกทั้งการปฏิบัติงานของนักส่งเสริมการเกษตร ถือเป็นอาชีพที่ต้องเรียนรู้ก้าวหน้าทันวิทยาการใหม่ ๆ จึงต้องอ่านและประเมินงานวิชาการหรืองานวิจัยอยู่บ่อยครั้ง ความเข้าใจสถิติจะช่วยให้การอ่านบทความงานวิชาการหรืองานวิจัยทำได้ง่ายขึ้นและสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของงานที่อ่านได้ การใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลหากนำสถิติไปประยุกต์ใช้ด้วยสถิติพรรณนาก็อาจไม่เป็นปัญหามากนัก แต่หากต้องการทดสอบค่าทางสถิติสำหรับการทำวิจัยอาจเริ่มมีความซับซ้อน เพราะจะเข้าสู่การใช้สถิติอนุมานซึ่งเป็นแกนสำคัญของงานวิจัยในแทบทุกสาขาวิชา เราจะใช้สถิติอนุมานเป็นเครื่องมือในการหาองค์ความรู้หรือข้อสรุปใหม่ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) หากมีความเข้าใจและนำมาใช้อย่างถูกต้องแล้วจะให้ผลสรุปที่มีความน่าเชื่อถือในระดับสูง ในปัจจุบันการนำสถิติไปประยุกต์ใช้นั้นมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ใช้ประมวลผลข้อมูลหลากหลาย โปรแกรมทำให้ง่ายขึ้นมาก และเนื่องจากสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมีเนื้อหาเป็นจำนวนมาก การจัดทำคู่มือเล่มนี้จึงนำเสนอเฉพาะที่จำเป็นและบางหัวข้อได้เสนอเกี่ยวกับ Concept เท่านั้น เพื่อเป็นแนวทางศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป ทั้งนี้ได้ยึดเนื้อหาสถิติเบื้องต้น (Elementary Statistics) ในระดับของมหาวิทยาลัยเป็นหลัก

เนื้อหาในคู่มือได้นำเสนอแนวทางการเลือกใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการเลือกใช้ในแต่ละวิธีการจะขึ้นอยู่กับลักษณะระดับการวัดของข้อมูล การแจกแจงข้อมูล จำนวนกลุ่มของข้อมูล จำนวนตัวแปรที่ใช้ ลักษณะการทดสอบ เงื่อนไขข้อกำหนดต่าง ๆ โดยวัตถุประสงค์ในการเลือกใช้ได้จำแนกประเภทสถิติไว้ 2 ประเภท คือ 1) สถิติพรรณนา เป็นการเลือกแนวทางการนำเสนอผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ในรูปแบบข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่างที่ศึกษาแต่ไม่นำไปอ้างอิงถึงประชากรเป้าหมาย ในการเลือกใช้มักใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการรายงานผลการศึกษา ก่อนนำไปสู่การอนุมานทางสถิติต่อไป เช่น หาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น ทั้งนี้ข้อดีของสถิติเชิงพรรณนา คือ ใช้กับข้อมูลได้หลายประเภท สรุปข้อมูลได้กระชับ เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลแล้วนำเสนอเป็นรูปแผนภูมิ ตารางและกราฟประเภทต่าง ๆ ทำให้ทราบผลการวิเคราะห์ได้เป็นรูปธรรมมากกว่าการพิจารณาเฉพาะตัวเลขหรือคำบรรยาย 2) สถิติอนุมาน เพื่อใช้ในการอ้างอิงถึงประชากร ประกอบด้วย 2.1) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรเป้าหมาย จากการประมาณค่าตัวสถิติของตัวอย่าง เป็นการวัดค่าที่สนใจของประชากรจากกลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมได้ เช่น การหาช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยในระดับนัยสำคัญที่กำหนด เป็นต้น 2.2) การทดสอบสมมติฐาน เพื่อตรวจสอบว่าการศึกษาลักษณะบางประการของประชากรเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปอ้างอิงถึงประชากรได้ เช่น t-test, ANOVA, ไคสแควร์, Correlation เป็นต้น 2.3) การพยากรณ์หรือทำนายเพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่สนใจของประชากร โดยอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่เกิดขึ้นจากกลุ่มตัวอย่าง และนำผลไปทำนายแนวโน้มของพารามิเตอร์ที่สนใจในประชากรเป้าหมาย สถิติที่ใช้ เช่น การถดถอย (Regression) เป็นต้น ทั้งนี้ ในขั้นตอนของงานที่ทำการศึกษาและใช้สถิติเป็นเครื่องมือ ผู้ศึกษาต้องวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลรวมถึงการเลือกใช้สถิติตั้งแต่เริ่มต้นออกแบบกระบวนการงาน เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแนวทางที่วางไว้และใช้สถิติได้เหมาะสม นำไปสู่การสรุปผลที่ถูกต้อง



คำนำ

กลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสาร ได้ดำเนินการจัดทำคู่มือสถิติเบื้องต้นเพื่องานส่งเสริมการเกษตร มีวัตถุประสงค์ให้บุคลากรของกรมส่งเสริมการเกษตรได้นำหลักเกณฑ์ทางสถิติไปประยุกต์ใช้ในงานวิชาการหรือด้านการวิจัย หรือใช้เป็นแนวทางการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป เนื้อหาในคู่มือเล่มนี้แม้จะเป็นเพียงขั้นการแนะนำ คือไม่ได้ศึกษาอย่างครบถ้วนและถี่ถ้วนให้ครบทุกรูปแบบ แต่ก็เพียงพอสำหรับการจัดทำผลงานวิจัยในงานส่งเสริมการเกษตร โดยการจัดทำคู่มือได้ยึดเนื้อหาสถิติเบื้องต้น (Elementary Statistics) ในระดับมหาวิทยาลัยเป็นหลัก ได้แบ่งเนื้อหาเป็น 3 ส่วน แต่ละส่วนประกอบด้วยเนื้อหาในแต่ละบท ดังนี้

ส่วนที่ 1 สถิติที่ใช้บรรยายลักษณะข้อมูล ประกอบด้วย บทที่ 1 - 3

ส่วนที่ 2 สถิติอนุมาน การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐาน และสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ประกอบด้วย บทที่ 4 - 5

ส่วนที่ 3 สถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์และพยากรณ์ ได้แก่ ไคสแควร์ สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์ถดถอย ประกอบด้วย บทที่ 6 - 7

เนื้อหาของสถิติทดสอบในบางส่วน ได้นำเสนอตัวอย่างการใช้คำสั่ง SPSS ช่วยในการคำนวณพร้อมกับนำเสนอผลและแปลผลจากการคำนวณ

ในการนำเสนอเนื้อหาอาจจะมีไม่ครบถ้วนบ้างไม่สมบูรณ์ไปบ้าง จึงต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือเล่มนี้จะให้ประโยชน์กับผู้อ่านและผู้ que เริ่มศึกษาความรู้ด้านสถิติจากคู่มือเล่มนี้ตามสมควร กลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ เจ้าของหนังสือเอกสาร ตำรา ที่ได้นำมาใช้ในการอ้างอิงครั้งนี้

กลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ

กันยายน 2567

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	(1)
คำนำ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานทางสถิติ	1
1.1 เหตุผลที่ต้องเรียนรู้สถิติและบทบาทของสถิติ	1
1.2 ความหมายของสถิติ (Statistics) มี 2 ประการ คือ	2
1.3 คำศัพท์เบื้องต้นทางสถิติ	3
1.4 ประเภทของข้อมูลและมาตรวัด	6
1.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	11
1.6 การแจกแจงคุณภาพ	11
1.7 การแจกแจงเชิงปริมาณ หรือ การแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution)	13
1.8 การนำความรู้ด้านสถิติไปประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์ข้อมูล	17
สรุป	17
บทที่ 2 ประชากรและตัวอย่าง	19
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	19
2.2 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง	22
2.3 การออกแบบประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	24
2.4 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Determining the sample size)	26
2.5 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	38
2.6 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ดี	42
2.7 การเลือกตัวอย่างไปใช้ในการวิจัย	42
สรุป	44

	หน้า
บทที่ 3 สถิติเชิงพรรณนา	46
3.1 การจำแนกประเภทของสถิติ	46
3.2 สถิติเชิงพรรณนา	47
3.3 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Measure of Central tendency)	48
3.4 การวัดการกระจาย (Measure of Dispersion)	60
สรุป	68
บทที่ 4 สถิติเชิงอนุมาน การประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน	69
4.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation of parameter)	70
4.2 การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation)	70
4.3 การประมาณค่าแบบช่วง	74
4.4 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)	83
4.5 ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน	91
สรุป	104
บทที่ 5 การเลือกใช้สถิติเพื่อการเปรียบเทียบ (Data Comparison)	107
5.1 การเลือกใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล	107
5.2 สถิติเพื่อการเปรียบเทียบ (Data comparison)	107
5.3 สถิติทดสอบ t-test	108
5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)	145
5.5 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	147
5.6 หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	148
5.7 ประเภทของการวิเคราะห์ความแปรปรวน	149
5.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หรือปัจจัยเดียว	149
5.9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Post Hoc Comparisons)	153
5.10 ตัวอย่างวิธีการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)	154
5.11 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS	159
5.12 การนำรูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัย	162

	หน้า
5.13 การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Analysis and Planning of Completely Randomized Design: CRD)	164
สรุป	177
บทที่ 6 การเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์สองตัวแปร ไคสแควร์ (Chi Square)	179
6.1 การใช้สถิติทดสอบไคสแควร์	179
6.2 เงื่อนไขและรูปแบบการวิเคราะห์	180
6.3 สูตรที่ใช้คำนวณในการคำนวณค่าไคสแควร์	182
6.4 ประเด็นปัญหาการวิจัยที่วิเคราะห์ด้วยไคสแควร์	188
6.5 ตัวอย่างการคำนวณค่าไคสแควร์ (χ^2)	191
สรุป	209
บทที่ 7 การเลือกใช้สถิติ วิเคราะห์ความสัมพันธ์สองตัวแปรด้วยสหสัมพันธ์และการถดถอย	211
7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว	211
7.2 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination) R^2	222
7.3 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)	222
7.4 ความสัมพันธ์ของสหสัมพันธ์และการถดถอย	223
7.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย	224
7.6 ความแตกต่างระหว่างสหสัมพันธ์กับการถดถอย	237
7.7 ข้อควรระวังในการใช้วิเคราะห์การถดถอย	237
7.8 การนำสหสัมพันธ์และการถดถอยมาใช้ในการทดลองทางพืช	238
สรุป	238

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	240
ภาคผนวก	242
ภาคผนวก ก ตารางการเลือกใช้สถิติกรณีมี 2 ตัวแปร (Bivariate Statistics)	243
ภาคผนวก ข_1 ตารางการเลือกใช้สถิติจำแนกตามวัตถุประสงค์และประเภทของข้อมูล	244
ภาคผนวก ข_2 ตารางการเลือกใช้สถิติจำแนกตามวัตถุประสงค์และประเภทของข้อมูล	245
ภาคผนวก ค ตารางสถิติ	246
ตารางที่ 1 ตารางพื้นที่ใต้โค้งปกติ	247
ตารางที่ 2 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงที	248
ตารางที่ 3 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงไคสแควร์	249
ตารางที่ 4 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงเอฟ	250



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ความหมายของสถิติ	2
1.2 แสดงข้อมูลทางสถิติจำแนกตามลักษณะข้อมูล และแหล่งที่มาของข้อมูล	7
1.3 ชนิดของข้อมูลจากมาตรวัด 4 ระดับ	11
2.1 การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)	40
2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของการสุ่มแบบแบ่งชั้นกับการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม	43
3.1 การแจกแจงเบ้ไปทางขวา	57
3.2 การแจกแจงสมมาตร (แจกแจงปกติ)	57
3.3 การแจกแจงเบ้ไปทางซ้าย	58
3.4 แสดงการแจกแจงแบบเบ้ขวา	58
3.5 ลักษณะข้อมูลกระจายแบบปกติ	59
3.6 ลักษณะข้อมูลที่กระจายแบบไม่ปกติ	59
3.7 ลักษณะข้อมูลที่กระจายแบบไม่ปกติ แบบมีค่าจำนวนหนึ่งอยู่นอกกลุ่มไกลมาก	60
3.8 พิจารณาข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)	65
4.1 แสดงแนวคิดของสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic)	69
4.2 การใช้เกณฑ์ทั่วไปสำหรับการทดสอบสมมติฐานหลัก H_0	94
4.3 การใช้เกณฑ์สถิติสำหรับการทดสอบสมมติฐานหลัก H_0	94
4.4 กรณีมีการกำหนดเกณฑ์ α ไว้มาก	95
4.5 กรณีมีการกำหนดเกณฑ์ α ไว้น้อย	95
4.6 ขอบเขตสำหรับทดสอบแบบสองทาง	100
4.7 ขอบเขตสำหรับทดสอบแบบทางเดียว เขตปฏิเสธอยู่ด้านซ้าย	100
4.8 ขอบเขตสำหรับทดสอบแบบทางเดียว เขตปฏิเสธอยู่ด้านขวา	101
5.1 แสดงตัวแปรอิสระและตัวตาม ในโจทย์ตัวอย่างที่ 5.3	125
5.2 การสุ่มเข้าการทดลองเป็นแบบการจัดคู่ (Matching) หรือการสุ่มจากบล็อก (Randomized Block Design)	135
5.3 ความสัมพันธ์ตัวแปรเชิงปริมาณกับตัวแปรเชิงกลุ่มของ ANOVA	147

ภาพที่	หน้า
5.4 รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)	151
5.5 การสุ่มและผังการทดลอง	169
7.1 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง	211
7.2 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นโค้ง	211
7.3 ตัวแปร X และตัวแปร Y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน	212
7.4 แสดงถึง $r_{xy} = -1$	215
7.5 แสดงถึง $r_{xy} = -0.7$	215
7.6 แสดงถึง $r_{xy} = 0$	215
7.7 แสดงถึง $r_{xy} = 0.8$	216
7.8 แสดงถึง $r_{xy} = 1$	216



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 เปรียบเทียบสัญลักษณ์ค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ	5
2.1 ค่าสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างลบหนึ่ง (n-1)	19
2.2 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครจซีและมอร์แกนแกน (Krejcie and Morgan)	33
2.3 การกำหนดขนาดตัวอย่างของยามาเน (Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	35
2.4 การกำหนดขนาดตัวอย่างของยามาเน (Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%	36
2.5 ความแตกต่างของตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง	37
2.6 การประมาณค่าขนาดอิทธิพลที่ Cohen (1977) กำหนดไว้ 3 ระดับ	38
3.1 เปรียบเทียบการเลือกใช้สถิติการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง	58
3.2 แสดงตัวอย่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของเกษตรกร ที่มีต่อโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกข้าว	64
3.3 เปรียบเทียบการเลือกใช้การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง และการวัดการกระจาย ที่ของข้อมูลกับมาตรวัดระดับข้อมูล	67
3.4 เปรียบเทียบการเลือกใช้สถิติเชิงพรรณนา กับมาตรวัดระดับข้อมูล	67
4.1 ค่าพารามิเตอร์ สัญลักษณ์แทนคุณลักษณะประชากร	87
4.2 ข้อความในสมมติฐานการวิจัยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทาง คณิตศาสตร์ในสมมติฐานทางสถิติ	89
4.3 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบสมมติฐาน	91
4.4 แนวทางการตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบสมมติฐาน	92
5.1 ตรวจสอบข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่	110
5.2 ตรวจสอบข้อมูลผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่	113
5.3 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย One- Sample Test	115

ตารางที่	หน้า
5.4 เขตปฏิเสธ H_0 สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 1 และ 2 ประชากร เมื่อใช้ผลลัพธ์ของ SPSS	116
5.5 ตัวอย่างวิธีการหาค่าสถิติ F จากการเปิดตาราง The F Distribution	119
5.6 ตรวจสอบข้อมูลน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบ ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่	121
5.7 ตรวจสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบว่าแตกต่างกันหรือไม่	122
5.8 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Independent Sample Test	126
5.9 ตรวจสอบข้อมูลน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบ ว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่	131
5.10 ตรวจสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำ และน้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงว่าแตกต่างกันหรือไม่	132
5.11 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Independent Sample Test กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	133
5.12 เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ของการทดสอบแบบจับคู่ (Pair t-test)	141
5.13 เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ของการทดสอบแบบ Pair t-test เมื่อใช้ผลลัพธ์ SPSS	141
5.14 ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปร สำหรับ Paired Samples t-test	144
5.15 แสดงค่า Correlation เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร	144
5.16 แสดงค่าการทดสอบ Pair-Sample T-Test	145
5.17 รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง	149
5.18 ตารางรูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)	152
5.19 การคำนวณเพื่อแทนค่าในตารางรูปแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว	155
5.20 ตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว จากตัวอย่างที่ 5.7	157

ตารางที่	หน้า
5.21 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่	158
5.22 ทดสอบเงื่อนไขการแจกแจงปกติของตัวอย่างที่ 5.7	159
5.23 ตรวจสอบเงื่อนไขความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 5.7	160
5.24 ผลการวิเคราะห์ One Way ANOVA	161
5.25 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนสหสัมพันธ์ (Eta-squared: E^2)	161
5.26 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Scheffe	162
5.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลอง CRD	169
5.28 ทดสอบเงื่อนไขการแจกแจงปกติของตัวอย่างที่ 5.8	173
5.29 ตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว จากตัวอย่างที่ 5.7	174
5.30 ผลการวิเคราะห์ One Way ANOVA	175
5.31 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนสหสัมพันธ์ (Eta-squared: E^2)	175
5.32 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Scheffe Multiple Comparisons	176
6.1 ตารางการจำแนกข้อมูล 2 ทาง แบบ 2x2	182
6.2 จัดทำตาราง แบบ 2x2 ของผู้ป่วยที่สัมผัสกับไม่สัมผัสปัจจัยเสี่ยง	183
6.3 ตารางพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ด้วย Mantel-Haenzel	184
6.4 ตัวอย่างความคิดเห็นของนักเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับนโยบายดิจิทัลวอลเลต	187
6.5 ประเด็นปัญหาการวิจัยที่วิเคราะห์ด้วยไคสแควร์	187
6.6 ตัวอย่างที่ 6.2 จำนวนสตรีที่สูบบุหรี่แยกตามอาชีพ	191
6.7 จำนวนและร้อยละของสตรีที่นิยมสูบบุหรี่จำแนกตามอาชีพ	191
6.8 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าความถี่ของ 5 กลุ่มอาชีพของสตรีที่นิยมสูบบุหรี่	192
6.9 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์	193
6.10 ตัวอย่างที่ 6.3 จำนวนลำตันถั่วเขียวแยกตามสีของลำตัน	193
6.11 ผลลัพธ์จาก SPSS ความถี่ของลำตันถั่วเขียว 2 กลุ่ม แยกตามลำตันสีม่วงและสีเขียว	194

ตารางที่	หน้า
6.12 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์	195
6.13 ตัวอย่างที่ 6.4 จำนวนไร่นาจำแนกตามชนิดของดิน	196
6.14 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าความถี่ ร้อยละ ชนิดของดินกับประเภทของไร่นา	197
6.15 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์	197
6.16 ตัวอย่างที่ 6.5 จำนวนการแตกรากของกิ่งตอนพืช	198
6.17 ตัวอย่างที่ 6.5 ผลลัพธ์จาก SPSS ความถี่และร้อยละการแตกรากของกิ่งตอน	199
6.18 ตัวอย่างที่ 6.5 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์	200
6.19 ตัวอย่างที่ 6.6 ผลลัพธ์จาก SPSS ความถี่และร้อยละของวิธีการเดินทาง ของบุคลากรจำแนกตามช่วงอายุนาน	204
6.20 ตัวอย่างที่ 6.6 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์	205
6.21 ตัวอย่างที่ 6.6 ตัวอย่างที่ 6.6 ทดสอบหาปริมาณความสัมพันธ์	205

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานทางสถิติ

1.1 เหตุผลที่ต้องเรียนรู้สถิติและบทบาทของสถิติ

1.1.1 เหตุผลที่ต้องเรียนรู้สถิติ

- 1) ช่วยให้เราอ่านวารสารหรือบทความทางวิชาการได้เข้าใจเพราะจะอธิบายด้วยข้อมูล ที่ผ่านการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งจะมีศัพท์เทคนิคทางสถิติ หรือการคำนวณด้วยสูตรทางสถิติ
- 2) ช่วยให้เราพิจารณาได้ว่า ข้อมูลและสารสนเทศที่มีผู้นำมาเสนอนั้นน่าเชื่อถือหรือไม่
- 3) เป็นส่วนหนึ่งของระเบียบวิธีวิจัยที่จะช่วยให้ทำวิจัยได้
- 4) ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล หาข้อสรุปจากข้อมูล แล้วนำเสนอ อธิบาย ความหมายของข้อมูลประกอบการกำหนดนโยบาย/แผนงานต่าง ๆ และประกอบการตัดสินใจ ฯลฯ

1.1.2 บทบาทของสถิติในด้านต่าง ๆ

- 1) การเปรียบเทียบผลผลิตข้าวพันธุ์ใหม่กับข้าวพันธุ์เดิม
- 2) การสำรวจความคิดเห็นหรือโพล (Poll)
- 3) การควบคุมคุณภาพสินค้าที่ผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด
- 4) การกำหนดเบี้ยประกันภัยรถยนต์
- 5) การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวต่างประเทศ ฯลฯ

ตัวอย่างที่ 1.1 บทบาทของสถิติ

การกำหนดเบี้ยประกันอุบัติเหตุรถยนต์ รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุจำแนกตามปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ เช่น อายุ เพศ อาชีพ ประสบการณ์ในการขับรถ ประวัติของผู้ขับขี่ เป็นต้น โดยวิธีทางสถิติจะเก็บข้อมูลในอดีตที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งแล้วคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเกิดอุบัติเหตุในแต่ละลักษณะเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณเบี้ยประกัน

การควบคุมคุณภาพสินค้าที่ผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากโรงงานไม่สามารถตรวจสอบคุณภาพสินค้าได้ทุก ๆ ชิ้นที่ผลิต ต้องอาศัยวิธีทางสถิติ สุ่มตัวอย่างสินค้ามาจำนวนหนึ่ง แล้วใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ว่าสินค้าตรงตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

การใช้ข้อมูลสถิติทางการเกษตรของภาครัฐในการกำหนดนโยบายและวางแผนพัฒนาด้านเกษตร เช่น ข้อมูลคร่าวเรือนที่ทำการเกษตร ภาวะทางเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนภาคเกษตร พื้นที่ทำการเพาะปลูก/เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากการเพาะปลูก ผลผลิตทางการเกษตร ราคาสินค้าเกษตร ข้อมูลแหล่งน้ำ แหล่งชลประทาน ฯลฯ

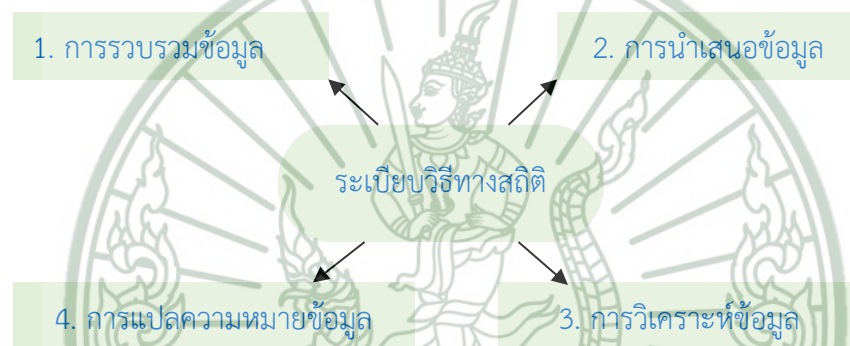
1.2 ความหมายของสถิติ (Statistics)

นักวิชาการได้ให้ความหมายของสถิติ ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2555: 212)

1) สถิติ หมายถึง ข้อมูลตัวเลขที่ได้จากการรวบรวมตัวเลขหลายตัว

- ปริมาณน้ำฝนของกรุงเทพมหานครในแต่ละปี
- มูลค่าการนำเข้าสินค้าอุตสาหกรรมปุ๋ยเคมีในแต่ละเดือน
- จำนวนเงินที่แต่ละแผนกขายสินค้าได้ในแต่ละสัปดาห์ของห้างสรรพสินค้า
- ร้อยละคนว่างงานในแต่ละไตรมาส

2) สถิติ หมายถึง ระเบียบวิธีทางสถิติที่ว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูลเบื้องต้น การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลเพื่ออธิบาย หรือนำไปใช้ในการตัดสินใจ



ภาพที่ 1.1 ความหมายของสถิติ

ความหมายของระเบียบวิธีทางสถิติดังกล่าวจะ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สถิติพรรณนา และ สถิติอนุมาน

2.1) สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ศาสตร์ที่ว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอด้วยการบรรยาย ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ส่วนการวิเคราะห์ ประกอบด้วย การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง การวัดการกระจาย เป็นต้น

2.2) สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) ศาสตร์ที่ว่าด้วยการสรุปถึงข้อเท็จจริงของข้อมูลในภาพรวมทั้งหมดในลักษณะการประมาณค่า และการทดสอบสมมติฐาน อาศัยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาเป็นตัวอย่าง โดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น

ตัวอย่างที่ 1.2 สถิติพรรณนา และสถิติอนุมาน

ในการศึกษาค่าใช้จ่ายในการบริโภครายเดือนของครัวเรือนเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา โดยสุ่มตัวอย่างครัวเรือนมา 300 ครัวเรือน พบว่า ค่าใช้จ่ายในการบริโภครายเดือนเฉลี่ยครัวเรือนละ 7,000 บาท เราเรียกสถิตินี้ว่า “สถิติพรรณนา”

จากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคทรายเดือนครัวเรือนละ 7,000 บาท โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น เราสามารถประมาณค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคทรายเดือนของครัวเรือนในจังหวัดนครราชสีมาด้วยความเชื่อมั่น 95% ของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการบริโภคมีค่าอยู่ระหว่าง 6,800 ถึง 7,300 บาท เราเรียกสถิตินี้ว่า “สถิติอนุมาน”

อยากทราบว่าเกษตรกรปลูกข้าวจังหวัด
สุพรรณบุรีจำนวน 300,000 ครัวเรือน
มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนเท่าใด ?

เสนอให้เก็บข้อมูลมา 300
ครัวเรือน ได้ข้อมูลดังนี้ 5,300 4,200
6,500 4,800 6,000 5,000 ..., 5,600
หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ย ได้เท่ากับ
5,600 บาท สรุปผลว่า ค่าใช้จ่ายต่อ
เดือนของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน
300 ครัวเรือน เท่ากับ 5,600 บาท



สถิติพรรณนา

อยากทราบว่าเกษตรกรปลูกข้าว
จังหวัดสุพรรณบุรีจำนวน 300,000
ครัวเรือน มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน
เท่าใด ? เสนอให้เก็บข้อมูลมา 300
ครัวเรือน ได้ข้อมูลดังนี้ 5,300 4,200
6,500 4,800 6,000, 5,600
หลังจากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ย ได้เท่ากับ
5,600 บาท สรุปผลว่า ค่าใช้จ่ายต่อ
เดือนของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน
300,000 ครัวเรือน เท่ากับ 5,600 บาท



สถิติอนุมาน

1.3 คำศัพท์เบื้องต้นทางสถิติ

ในเบื้องต้นก่อนที่จะเข้าสู่วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในส่วนของสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ต้องทำความเข้าใจว่า ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์นั้นคือประชากร หรือจากการสุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความหมายของสถิติอนุมาน จะเห็นว่ามีคำศัพท์ที่มาเกี่ยวข้อง คือ “ประชากร (Population)” และ “กลุ่มตัวอย่าง (Sample)” โดยประชากรและตัวอย่างจะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน ดังนี้

1.3.1 ประชากร (Population)

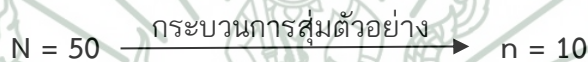
ประชากร (Population: แทนด้วย N ตัวใหญ่) หมายถึง กลุ่มทั้งหมดของคน สัตว์ สิ่งของ ซึ่งมีคุณลักษณะร่วมกันตรงกับผู้ที่สนใจศึกษา เช่น ถ้าต้องการศึกษาความต้องการร้านอาหารของสหกรณ์ ออมทรัพย์กรมส่งเสริมการเกษตร กลุ่มประชากรก็คือบุคลากรทั้งหมดของกรมส่งเสริมการเกษตร และจะเรียกค่าที่คำนวณจากสมาชิกทั้งหมดของประชากรว่า “ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)” ซึ่งจะเขียนสัญลักษณ์ด้วยอักษรกรีก เช่น ค่าเฉลี่ยประชากร (μ), ผลต่างของค่าเฉลี่ยประชากร ($\mu_1 - \mu_2$), ค่าสัดส่วนประชากร (p), ผลต่างของค่าสัดส่วนประชากร ($p_1 - p_2$), ความแปรปรวนประชากร (σ^2) และอัตราส่วนของความแปรปรวนประชากร ($\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$) แบ่งประชากรที่ศึกษาออกเป็น

1) ประชากรที่นับได้ (finite population) ประชากรมีจำนวนจำกัด สามารถนับได้ เช่น จำนวนบุคลากรของกรมส่งเสริมการเกษตร ในปีงบประมาณ 2567 จำนวนแม่วัวพันธุ์ A ที่ฟาร์มโชคชัย ฯลฯ

2) ประชากรที่นับไม่ได้ (infinite population) ประชากรที่มีอยู่มากมายจนไม่สามารถนับได้ครบถ้วน หรือเกิดขึ้นใหม่อยู่เรื่อย ๆ จนไม่สามารถนับได้ครบถ้วน เช่น จำนวนเม็ดทรายที่ชายหาดพัทยา จำนวนเส้นผมของ น.ส. เจนนี่ จำนวนใบไม้ต้นนนทรีหน้าอาคารหอประชุมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฯลฯ

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่าง (Sample: แทนด้วย n ตัวเล็ก) หมายถึงกลุ่มสมาชิกที่เป็นส่วนหนึ่งของประชากรอาจเป็นคน สัตว์ สิ่งของ ที่ได้คัดเลือกมาบางส่วนเพื่อเป็นตัวแทนของประชากรที่สนใจศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ดีต้องมีคุณสมบัติหรือคุณลักษณะใกล้เคียงครอบคลุมประชากรทั้งหมดและมีขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม ในกรณีกลุ่มประชากรที่จะศึกษานั้นเป็นกลุ่มขนาดใหญ่เกินความสามารถหรือความจำเป็นที่ต้องการ หรือเพื่อประหยัดในด้านงบประมาณและเวลาเราสามารถศึกษาข้อมูลเพียงบางส่วนของกลุ่มประชากรได้ จะเรียกค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างว่า “ค่าสถิติ (Statistic)” เขียนสัญลักษณ์แทนด้วยอักษรภาษาอังกฤษ เช่น ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s.d.) ความแปรปรวน (s^2)



1.3.3 พารามิเตอร์ (parameter)

พารามิเตอร์ (parameter) ค่าที่แสดงลักษณะ หรือคุณสมบัติของประชากร ซึ่งคำนวณมาจากสมาชิกทั้งหมดของประชากร ค่าพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่มีเพียงค่าเดียว

$$\begin{aligned}\mu &= 10 \rightarrow \text{ค่าเฉลี่ย} \\ p &= 10 \rightarrow \text{ค่าสัดส่วน} \\ \sigma^2 &= 10 \rightarrow \text{ค่าความแปรปรวน}\end{aligned}$$

1.3.4 ค่าสถิติ (Statistic)

ค่าสถิติ (Statistic) คือ ค่าที่แสดงลักษณะหรือคุณสมบัติของตัวอย่างคำนวณมาจากสมาชิกเพียงบางส่วนของประชากร

$$\begin{aligned}\bar{X} &= 10 \rightarrow \text{ค่าเฉลี่ย} \\ p &= 10 \rightarrow \text{ค่าสัดส่วน} \\ S^2 &= 10 \rightarrow \text{ค่าความแปรปรวน}\end{aligned}$$

ค่าสถิติสามารถแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนไปค่าสถิติก็จะเปลี่ยนไปด้วย

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบสัญลักษณ์ค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ

ค่าสถิติ	ประชากร (N)	ตัวอย่าง (n)
	ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)	ค่าสถิติ (Statistics)
ค่าเฉลี่ย (Mean)	μ	$\bar{X}$
ค่าสัดส่วน (Proportion)	π	p
ค่าความคลาดเคลื่อน	σ	S
ค่าความสัมพันธ์	ρ	r

1.3.5 ตัวแปร (Variables)

ในทางสถิติ หมายถึง ลักษณะหรือคุณสมบัติบางอย่างของประชากรที่เราสนใจ ค่าของตัวแปรอาจอยู่ในรูปของข้อความ หรือตัวเลขก็ได้ ณรงค์ โพธิ์พิกุลพันธ์ (2556: 126) ให้นิยามตัวแปรไว้ว่า ตัวแปรคือคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของคน สัตว์ สิ่งของ สามารถนำมาศึกษาได้คุณลักษณะเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้หรือเปลี่ยนค่าได้ นับได้ วัดได้ เมื่อวัดออกมาแล้วจะได้ผลการวัดที่แตกต่างออกไปหลายค่าหรือหลายลักษณะ อย่างน้อยต้องมี 2 ค่า หรือ 2 ลักษณะ ซึ่งก็แล้วแต่ที่เราต้องการวัดประเด็นไหน เช่น ด้านร่างกายก็อาจวัดเป็นตัวแปรของน้ำหนัก ส่วนสูง อายุ ด้านจิตใจก็อาจวัดเป็นตัวแปรความรู้สึก ความคิดเห็น เมื่อวัดแล้วจะได้เป็นเห็นด้วยน้อย เห็นด้วยมาก หรือความพึงพอใจ เมื่อวัดแล้วจะได้เป็นพอใจน้อย พอใจปานกลาง พอใจมาก หรือหากเป็นตัวแปรเกี่ยวกับคน เช่น เพศ เมื่อวัดก็จะได้เพศชาย เพศหญิง ถ้าเป็นระดับการศึกษา เมื่อวัดก็จะได้เป็นระดับประถม มัธยม อุดมศึกษา เป็นต้น

ในที่นี้จะจำแนกตัวแปร แบ่งแบบง่าย ๆ เป็น 2 ประเภท คือ ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variable)

1.3.5.1 ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variables) คือตัวแปรที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดผลกระทบต่อสิ่งอื่น เช่น ชนิดต่าง ๆ ของปุ๋ยที่ทำให้ข้าวเจริญงอกงาม หรือวิธีการปลูกข้าวแบบต่าง ๆ กับผลผลิตข้าวต่อไร่ จะได้ว่า ชนิดของปุ๋ย และวิธีการปลูกข้าว เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น

1.3.5.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ตัวแปรที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น เช่น ข้าวเจริญงอกงาม (ตัวแปรตาม) เกิดจากชนิดของปุ๋ย ผลผลิตข้าวต่อไร่ (ตัวแปรตาม) ที่เกิดจากวิธีการปลูกข้าวในแต่ละแบบ

1.4 ประเภทของข้อมูลและมาตราวัด

1.4.1 ข้อมูล (Data)

ข้อมูล (Data) ในทางสถิติ คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นอาจอยู่ในรูปของข้อความหรือตัวเลข ที่แสดงคุณสมบัติของสิ่งที่เราต้องการศึกษา เช่น จำนวนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดปทุมธานี สัดส่วนของเกษตรกรปลูกมันสำปะหลังที่ทำการกู้เงินจาก ธกส. เป็นต้น โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจำแนกได้ 3 ประการ คือ

1.4.1.1 จำแนกตามลักษณะข้อมูล คือ

1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ คือ ข้อมูลที่ไม่สามารถแสดงในรูปตัวเลขได้ หรืออาจแสดงในรูปตัวเลขได้แต่ไม่สามารถคำนวณในเชิงปริมาณได้ เนื่องจากตัวเลขเหล่านั้นไม่สามารถอธิบายได้ เช่น วุฒิการศึกษาของสมาชิกในครัวเรือน (ประถม, มัธยมต้น, มัธยมปลาย, ปริญญาตรี) เป็นต้น

2) ข้อมูลเชิงปริมาณ คือ ข้อมูลที่บอกขนาดหรือปริมาณ วัดค่าเป็นตัวเลขที่สามารถนำมาเปรียบเทียบขนาดได้ หรือใช้คำนวณค่าทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น อายุ คะแนน จำนวนสินค้า จำนวนบุคลากรของกรมส่งเสริมเกษตร เป็นต้น ข้อมูลเชิงปริมาณสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1) ข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) หมายถึงข้อมูลที่มีค่าต่าง ๆ ทุกค่าต่อเนื่องกัน โดยแสดงได้ทั้งเศษส่วนหรือตัวเลขที่เป็นจำนวนเต็ม เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ความยาวของรถ

2.2) ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) หมายถึงข้อมูลที่มีค่าเป็นจำนวนเต็มหรือจำนวนนับ เช่น ค่าใช้จ่ายในครัวเรือน จำนวนสินค้า จำนวนพนักงานในบริษัท เป็นต้น

1.4.1.2 จำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูล

1) ข้อมูลปฐมภูมิ คือ ข้อมูลที่รวบรวมจากผู้ให้ข้อมูลหรือแหล่งที่มาโดยตรง เช่น การสำมะโน หรือการสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างโดยการสัมภาษณ์ ใช้วิธีเก็บแบบสอบถาม หรือการทดลอง เป็นต้น

2) ข้อมูลทุติยภูมิ คือ ข้อมูลที่ได้จากผู้อื่นเก็บรวบรวมไว้ เช่น รายงานต่าง ๆ ของหน่วยงานราชการหรือองค์กรของรัฐ บทความจากหนังสือหรือรายงานจากหน่วยงานเอกชน เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.3 ข้อมูล (Data)

เกรดวิชาภาษาอังกฤษนักศึกษาสาขาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

A, B⁺, C, ..., F

ส่วนสูงของนักกีฬาวอลเลย์บอลหญิงทีมชาติไทย

168, 173, 172, 160, 177, ..., 172

อาชีพผู้ปกครองน.ศ.ปี 1 หลักสูตรสถิติประยุกต์

ตำรวจ, ครู, ขาวสวน, เกษตรกร, ค้าขาย



ภาพที่ 1.2 แสดงข้อมูลทางสถิติจำแนกตามลักษณะข้อมูล และแหล่งที่มาของข้อมูล

1.4.1.3 จำแนกตามมาตรการวัด

ตั้งแต่ขั้นตอนแรก ๆ ก่อนดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามระเบียบวิธีทางสถิติต้องเปลี่ยนตัวแปร (Variables) ที่ต้องการศึกษาตามที่ระบุไว้ให้เป็นข้อมูล (Data) ซึ่งตัวแปรหลาย ๆ ตัว ที่วัดจากกลุ่มตัวอย่าง เราจะเรียกว่า “ข้อมูล (Data)” ดังนั้นจำนวนตัวแปรเท่าใดก็ตามที่วัดในกลุ่มตัวอย่างหนึ่ง ๆ เรียกว่า ข้อมูลทั้งหมด ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งที่ต้องทำความเข้าใจและวางแผนตั้งแต่เริ่มต้นก่อนที่จะสร้างเครื่องมือเพื่อรวบรวมข้อมูลตามตัวแปร คือ ระดับการวัดของตัวแปร ซึ่งมีความแตกต่างกันและจะเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูล เพราะสถิติทุกตัวมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการวัดของตัวแปรทั้งสิ้น อย่างไรก็ตามสถิติบางตัวก็มีความยืดหยุ่นในเรื่องมาตรการวัดระดับของตัวแปร แต่การใช้สถิติบางตัวก็มีความเข้มงวดมาก ดังนั้น การแบ่งประเภทข้อมูลตามระดับการวัดของตัวแปรเป็นประโยชน์ต่อนักสถิติมากในอันที่จะเลือกใช้สถิติให้ถูกต้องเหมาะสม นิยมแบ่งข้อมูลด้วยมาตรวัดต่าง ๆ เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1) มาตรฐานบัญญัติ (Nominal scale) เป็นการเรียกชื่อสิ่งของหรือจำแนกประเภทคุณลักษณะวิเคราะห์ด้วยการนับเพื่อดูความถี่ เป็นมาตรวัดระดับต่ำสุดที่ใช้จำแนกความแตกต่างของสิ่งที่ต้องการวัดออกเป็นกลุ่ม เช่น เพศ อาชีพ ศาสนา ซึ่งไม่สามารถนำมากระทำทางคณิตศาสตร์ได้ แต่นำมารวมกันได้

ตัวอย่างที่ 1.4

- จำแนกเพศ : ชาย = 1 หญิง = 2
- จำแนกตามอาชีพ : ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ = 1 เกษตรกร = 2
พนักงานบริษัท = 3 ค้าขาย = 4 รับจ้าง = 5 และอื่น ๆ = 6

ตัวอย่างแบบสอบถาม

1. เพศ : ☐ ชาย ☐ หญิง
2. ศาสนา : ☐ พุทธ ☐ อิสลาม ☐ คริสต์ ☐ อื่น ๆ
3. อาชีพ : ☐ รับจ้าง ☐ เอกชน ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
☐ เกษตรกร ☐ ค้าขาย ☐ อื่น ๆ

4. ภูมิสำเนา ☐ กทม. ☐ ปริมณฑล ☐ ภาคกลาง ☐ ภาคเหนือ
☐ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ☐ ภาคใต้

การวิเคราะห์ข้อมูลกระทำได้ด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ฐานนิยม สัดส่วน เป็นต้น

2) มาตรการเรียงลำดับ (Ordinal or Ranking scale)

เป็นการเรียงอันดับสิ่งของตามลักษณะหนึ่ง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในลักษณะ ดีกว่า ยากกว่า มากกว่า วิเคราะห์ข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพ เป็นมาตราวัดระดับสูงกว่ามาตรานามบัญญัติ ใช้สำหรับอันดับที่หรือตำแหน่งที่ต้องการวัด ตัวเลขจึงบอกความหมายในลักษณะของ มาก-น้อย สูง-ต่ำ ซึ่งบอกได้เพียงทิศทาง ไม่สามารถสรุปช่วงห่างได้

ตัวอย่างที่ 1.5

- นาย ก : ลำดับที่ 2 นาย ข : ลำดับที่ 4 ไม่ได้หมายความว่า ก เก่งเป็น 2 เท่าของ ข
- ความนิยมใช้ครีมกันแดด 3 ยี่ห้อ เป็น ดีที่สุด ดีมาก และ ดี
- Web site ที่ชนะการประกวดประเภทสร้างสรรค์ เป็น อันดับ 1, 2 และ 3
- ความคิดเห็นเกี่ยวกับการสอบเข้ามหาวิทยาลัยแบบ T-gat และ T-pat เป็น มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
- การศึกษา จัดลำดับเป็น ประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลายหรือ ปวช. ปวส. หรือ อนุปริญญา ปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก

ตัวอย่างแบบสอบถาม

เรียงลำดับกีฬาที่ท่านชอบมากที่สุด (1-3 ลำดับ)

- ฟุตบอล
วอลเลย์บอล
บาสเกตบอล
มวยไทย
เทนนิส
แบดมินตัน
อื่น ๆ (โปรดระบุ)

การวิเคราะห์ข้อมูลกระทำได้ด้วยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ มัธยฐาน ส่วนเบี่ยงเบน เป็นต้น

3) มาตรฐานทรภาค (Interval scale) เป็นข้อมูลตัวเลขหรือเชิงปริมาณ ที่นำมาบวกหรือลบกันได้ แต่นำมาคูณหรือหารกันไม่ได้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ระดับสติปัญญา เช่น

- สารเคมีในขวดที่ 1 มีอุณหภูมิ 40°C และสารเคมีในแก้วที่ 2 มีอุณหภูมิ 20°C เราจะบอกได้ว่า สารเคมีในแก้วที่ 1 มีอุณหภูมิสูงกว่าแก้วที่ 2 อยู่ 20°C แต่บอกไม่ได้ว่า สารเคมีในแก้วที่ 1 มีอุณหภูมิสูงเป็น 2 เท่าของสารเคมีในแก้วที่ 2

- อุณหภูมิ 0°C ไม่ได้หมายความว่า วัตถุอุณหภูมิไม่ได้

มาตรฐานทรภาคเป็นมาตราวัดระดับสูงกว่า 2 มาตราแรก กำหนดตัวเลขให้มีช่องว่างเท่า ๆ กัน สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ว่ามีปริมาณเท่าใด เป็นที่เท่า สามารถใช้สถิติได้เกือบทุกชนิดในการกระทำทางคณิตศาสตร์ แต่ในมาตรานี้ ไม่มีศูนย์แท้ (Real Zero) มีเพียงศูนย์สมมุติ (Arbitrary Zero) เช่น

นาย ก ได้ 0 คะแนน ไม่ได้หมายความว่านาย ก ไม่มีความรู้เลย

นาย ข ได้ 20 คะแนน นาย ค ได้ 10 คะแนน ไม่ได้หมายความว่า นาย ข เก่งเป็นสองเท่าของนาย ค

เป็นมาตราวัดที่มีการกำหนดค่าของเลข 0 เป็น ศูนย์สมมุติ

- เลข 0 จริง หมายถึง การขาดหายไปของตัวแปร หรือจุดเริ่มต้น (origin) เช่น อายุ 0 ปี คือยังไม่เกิด

- เลข 0 สมมุติ หมายถึง การไม่ได้ขาดหายไปของข้อมูล/ตัวแปร เช่น สอบได้ 0 คะแนน ไม่ได้หมายความว่าไม่มีความรู้

เป็นมาตราวัดที่มีการแบ่งช่วงค่าคะแนนของข้อมูล/ตัวแปร โดยช่วงคะแนนจะเท่ากันตลอด เช่น ช่วงคะแนนเท่ากับ 5 4 3 2 1 หมายถึง 5 มากกว่า 4 อยู่ 1 ช่วง 4 มากกว่า 3 อยู่ 1 ช่วง ดังนั้น 5 จะมากกว่า 3 อยู่ 2 ช่วง

ตัวอย่างแบบสอบถาม

รายการ	ระดับ				
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
ชอบซีรีส์ไทย					
ชอบซีรีส์จีน					
ชอบซีรีส์เกาหลี					

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติที่ใช้ เช่น ฐานนิยม มัธยฐาน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ เป็นต้น

4) มาตรการส่วน (Ratio scale) เป็นข้อมูลตัวเลขหรือเชิงปริมาณ ที่ได้จากการชั่ง ตวง วัด สามารถนำมา บวก ลบ คูณ หาร กันได้ อาทิ ความยาว อายุ เวลา น้ำหนัก ส่วนสูง ความเร็ว ระยะทาง รายได้ กำไร เช่น

- นายหมาก มีรายได้ 50,000 บาท และนายณเดช มีรายได้ 25,000 บาท สามารถบอกได้ว่า นายหมาก มีรายได้มากกว่านายณเดช 25,000 บาท และมีรายได้เป็น 2 เท่าของนายณเดช

- นายโน้ต มีรายได้ 0 บาท แสดงว่า นายโน้ตไม่มีรายได้

มาตรการวัดอัตราส่วน (Ratio scale) เป็นมาตราวัดระดับสูงสุดที่สามารถกำหนดได้ มีศูนย์แท้ สามารถกระทำทางคณิตศาสตร์ได้ทุกชนิด ส่วนใหญ่เป็นการวัดทางกายภาพ

ตัวอย่างแบบสอบถาม

1. อายุของท่าน ปี
2. จำนวนสมาชิกในครัวเรือน คน
3. จำนวนบุตร/ธิดา คน
4. รายได้ต่อเดือน บาท
5. ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อเดือน บาท

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ได้กับสถิติทุกตัว

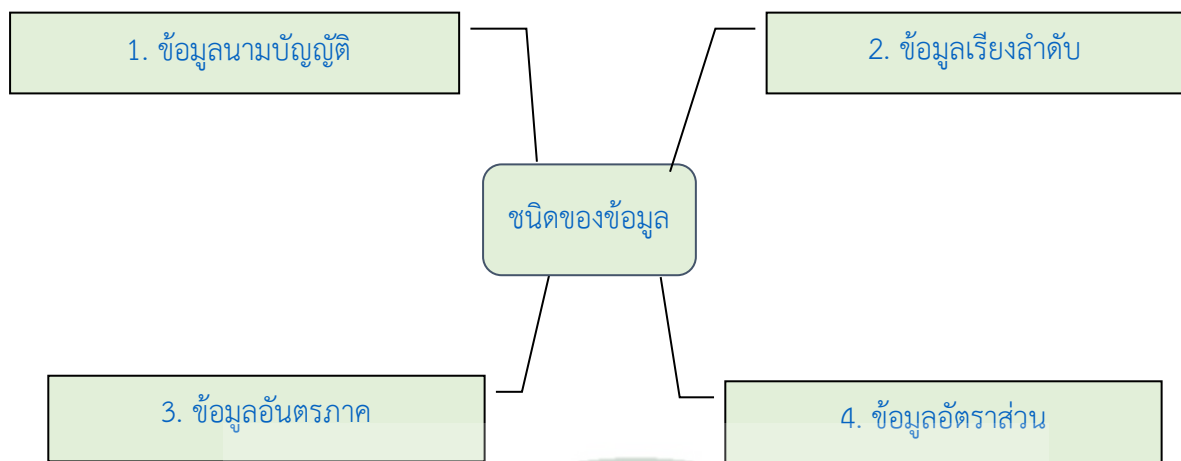
ข้อควรระวังสำหรับมาตราวัด

ข้อมูลที่จัดเก็บในระดับที่สูงกว่าสามารถแปลงให้เป็นข้อมูลในระดับที่ต่ำกว่าได้ แต่ข้อมูลในระดับที่ต่ำกว่าไม่สามารถแปลงให้สูงกว่า จึงควรพยายามเก็บข้อมูลในระดับที่สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น

มีรายได้ 20,000 บาท	มาตราวัดระดับอัตราส่วน (Ratio)
---------------------	--------------------------------

1 = มีรายได้ 2 = ไม่มีรายได้	มาตราวัดนามบัญญัติ (Nominal)
---------------------------------	------------------------------

1 = น้อยกว่า 5,000 บาท 2 = 5,001–10,000 บาท	มาตราวัดเรียงลำดับ (Ordinal)
3 = 10,001–15,000 บาท 4 = 15,001–20,000 บาท	
5 = 20,001–30,000 บาท 6 = มากกว่า 30,000 บาท	



ภาพที่ 1.3 ชนิดของข้อมูลจากมาตรวัด 4 ระดับ

1.5 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1) สำมะโน (Census) เป็นวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการแจงนับทุกหน่วยของประชากร อาจแจงนับด้วยการ นับ ชั่ง ตวงวัด หรือสัมภาษณ์ เช่น การทำสำมะโนประชากรและเคหะของสำนักงานสถิติแห่งชาติ กำหนดจัดทำทุก ๆ 10 ปี

2) การสำรวจด้วยตัวอย่าง (Sample survey) เป็นวิธีเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการแจงนับบางหน่วยของประชากร (Sample) โดยแต่ละหน่วยของประชากรที่ถูกแจงนับ เป็นไปแบบสุ่ม เรียกว่า “สถิติอนุมาน” การเลือกตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรจะต้องอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการเลือกตัวอย่าง และการประมาณค่าประชากรหรือพารามิเตอร์

1.6 การแจกแจงเชิงคุณภาพ

เป็นการสร้างแผนภาพเพื่อนำเสนอข้อมูลจากการวิเคราะห์ (Graphical Data Analysis) เช่น สร้างตารางกราฟ หรือแผนภูมิต่าง ๆ เป็นต้น ในที่นี้จะนำเสนอข้อมูลที่วิเคราะห์หรือเก็บรวบรวมมา 3 วิธี ดังนี้

1.6.1 การนำเสนอด้วยตาราง

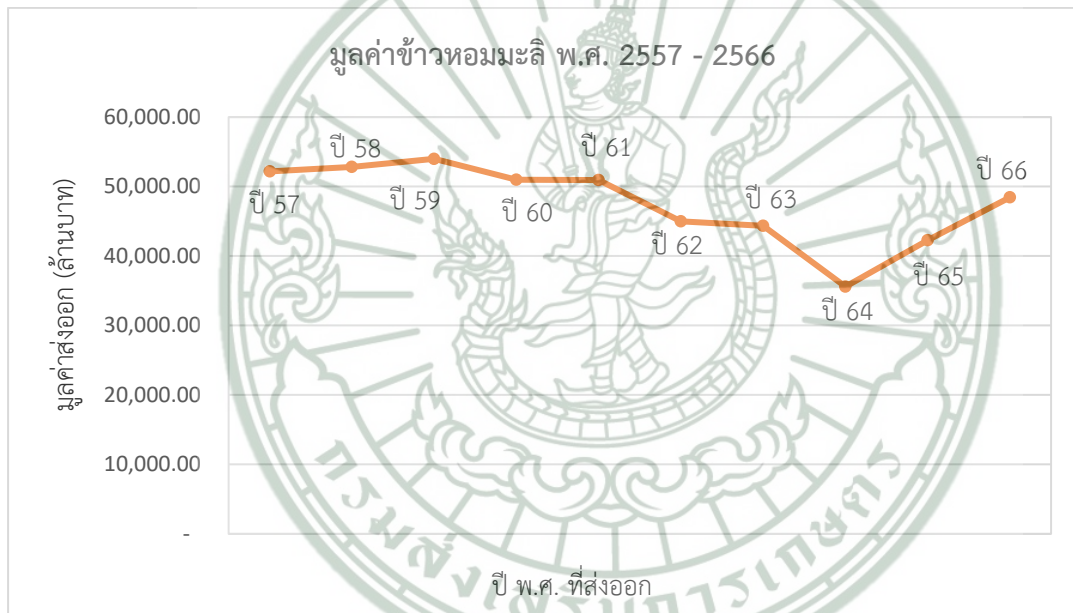
ตัวอย่างที่ 1.6 ตารางมูลค่าส่งออกข้าวหอมมะลิของประเทศไทย พ.ศ. 2557-2566

ปี (พ.ศ.)	มูลค่า (ล้านบาท)	ร้อยละ
2557	52,156.98	10.95
2558	52,830.16	11.09
2559	53,992.65	11.33
2560	50,964.91	10.70
2561	50,923.27	10.69

ปี (พ.ศ.)	มูลค่า (ล้านบาท)	ร้อยละ
2562	45,005.16	9.45
2563	44,346.47	9.31
2564	35,590.03	7.47
2565	42,251.92	8.87
2566	48,427.26	10.16
รวม	476,488.81	100.00

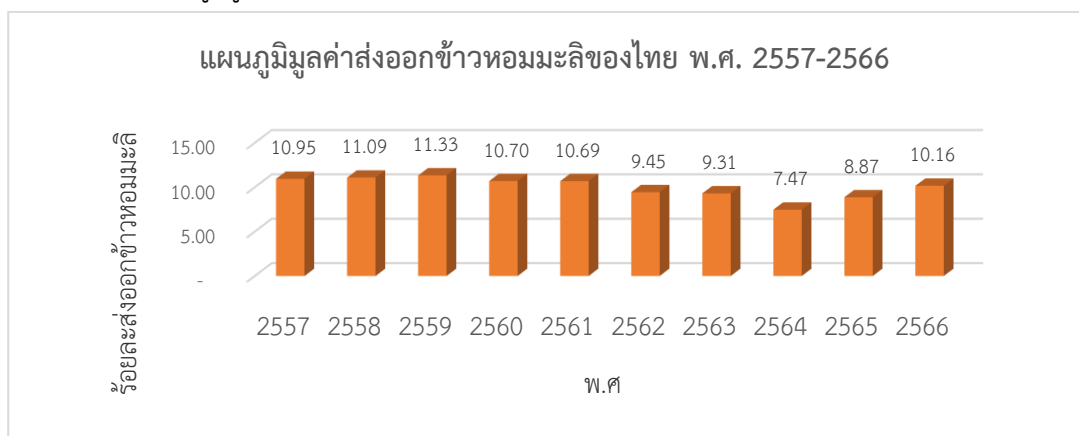
1.6.2 การนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟเส้น

นำเสนอข้อมูลจากตัวอย่างที่ 1.6 นำเสนอด้วยกราฟเส้น



1.6.3 การนำเสนอด้วยแผนภูมิ

ได้แก่ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม หรือ แผนภูมิรูปภาพ เป็นต้น เช่น แผนภูมิแท่ง (Bar Chart) และแผนภูมิรูปภาพ ดังนี้



1.7 การแจกแจงเชิงปริมาณ หรือ การแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution)

การแจกแจงความถี่ เป็นส่วนหนึ่งของสถิติเชิงบรรยายหรือสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) การแจกแจงความถี่นั้นเป็นการจัดเตรียมข้อมูลดิบ (Raw Data) ที่ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมมาให้อยู่ในชุดเดียวกันเพื่อให้เห็นภาพรวมของข้อมูลทั้งหมด ให้เป็นระเบียบเป็นหมวดหมู่ ดูเข้าใจง่าย ซึ่งความสำคัญของการจัดระเบียบข้อมูลทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและเกิดสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนหรือการตัดสินใจ หรือเพื่อเตรียมการสำหรับทดสอบนัยสำคัญทางสถิติและสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูงต่อไป

วิธีการนำเสนอข้อมูลทางสถิติด้วยข้อมูลดิบที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณและเก็บรวบรวมมาเป็นจำนวน มากนั้น จะนิยมใช้วิธีการนำเสนอการแจกแจงความถี่ด้วยตาราง เรียกว่า ตารางแจกแจงความถี่ (Frequency Table) มี 3 วิธี

วิธีที่ 1 การแจกแจงจัดลำดับ ใช้กับข้อมูลที่มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก มีข้อมูลไม่ซ้ำกันหรือซ้ำกัน น้อยมาก โดยเรียงข้อมูลตามลำดับจากน้อยไปหามาก จะทำให้ทราบว่าข้อมูลค่าใดมีค่าสูงสุดและต่ำสุด และข้อมูลมีการกระจายมากน้อยเพียงใด เช่น

ตัวอย่างที่ 1.7 นำข้อมูลมาเรียงจากน้อยไปมาก

1 3 4 5 8 10 12 15 16 19 20 21 24 27 29 31 33 34 35 37

ในส่วนของวิธีที่ 2 และวิธีที่ 3 นั้น จะนำข้อมูลมาจัดระเบียบใหม่ โดยจัดให้เป็นหมวดหมู่หรือเป็นกลุ่ม จัดให้อยู่เป็นชั้น ๆ แล้วหาจำนวนข้อมูลของแต่ละชั้น จำนวนข้อมูลของแต่ละชั้นเรียกว่าความถี่ จากนั้นนำค่าของข้อมูลและความถี่ในแต่ละชั้นมาจัดไว้ในตารางเพื่อความเป็นระเบียบ ตารางนี้จะต้องบรรจุข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาทั้งหมด ซึ่งจะเรียกว่า “ตารางแจกแจงความถี่”

วิธีที่ 2 การแจกแจงความถี่ชนิดไม่จัดกลุ่มข้อมูล (Ungrouped Data) วิธีนี้เหมาะกับข้อมูลที่มีค่าสูง - ต่ำ แตกต่างกันไม่มากนัก มีข้อมูลซ้ำกัน โดยเรียงข้อมูลจากน้อยไปมาก หรือเรียงข้อมูลจากมากไปน้อย แล้วสร้างตารางแจกแจงความถี่ ประกอบด้วย คอลัมน์ที่แสดงค่าข้อมูล และความถี่

ตัวอย่างที่ 1.8 การแจกแจงความถี่จำนวนวัวที่ชาวบ้านได้เลี้ยงไว้จำนวน 100 ครวเรือน

จำนวนวัว (ตัว)	ความถี่ (ครวเรือน)
0	33
1	30
2	18
3	7
4	5
5	3
6	2
7	1
8	0
9	1
รวม	100

วิธีที่ 3 การแจกแจงความถี่ชนิดจัดกลุ่มข้อมูล (Grouped Data) (แบบเรียงลำดับข้อมูลเป็นกลุ่ม) ใช้กับข้อมูลที่มีค่าแตกต่างกันมาก มีข้อมูลซ้ำกัน โดยการสร้างตารางแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution Table) เป็นตารางที่แสดงการจัดแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วง ๆ แล้วนับจำนวนค่าของข้อมูลที่ตกอยู่ในแต่ละช่วง เหมาะที่จะใช้กับชุดข้อมูลที่มีจำนวนมาก ๆ โดยต้องหาพิสัย (Range) ก่อน หลังจากนั้นจึงหาความกว้างแต่ละชั้น (Interval) แล้วจึงแจกแจงความถี่ มีวิธีการสร้างตารางดังนี้

ตัวอย่างที่ 1.9 ปริมาณขายปุ๋ยเคมี (หน่วย : กระสอบ) ในแต่ละวันที่บริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา จำหน่ายได้จำนวน 50 วัน (โดยเรียงจากซ้ายไปขวา) จงสร้างตารางแจกแจงความถี่แบบจัดกลุ่ม

65	61	47	75	84	87	65	59	63	86	68	63	43	76	90	79	50	89
68	57		^{max} 95	55	69	48	76	60	77	49	92	83	61	78	53	52	77
58	93	85	70	62	80	74	69	40	62	84	64	^{min} 36	48	72			

วิธีทำ การสร้างตารางแจกแจงความถี่ จะต้องให้ครอบคลุมทุกค่าของข้อมูล ซึ่งมี จำนวน 50 ค่า ($n = 50$)
วิธีการสร้างตารางแจกแจงความถี่แบบจัดกลุ่ม ดังนี้

1) คำนวณหาพิสัย (Range : R)

$$\text{โดยที่ } R = X_{\max} - X_{\min} = 95 - 36 = 59$$

2) กำหนดจำนวนชั้นหรือช่วง (k)

$$\text{โดยที่ } k = 1 + 3.3 \log n = 1 + 3.3 \log (50) = 6.606 \cong 7$$

3) คำนวณหา ความกว้างของชั้น (I)

$$\text{โดยที่ } I = \frac{R}{k} = \frac{59}{7} = 8.43 \cong 9$$

$$\begin{aligned} 4) \text{ คำนวณหา } \text{ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก} &= X_{\min} - \frac{(I * k) - R}{2} \\ &= 36 - \frac{(9 * 7) - 59}{2} = 34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ขีดจำกัดบนของชั้นแรก} &= \text{ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก} + (I - 1) \\ &= 34 + (9 - 1) = 42 \end{aligned}$$

(ถ้ามีเศษให้ปัดเศษขึ้นให้มีลักษณะเหมือนข้อมูลจริง)

$$\text{ขีดจำกัดล่างของชั้นถัดไป} = \text{ขีดจำกัดบนของชั้นก่อนหน้า} + 1$$

$$\text{ขีดจำกัดบนของชั้นถัดไป} = \text{ขีดจำกัดล่าง} + (I - 1)$$

5) คำนวณหา

$$\text{ขอบเขตบนของชั้นแรก} = (\text{ขีดจำกัดบน} + \text{ขีดจำกัดล่างช่วงถัดไป}) / 2$$

$$= \frac{42 + 43}{2} = 42.5$$

$$\text{ขอบเขตล่างของชั้นแรก} = \text{ขอบเขตบน} - I$$

$$= 42.5 - 9 = 33.5$$

$$\text{ขอบเขตล่างของชั้นถัดไป} = \text{ขอบเขตล่างของชั้นก่อนหน้า}$$

$$\text{ขอบเขตบนของชั้นถัดไป} = \text{ขอบเขตล่าง} + I$$

6) คำนวณหา

$$\text{จุดกึ่งกลางชั้นแรก} = (\text{ขีดจำกัดล่าง} + \text{ขีดจำกัดบน}) / 2$$

$$= \frac{34 + 42}{2} = 38$$

7) เขียนรอยขีด (Tally) ของช่วงคะแนนต่าง ๆ จากข้อมูลแต่ละค่า แล้วรวมรอยคะแนน เรียกว่า ความถี่ ซึ่งเป็นความถี่ของแต่ละชั้น (Class Frequency: f) หมายถึง จำนวนครั้งที่ค่าของข้อมูลตกอยู่ในแต่ละช่วงคะแนน จะเขียนแทนด้วย f

ตัวอย่างที่ 1.10 การแจกแจงความถี่ของปริมาณขายปุ๋ยเคมี จำนวน 50 วัน (จากโจทย์ตัวอย่างที่ 1.9)

ปริมาณขายปุ๋ยเคมี (ขีดจำกัดของชั้น)	ขอบเขตชั้น	รอยขีด (Tally)	ความถี่ (f) (วัน)	จุดกึ่งกลางชั้น
34 - 42	33.5 - 42.5	//	2	$(34+42)/2 = 38$
43 - 51	42.5 - 51.5	~~///~~ /	6	$(43+51)/2 = 47$
52 - 60	51.5 - 60.5	~~///~~ //	7	56
61 - 69	60.5 - 69.5	~~///~~ ~~///~~ ///	13	65
70 - 78	69.5 - 78.5	~~///~~ ////	9	74
79 - 87	78.5 - 87.5	~~///~~ ///	8	83
88 - 96	87.5 - 96.5	~~///~~ /	5	92
รวม			50	

ตัวอย่างที่ 1.11 การแจกแจงความถี่สัมพัทธ์ ความถี่สะสมสัมพัทธ์ และการหาค่าร้อยละ

ปริมาณขาย (กระสอบ)	ความถี่ (วัน)	ความถี่สะสม	ความถี่สัมพัทธ์	ความถี่สะสม สัมพัทธ์	ร้อยละ
34 - 42	2	2	$2/50 = 0.04$	$2 / 50 = 0.04$	$(2/50)*100 = 4$
43 - 51	6	$2 + 6 = 8$	$6/50 = 0.12$	$8 / 50 = 0.16$	$(6/50)*100 = 12$
52 - 60	7	$8 + 7 = 15$	$7/50 = 0.14$	$15 / 50 = 0.30$	14
61 - 69	13	$15 + 13 = 28$	$13/50 = 0.26$	$28 / 50 = 0.56$	26
70 - 78	9	$28 + 9 = 37$	$9/50 = 0.18$	$37 / 50 = 0.74$	18
79 - 87	8	$37 + 8 = 45$	$8/50 = 0.16$	$45 / 50 = 0.90$	16
88 - 96	5	$45 + 5 = 50$	$5/50 = 0.10$	$50 / 50 = 1.00$	10
รวม	50		1.00		100

โดยที่ ความถี่สัมพัทธ์ = $\frac{\text{ความถี่ของชั้นคะแนน}}{\text{ความถี่ทั้งหมด}}$
(Relative frequency)
ความถี่สะสมสัมพัทธ์ = $\frac{\text{ความถี่สะสมของชั้นคะแนน}}{\text{ความถี่ทั้งหมด}}$
(Relative Cumulative frequency)
ร้อยละ (Percentage: %) = $\frac{\text{ความถี่ของชั้นคะแนน} \times 100}{\text{ความถี่ทั้งหมด}}$

การหาค่าจุดกึ่งกลางชั้น ค่าความถี่สัมพัทธ์ ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ มีประโยชน์ในการนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป เช่น นำไปหาค่าเฉลี่ย หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของข้อมูลที่จัดกลุ่ม

1.8 การนำความรู้ด้านสถิติไปประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์ข้อมูล

มีลำดับขั้นตอนที่ต้องคำนึง คือ

1. การวางแผน (Planning) ก่อนจะมีการวางแผนต้องมีหัวข้อเรื่องที่จะศึกษา เช่น ประเด็นปัญหา การส่งเสริมการเกษตรและแนวทางแก้ไข ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา คือ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ต้องวางแผนการแก้ปัญหา โดยมีการวางแผนการสำรวจข้อมูลภาวะทางเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร สำรวจศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขัน รวมถึงประเด็นปัญหาที่ต้องปฏิรูปการเกษตรของประเทศ ในขั้นตอนนี้ต้องกำหนดว่าจะกำหนดวิธีการสำรวจอย่างไรจะใช้อะไรเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาบ้าง ต้องกำหนดว่าเกษตรกรที่ทำการเกษตรประเภทใดบ้างที่จะต้องไปสอบถามรายละเอียด จะใช้จำนวนเท่าใด จึงจะเหมาะสม รวมถึงวิธีการรวบรวมข้อมูล และต้องมีการกำหนดวิธีการทดสอบข้อมูลด้วยหรือไม่ ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ถ้าวางแผนงานได้ดีก็นับว่าทำสำเร็จไปแล้วครึ่งหนึ่ง

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collection of Data) เมื่อกำหนดในขั้นตอนที่ 1 แล้วว่าจะนำอะไรมาเป็นข้อมูลก็จะทำการรวบรวมตามวิธีทางสถิติซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

3. การนำเสนอข้อมูล (Presentation of Data) เมื่อรวบรวมได้แล้วก็จะนำมาแสดงให้คนเข้าใจ ซึ่งอาจจะแสดงในรูปตารางสถิติ เป็นรูปภาพ หรือเป็นแบบเส้นกราฟ เป็นต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis of Data) เมื่อได้ข้อมูลตามต้องการแล้วก็จะนำมาวิเคราะห์ ซึ่งอาจอยู่ในรูป ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าสัดส่วน หรือค่าสถิติทดสอบตามแต่จะกำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 1

5. การตีความ (Interpretation of Data) เป็นขั้นตอนสุดท้าย คือ การสรุปผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 4 นำข้อสรุปหรือความรู้ที่ได้จากการวิเคราะห์มาเปลี่ยนเป็นแผนดำเนินงานรวมถึงการนำเอาผลที่ได้ไปอ้างอิงใช้แก้ปัญหา เช่น นำผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความยากจนของเกษตรกร นำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหานั้นเฉพาะหน้า และแก้ไขปัญหานั้นในระยะกลางและระยะยาวต่อไป

สรุป

สถิติเป็นทั้งศาสตร์และวิธีการของการจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อสรุปเชิงปริมาณสำหรับแปลความหมายและสรุปเป็นข้อค้นพบ สถิติสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยจัดประเภท/ระเบียบ/นำเสนอ/วิเคราะห์ข้อมูล และช่วยตัดสินใจเชิงสรุปภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยมีหลายระดับเริ่มจากการรู้จักข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลในทางสถิติ คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น อาจอยู่ในรูปของข้อความหรือตัวเลข ที่แสดงคุณสมบัติของสิ่งที่เราต้องการ โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา สามารถจำแนกได้ 3 ประการ 1) จำแนกตามลักษณะข้อมูล ว่าเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ หรือ ข้อมูลเชิงปริมาณ

โดยข้อมูลเชิงปริมาณแบ่งได้เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) และข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง 2) จำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูล เป็นข้อมูลปฐมภูมิ หรือข้อมูลทุติยภูมิ 3) จำแนกตามมาตรการวัด ระดับการวัดของตัวแปรจะเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งข้อมูลด้วยมาตรวัดต่าง ๆ ได้เป็น 4 ระดับ คือ นามบัญญัติ (Nominal Scale) เรียงลำดับ (Ordinal Scale) อันตรภาค (Interval Scale) และ อัตราส่วน (Ratio Scale) ทั้งนี้การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยมีหลายระดับ เริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ประกอบด้วย การแจกแจงความถี่ เป็นการจัดการข้อมูลที่เกิดขึ้นรวบรวมมาเพื่อง่ายต่อการนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป การแจกแจงความถี่จะกระทำเมื่อมีข้อมูลอยู่จำนวนมากและข้อมูลมีค่าซ้ำกันอยู่มาก โดยการแจกแจงความถี่ของข้อมูลทำได้ 2 วิธี คือ การแจกแจงความถี่สำหรับค่าแต่ละค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของลักษณะที่ผู้วิจัยสนใจ และการแจกแจงความถี่ของค่าในแต่ละช่วงหรืออันตรภาคชั้นของลักษณะที่ผู้วิจัยสนใจ



บทที่ 2

ประชากรและตัวอย่าง

วิธีการทางสถิติเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การดำเนินกระบวนการวิธีทางสถิตินั้นเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มประชากรที่เราสนใจศึกษานำมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคำตอบหรือสรุปผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและเที่ยงตรง ซึ่งในการศึกษาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สิ่งที่เราสนใจคือ คุณลักษณะบางประการของเรื่องที่ศึกษา เช่น ต้นทุนการปลูกข้าวของเกษตรกรไทย หากทำการเก็บข้อมูลกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทั้งประเทศก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงเพราะต้องใช้ระยะเวลาและแรงงานจำนวนมากในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้นจึงมีการสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่เป็นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทั่วประเทศมาเพียงจำนวนหนึ่งแล้วทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อที่จะใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาทำการวิเคราะห์ประมาณค่าต้นทุนการปลูกข้าวของเกษตรกรทั้งประเทศ

จากบทที่ 1 ได้กล่าวถึงความหมายของประชากรและตัวอย่างไว้บ้างแล้ว จุดประสงค์สำคัญอย่างหนึ่งในการศึกษาความรู้เกี่ยวกับสถิติคือ การที่จะพยายามอธิบายลักษณะหรือคุณสมบัติที่สนใจของประชากรเนื้อหาในบทที่ 2 นี้ จะอธิบายแนวคิด นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง การกำหนดขนาดตัวอย่างและศึกษาวิธีการสุ่มตัวอย่าง (Random Sample)

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แนวคิดทฤษฎีแนวโน้มนำเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem: CLT)

การจะพิจารณาว่า กลุ่มตัวอย่างนั้นมีขนาดใหญ่หรือเล็กอาจประยุกต์ด้วยทฤษฎีแนวโน้มนำเข้าสู่ส่วนกลางได้อีกแบบหนึ่ง ถ้าค่าสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างลบหนึ่ง ($n-1$) คือ $\frac{n}{n-1}$ มีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด ขนาดกลุ่มตัวอย่างนั้นจะถือว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยค่าสัดส่วนดังกล่าวในแต่ละจำนวนกลุ่มตัวอย่าง จะได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าสัดส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่าง (n) กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างลบหนึ่ง ($n-1$)

จำนวน	สัดส่วนที่ได้	จำนวน	สัดส่วนที่ได้	จำนวน	สัดส่วนที่ได้
5	1.2500	25	1.0417	120	1.0084
10	1.1111	30	1.0345	150	1.0067
15	1.0714	60	1.0169	200	1.0050
20	1.0526	100	1.0101	∞	1.0000

จากตารางที่ 2.1 จะพบว่า เมื่อจำนวนตัวอย่างมากขึ้น ค่าสัดส่วนจะลดลงและมีค่าใกล้เคียงกับ 1 มากขึ้น ซึ่งเริ่มใกล้เคียงตั้งแต่ขนาด 25 และใกล้เคียงที่สุด เริ่มตั้งแต่ขนาด 30 ขึ้นไป

ทฤษฎีแนวโน้มนำเข้าสู่ส่วนกลางเป็นทฤษฎีที่ใช้ในการประมาณการแจกแจงของค่าเฉลี่ยตัวอย่างด้วยการแจกแจงแบบปกติ โดยไม่ต้องคำนึงว่าประชากรที่เลือกตัวอย่างมานั้นจะมีการแจกแจงแบบใด เพียงแต่ให้ตัวอย่างมีขนาดใหญ่พอ ($n \geq 30$)

ให้ $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ เป็นตัวอย่างสุ่มขนาด $n \geq 30$ จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบใด ๆ

มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 แล้ว ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$

สามารถแปลง $\bar{X}$ ให้เป็น $Z \sim N(0,1)$ ด้วยสูตร $Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$

สรุป ทฤษฎีแนวโน้มนำเข้าสู่ส่วนกลางกล่าวโดยสรุปว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างจากประชากร การกระจายของตัวอย่างจะเป็นแบบโค้งปกติ มีประเด็นสำคัญคือ

1. ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติแล้ว การแจกแจงของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ($\bar{X}$) จะมีการแจกแจงปกติเช่นเดียวกันกับประชากร ไม่ว่าตัวอย่างสุ่มจะมีขนาดเท่าใดก็ตาม
2. ถ้าประชากรไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติแล้ว การแจกแจงของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง ($\bar{X}$) จะเข้าสู่การแจกแจงแบบปกติโดยประมาณ ถ้าตัวอย่างสุ่มมีขนาดใหญ่พอ ($n \geq 30$) โดยอาศัยทฤษฎีลิมิตเข้าสู่ส่วนกลาง

2.1.2 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงปกติเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องที่มีความสำคัญมากในทางสถิติ เพราะข้อมูลที่รวบรวมส่วนมากแล้วมักมีการแจกแจงแบบปกติ หรืออาจประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบนี้ ในส่วนของเรื่องตัวอย่างสุ่ม การประมาณค่าพารามิเตอร์ และการทดสอบสมมติฐานที่จะศึกษาในลำดับต่อไปก็จะอธิบายด้วยการแจกแจงแบบนี้ ในทางปฏิบัติเราจะแปลง Normal Distribution คือ การแปลงค่าของตัวแปรสุ่ม X ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ไปเป็นตัวแปรสุ่มใหม่เรียกว่า ตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Random Variable) แทนด้วย Z

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

โดยที่ Z จะมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ซึ่งเรียกว่า การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) นิยมเขียนแทนด้วย Z กล่าวคือ Z-score หรือ Standardized Scores จะมีการกระจายแบบ Standard Normal Distribution เสมอ

2.1.3 ความน่าจะเป็น (Probability)

ความน่าจะเป็น เป็นการวัดค่าที่เป็นตัวเลข คำนี้นำมาวัดระดับความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ (Event) ที่ยังไม่เกิดว่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ความน่าจะเป็นวัดอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 (หรือกล่าวได้อีกอย่างว่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์) ถ้าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าเหตุการณ์นั้นมีโอกาสจะไม่เกิดสูง ถ้าความน่าจะเป็นมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเหตุการณ์มีโอกาสจะเกิดได้สูง ดังนั้น ความน่าจะเป็นมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ตัวอย่าง มีลูกแก้ว 100 ลูก เป็นลูกแก้วสีเขียว 20 ลูก สีเหลือง 80 ลูก เลือกลูกแก้วขึ้นมา 1 ลูก จากประชากรลูกแก้ว 100 ลูก ถามว่า จะได้ลูกแก้วเป็นสีอะไร ?

- ตัวแปรคือสีของลูกแก้ว ค่าของตัวแปรคือ สีเขียวและสีเหลือง กลุ่มตัวอย่างคือ ลูกแก้ว 1 ลูก
- โอกาสที่จะเลือกได้ลูกแก้วสีเขียว = $20/100 = 0.20$
- โอกาสที่จะเลือกได้ลูกแก้วสีเหลือง = $80/100 = 0.80$
- ดังนั้นโอกาสที่ลูกแก้ว 1 ลูก ที่เลือกจากประชากรจะเป็นสีเหลืองมากกว่าสีเขียว
- ความน่าจะเป็นจึงเป็นโอกาสของการเกิดเหตุการณ์ หรือโอกาสที่จะเกิดค่าของตัวแปรของ

กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่าง ไพ่ 1 สำรับ มี 52 ใบ ถ้าจั่วขึ้นมา 1 ใบ จากสำรับ จะมีความน่าจะเป็นที่จะจั่วได้ไพ่ Ace เท่าไร?

- ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์หนึ่ง = จำนวนตัวอย่างที่เกิดเหตุการณ์นั้น/จำนวนผลลัพธ์ทั้งหมด
- ไพ่ 1 สำรับมีไพ่ Ace อยู่ 4 ใบ ฉะนั้นความน่าจะเป็นคือ $4/52 = 0.769$ หรือ 76.9%

จึงเห็นได้ว่าความน่าจะเป็น (Probability) เปรียบเสมือนสะพานเชื่อมระหว่างกลุ่มตัวอย่าง (Sample) กับประชากร (Population)

2.1.4 แนวคิดทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theory)

แนวคิดของทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง บางครั้งเราไม่สามารถเก็บข้อมูลจากประชากร (Population) ได้ทุกหน่วย เนื่องจากงบประมาณและเวลาสำหรับการจัดเก็บข้อมูลมีจำกัด จึงจำเป็นต้องมีการสุ่มเลือกข้อมูลบางส่วนขึ้นมาเพื่อเป็นตัวแทนของประชากรเรียกว่า ตัวอย่าง (Sample) โดยที่ค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูลของประชากรจะถูกเรียกว่า ค่าพารามิเตอร์ (Parameters) และค่าคำนวณที่ได้จากข้อมูลของตัวอย่างจะถูกเรียกว่า ค่าสถิติ (Statistic)

เมื่อประชากร (Population) คือ เซตของหน่วยตัวอย่าง (Sampling Unit) ทั้งหมด พารามิเตอร์ (Parameter) คือ ค่าคงที่ที่แสดงลักษณะบางประการของประชากร และให้ N คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างทั้งหมดในประชากร จะได้ว่า

$$\text{ค่าเฉลี่ยของประชากร} = \mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

$$\text{ความแปรปรวนของประชากร} = \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}}$$

ตัวอย่าง ถ้าต้องการศึกษาจำนวนอุปกรณ์การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบ้านเฉลี่ยต่อครัวเรือน ในจังหวัดหนึ่ง ซึ่งมี 100,000 ครัวเรือน ในที่นี้ ประชากร คือ จำนวนครัวเรือน 100,000 ครัวเรือน มีหน่วยตัวอย่าง คือ ครัวเรือน และพารามิเตอร์ คือ จำนวนอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตบ้านเฉลี่ยต่อครัวเรือน (μ)

เมื่อประชากรมีจำนวนมาก จึงต้องเลือกเพียงบางหน่วยมาเป็นตัวอย่าง ดังนั้น การเลือก “ตัวอย่าง (Sample)” เพื่อให้เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะว่าถ้าเลือก “ตัวอย่าง” ที่ไม่เหมาะสมแล้ว จะทำให้การอธิบาย หรือการสรุปผลเกี่ยวกับประชากรเกิดความผิดพลาด วิธีการเลือกตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนที่ดี คือ วิธีการสุ่มตัวอย่าง (Random sampling) จึงเรียก “ตัวอย่าง” ที่ได้ว่า “ตัวอย่างสุ่ม (Random sample)” ขนาดตัวอย่างสุ่มเขียนแทนด้วย n

2.2 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ประชากร (Population)

หมายถึง ข้อมูลทั้งหมดหรือข้อมูลขนาดใหญ่ที่อยู่ในขอบข่ายที่สนใจทำการศึกษา อาจจะเป็นคน สัตว์ สิ่งของ หรือพฤติกรรมใด ๆ ก็ได้ โดยข้อมูลทั้งหมดนั้นจะหมายถึงความถึงหน่วยของสิ่งที่ศึกษาทั้งหมด ที่มีทุกหน่วย เช่น ถ้าพูดถึงนักศึกษาระดับปริญญาตรีก็ต้องเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งหมด ซึ่งคำว่า “ทั้งหมด” จะหมายถึงความถึงเฉพาะกลุ่มเป้าหมายตามขอบเขตที่เรากำหนดไว้ในการศึกษา ประชากรในการศึกษา แบ่งเป็น

- ประชากรที่มีจำนวนจำกัด (finite population) หมายถึง ประชากรที่สามารถนับจำนวนได้ครบถ้วน เช่น จำนวนบุคลากรของกรมส่งเสริมเกษตร หรือจำนวนรถของบุคลากรกรมส่งเสริมการเกษตร
- ประชากรที่มีจำนวนไม่จำกัด (infinite population) หมายถึง ประชากรที่ไม่สามารถนับจำนวนได้ครบถ้วน ไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน เช่น จำนวนคนที่ใช้บริการรถเมล์ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวนคนที่ชอบดูรายการข่าวโทรทัศน์ เป็นต้น

ทั้งนี้ ประชากรเป้าหมายที่นำมาศึกษานั้น ควรอธิบายด้วยว่าครอบคลุมสิ่งใด/คนกลุ่มใด ทำไมจึงจำกัดขอบเขตการศึกษาเฉพาะประชากรกลุ่มนี้ เช่น ทำไมสนใจศึกษาเฉพาะเกษตรกรในภาคใต้ หรือเฉพาะคนที่มีอายุระหว่าง 15 ปี ถึงอายุ 45 ปี บริบูรณ์ เป็นต้น

2.2.2 กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

หมายถึง สมาชิกบางส่วนของประชากรที่ผู้สนใจศึกษาเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มของประชากรเสมอ และสิ่งที่สำคัญคือ จำนวนตัวอย่าง (Sample) ที่เลือกมาใช้นั้น มีจำนวนและความหลากหลายมากพอที่จะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดหรือไม่ เช่น หากจะวิเคราะห์ปัจจัยในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงของคนไทยที่มีประชากร 70 ล้านคน เราควรศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวนกี่คน จากภูมิภาคใดบ้าง อายุเท่าไร อาชีพอะไร และมีกิจกรรมในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง ซึ่งคำถามทั้งหมดนี้ไม่มีคำตอบที่ชัดเจน เพียงแต่ผู้ศึกษาต้องสามารถหาเหตุผลมาตอบเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีน้ำหนักเพียงพอต่อการเลือกมาใช้ ดังนั้นภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างต้องมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับประชากรมากที่สุด

2.2.3 กรอบตัวอย่าง (Sampling Frame)

คือ บัญชีหน่วยต่าง ๆ ทั้งหมดของประชากรที่สนใจศึกษา มีบัญชีรายชื่อของหน่วยตัวอย่างการสุ่มทั้งหมดของประชากรเป้าหมาย เป็นเกณฑ์ในการจำแนกประชากรที่ต้องการศึกษาออกจากประชากรที่มีได้แก่ รายชื่อหน่วยพร้อมตำบลที่อยู่ หรือแผนที่ที่คลุมบริเวณที่ศึกษาพร้อมการแบ่งเป็นหน่วยพื้นที่ กรอบตัวอย่างที่ดี จะต้องมียุทธศาสตร์ตัวอย่างทั้งหมดของประชากร ไม่มีหน่วยตัวอย่างที่ซ้ำซ้อน หรือมีหน่วยตัวอย่างของประชากรอื่นปะปนอยู่ด้วย อีกทั้งมีความถูกต้องครบถ้วนทันสมัย

2.2.4 บัญชีรายชื่อ (List Frame)

คือ บัญชีรายชื่อหน่วยตัวอย่างทั้งหมด

2.2.5 ตัวอย่างสุ่ม (Random Sample)

คือ เซตของหน่วยต่าง ๆ ที่สนใจศึกษา ที่ถูกสุ่มมาจากประชากร ขนาดตัวอย่างสุ่มเขียนแทนด้วย n

2.2.6 หน่วยของการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Unit)

คือ หน่วยที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการเลือกตัวอย่างหรือเป็นสมาชิกที่มีโอกาสได้รับเลือกเป็นตัวอย่าง และเป็นที่เกิดของข้อมูล

2.2.7 พารามิเตอร์ (parameter)

คือ ค่าที่แสดงลักษณะหรือคุณสมบัติของประชากร ซึ่งคำนวณมาจากสมาชิกทั้งหมดของประชากร ค่าพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่มีเพียงค่าเดียว เรียกค่าที่คำนวณจากสมาชิกทั้งหมดของประชากรว่า “ค่าพารามิเตอร์ (Parameter)” ซึ่งจะเขียนสัญลักษณ์ด้วยอักษรกรีก เช่น ค่าเฉลี่ยของประชากร μ ความแปรปรวนประชากร σ^2 เป็นต้น

2.2.8 ค่าสถิติ (statistics)

คือ ค่าที่แสดงลักษณะหรือคุณสมบัติของตัวอย่างคำนวณมาจากสมาชิกเพียงบางส่วนของประชากร ค่าสถิติสามารถแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนไปค่าสถิติก็จะเปลี่ยนไปด้วย เรียกค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างว่า “ค่าสถิติ (Statistic)” เขียนสัญลักษณ์แทนด้วยอักษรภาษาอังกฤษ เช่น ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ความแปรปรวน S^2 เป็นต้น

2.2.9 α (alpha)

คือ ระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการคำนวณระดับความเชื่อมั่น ซึ่งระดับความเชื่อมั่นจะเท่ากับ $100 \times (1 - \alpha) \%$ เช่น ถ้า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

2.2.10 ตัวแปรสุ่ม (Random Variable)

เป็นตัวแปรที่โอกาสในการเกิดค่าของตัวแปรนั้นเป็นไปในลักษณะการสุ่ม เช่น เพศ ค่าของตัวแปร คือ ชาย และ หญิง ถ้าโยนเหรียญ ค่าของตัวแปร คือ หัว และ ก้อย

2.3 การออกแบบประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การออกแบบประชากรและกลุ่มตัวอย่าง หมายถึง การวางแผนเกี่ยวกับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง มีหลักการสำคัญที่ต้องคำนึงถึง ดังต่อไปนี้

2.3.1 การกำหนด/นิยามประชากรเป้าหมาย (Define the target population)

เป็นการกำหนดว่าประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย หมายถึง ใคร หรืออะไร อยู่ที่ไหน และช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งผู้ออกแบบต้องนิยามให้ชัดเจนว่าประชากรหมายถึงสิ่งใด จะศึกษากับประชากรทั้งหมดหรือศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง ถ้าศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างนั้น ต้องคำนึงว่าตัวอย่างที่ดีต้องเป็นตัวแทน (Representative) ของประชากรที่ศึกษา คือ มีคุณสมบัติเหมือนกลุ่มประชากรมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.3.2 เลือกหน่วยของการสุ่มตัวอย่าง (Select a sampling unit)

เลือกหน่วยตัวอย่างสุ่มและจัดทำรายการหน่วยที่จะศึกษาทั้งหมด พร้อมกับกำหนดกรอบตัวอย่าง (sampling frame) หมายถึง รายชื่อของทุก ๆ หน่วยที่ประกอบกันเป็นประชากรที่สนใจศึกษา และรายการแสดงหน่วยตัวอย่างพร้อมตำแหน่งที่อยู่ รายชื่อของตัวอย่างดังกล่าว โดยทั่วไปจะสามารถหาได้จากทะเบียนของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3.3 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (Determine sample size)

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจะช่วยให้การวิจัยมีความถูกต้องและประหยัดค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยจะต้องกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างว่าจะต้องใช้จำนวนเท่าใดเพื่อให้ได้ตัวแทนที่ดี ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

จะแตกต่างกันไปในการวิจัยแต่ละเรื่องซึ่งแล้วแต่วัตถุประสงค์ของการวิจัย งบประมาณและเวลาที่ใช้ในการวิจัย การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ต้องเลือกจำนวนตัวอย่างที่มีความเพียงพอที่จะทำให้ผลการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง เมื่ออ้างอิงไปยังประชากรแล้วมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด หรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยการกำหนดขนาดตัวอย่างที่นิยมใช้มี 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) การใช้ตารางสำเร็จรูป 2) การคำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร 3) การใช้หลักร้อยละในการกำหนดขนาดตัวอย่าง และ 4) การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ G*Power สำหรับรายละเอียดเรื่องการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง จะนำเสนอในหัวข้อที่ 2.4

2.3.4 เลือกเทคนิคการสุ่มตัวอย่าง (Select a sampling technique)

เมื่อผู้วิจัยกำหนดกรอบตัวอย่างแล้ว ขั้นตอนต่อไปต้องเลือกเทคนิควิธีสุ่มตัวอย่างว่าจะใช้วิธีการใดจึงจะได้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากรและเป็นตัวแทนได้แท้จริง การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ดีต้องทราบค่าความน่าจะเป็นของการถูกเลือกมาได้ ผลสรุปจากกลุ่มตัวอย่างสามารถอ้างอิงไปยังประชากรได้ถูกต้อง เทคนิคการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

2.3.4.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น (Probability sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่หน่วยต่าง ๆ ของประชากรมีโอกาสถูกเลือกเท่าเทียมกัน และที่สำคัญคือ ต้องรู้จำนวนประชากรทั้งหมด การเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีนี้แบ่งออกได้เป็น 5 วิธี ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) การสุ่มแบบมีระบบ (Systematic random sampling) การสุ่มแบบจัดชั้นหรือแบ่งชั้น (Stratified random sampling) การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม Cluster random sampling) และการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi - stage random sampling)

2.3.4.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่คำนึงถึงความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลและไม่ต้องรู้จำนวนประชากร วิธีนี้มีจุดอ่อนตรงที่จำนวนที่ได้อาจไม่เป็นตัวแทนของประชากร การเลือกตัวอย่างประเภทนี้ได้แก่ การเลือกแบบบังเอิญ (Accidental sampling) การเลือกแบบกำหนดโควตา (Quota sampling) การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) และการเลือกแบบลูกโซ่หรือสโนว์บอล (Snowball sampling) ทั้งนี้รายละเอียดเทคนิคการสุ่มตัวอย่าง จะนำเสนอในหัวข้อที่ 2.4

2.3.5 วัตถุประสงค์ของการศึกษา (Objective)

ถ้าหากวัตถุประสงค์ในการศึกษาเป็นการอธิบายหรือศึกษาข้อมูลโดยทั่ว ๆ ไป ไม่มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปร และถ้าเราทราบจำนวนประชากรควรใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย แต่ถ้าประชากรจัดเรียงเป็นระบบตามรายชื่อ มีหมายเลขประจำตัว ควรใช้วิธีการสุ่มแบบมีระบบ หากวัตถุประสงค์เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปร เช่น เปรียบเทียบระหว่างนักศึกษาชายและนักศึกษาหญิง จะต้องใช้การสุ่มแบบแบ่งกลุ่มหรือแบ่งชั้นภูมิ โดยจำแนกประชากรออกเป็นนักศึกษาชายและนักศึกษาหญิงก่อน

(หากทำการสุ่มแบบง่ายหรือแบบมีระบบนั้น เราอาจจับฉลากได้เพศใดเพศหนึ่งล้วน ๆ เช่น ได้เพศชายล้วน ก็ไม่สามารถทำการศึกษาได้)

2.4 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Determining the sample size)

เมื่อเรากำหนดกลุ่มประชากรได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ต้องคัดเลือกตัวแทนของประชากรเพื่อนำมาศึกษานั้นคือ “กลุ่มตัวอย่าง” ในหัวข้อ 2.2 ได้อธิบายถึงหลักการการออกแบบประชากรและตัวอย่างไว้แล้ว จะเห็นว่าในเรื่องของการกำหนดขนาดตัวอย่งนั้น มักจะเกิดคำถามว่า ต้องมีจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสมพอที่จะเป็นตัวแทนของประชากรได้ ซึ่งคำตอบก็คือ ขนาดตัวอย่างยิ่งมีจำนวนมากก็ยิ่งมีความน่าเชื่อถือมาก ปัญหาจึงอยู่ที่ว่า ถ้าต้องกำหนดขนาดตัวอย่างในจำนวนที่น้อยที่สุดนั้น จะต้องมีความน่าเชื่อถือได้อย่างไร วิธีการกำหนดขนาดตัวอย่างให้ได้จำนวนขั้นต่ำที่เหมาะสมมีวิธีการที่นิยมใช้อยู่ 4 วิธี ดังนี้

- 1) การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร
- 2) การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูป
- 3) การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ร้อยละตามขนาดประชากร
- 4) การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการกำหนดขนาดของตัวอย่างมีปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณา ได้แก่

- 1) ขนาดของประชากร พิจารณาจำนวนประชากรที่จะศึกษาว่ามีขอบเขตเพียงใดจำนวนเท่าไรที่จะนำมากำหนดขนาดตัวอย่าง ถ้าประชากรมีขนาดใหญ่ควรเลือกศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง แต่ถ้าหากประชากรมีขนาดเล็กก็ควรที่จะศึกษาจากประชากรทั้งหมด

- 2) ธรรมชาติของกลุ่มประชากร ถ้ามีความแตกต่างกันมากของสมาชิก (heterogeneous) ต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้น ถ้ามีความคล้ายคลึงกันมากของสมาชิกในกลุ่มประชากร (homogeneous) ก็ไม่ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก

- 3) จำนวนตัวแปรที่ศึกษา หากเป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบ หรือการวิเคราะห์หลายตัวแปรมีการแบ่งตัวแปรเป็นกลุ่มย่อย จะมีความจำเป็นต้องใช้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่มากพอสำหรับการวิเคราะห์

- 4) วัตถุประสงค์การวิจัย เช่น

- การวิจัยเชิงคุณภาพ ส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การสัมภาษณ์เชิงลึกและสังเกตพฤติกรรม จึงมีการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีความเหมาะสม จะไม่เน้นจำนวนตัวอย่างแต่เน้นที่ความอึดตัวความลึกของข้อมูลที่ต้องการศึกษา

- การวิจัยเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ เน้นการควบคุมสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการทดลอง ควบคุมตัวแปรที่ไม่ได้นำมาศึกษา จึงไม่จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก

- 5) ระดับความคลาดเคลื่อน (α) ที่ยอมให้เกิดขึ้นจากการสุ่มตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) ในการสรุปอ้างอิงผลการศึกษา ความสำคัญของผลการวิจัยที่ต้องการ เพราะค่าความคลาดเคลื่อนจะแปรผกผัน

กับขนาดตัวอย่าง กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างน้อยความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้มาก กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้น้อย แต่ก็มิได้หมายความว่าขนาดตัวอย่างที่มีจำนวนมากจะให้ผลการวิจัยที่น่าเชื่อถือได้มากเสมอไป เนื่องจากยิ่งเพิ่มขนาดตัวอย่างให้มีขนาดใหญ่มากขึ้นอาจทำให้ค่าประมาณที่ได้จากการคำนวณมีความถูกต้องแม่นยำลดลง ดังนั้นการกำหนดขนาดตัวอย่างเราต้องพิจารณาหลายองค์ประกอบรวมเพื่อให้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมกับประเด็นที่ทำการศึกษา

6) ค่าพารามิเตอร์ที่สนใจเป็นค่าเฉลี่ย หรือค่าสัดส่วน ถ้าเป็นค่าสัดส่วน นิยมใช้ค่าความแปรปรวนสูงสุดในการประมาณค่าความแปรปรวน

7) ความแปรปรวนของประชากร หรือสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (C.V.) ของตัวแปรที่สนใจศึกษาในประชากร ทราบความแปรปรวนของประชากรหรือใช้ความแปรปรวนของตัวอย่างในการประมาณ เพราะจะมีผลต่อการแจกแจงของตัวอย่างว่าเป็น Z-test หรือ t-test

8) ข้อจำกัดด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการศึกษา เป็นส่วนหนึ่งที่ผู้ทำการศึกษามองพิจารณาในการกำหนดขนาดตัวอย่าง เพราะถ้าใช้ตัวอย่างจำนวนมากนั้น เวลาและค่าใช้จ่ายก็จะมีจำนวนมากขึ้นตามไปด้วย

2.4.1 การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร

มีทฤษฎีหรือสูตรที่เกี่ยวข้องอยู่จำนวนมากและที่นิยมใช้ ดังนี้

2.4.1.1 สูตรของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ทั้งนี้ต้องพิจารณาเงื่อนไขของแต่ละสูตรที่จะนำมาใช้ด้วย เช่น สูตรของ Taro Yamane จะใช้ในกรณี

1) งานวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) ที่เกี่ยวข้องกับค่าสัดส่วน และค่าประชากรที่เราต้องการวัดเป็นค่าร้อยละ ตอบคำถามแบบ Dichotomous คือ ข้อมูลที่สำรวจนั้นต้องตอบแค่ 0 กับ 1 เช่น ตอบ ใช่ กับ ไม่ใช่ หรือ ชอบ กับ ไม่ชอบ หรือ ชาย กับ หญิง จะไม่ใช้กับกรณีข้อมูลที่สอบถามแบบ Likert scale ซึ่งตอบได้หลายคำตอบ เช่น เห็นด้วยมากที่สุด (5) มาก (4) ปานกลาง (3) น้อย (2) น้อยที่สุด (1) ทั้งนี้เราสามารถประยุกต์ใช้สูตร Yamane โดย จับกลุ่มคำตอบของ Likert scale ให้เหลือ 2 กลุ่ม เช่น ตอบ 4/5 ให้เท่ากับ 1 ถ้าตอบ 1/2/3 ให้เท่ากับ 0 และถ้าหากเป็นงานวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ (Correlational Research) หรืองานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) หรือหากสนใจศึกษาค่าเฉลี่ยหรือความแปรปรวนนั้น จะไม่ใช่สูตรของ Yamane

2) ใช้กับกรณีที่ทราบจำนวนประชากร (Finite Population)

3) ใช้กับเทคนิคการเลือกตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) หรือการสุ่มตัวอย่างที่เป็นไปตามทฤษฎีความน่าจะเป็น (Random Sampling)

ดังนั้น จะมีสูตรในการคำนวณของ Yamane คือ

- กรณีทราบจำนวนประชากร

สูตรของ Yamane
$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องการ

N คือ ขนาดของประชากร

e คือ ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

ช่วงความเชื่อมั่น 90% หมายความว่า ค่าความคลาดเคลื่อน (error) = 10% ซึ่ง $e = 0.10$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% หมายความว่า ค่าความคลาดเคลื่อน (error) = 5% ซึ่ง $e = 0.05$

ช่วงความเชื่อมั่น 99% หมายความว่า ค่าความคลาดเคลื่อน (error) = 1% ซึ่ง $e = 0.01$

ตัวอย่างที่ 2.1 การประเมินเกี่ยวกับโครงการประกันรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจังหวัดหนึ่ง ซึ่งมีประชากรที่จะศึกษาจำนวน 10,000 คน ผู้ศึกษากำหนดค่าคลาดเคลื่อนของการเลือกกลุ่มตัวอย่างหรือค่าคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าไว้ที่ร้อยละ 5 ($e = 0.05$) ควรจะใช้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำเท่าใด

วิธีคำนวณ $N = 10,000$ คน

$e = 0.05$

จากสูตร
$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

แทนค่าในสูตร

$$n = \frac{10,000}{1 + 10,000 \times (0.05)^2}$$

$n = 384.62$ หรือ 385 คน

2.4.1.2 สูตรของ Cochran (Cochran, 1977) ใช้กับกรณีไม่ทราบขนาดประชากร (สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกรณีทราบประชากรได้) แบ่งเป็น

กรณีไม่ทราบขนาดประชากร (ทราบสัดส่วนประชากร p)

สูตรของ Cochran
$$n = \frac{Z^2 P(1-P)}{e^2}$$

กรณีไม่ทราบขนาดประชากร (ไม่ทราบสัดส่วนประชากร p)

สูตรของ Cochran
$$n = \frac{Z^2}{4e^2}$$

กรณีทราบขนาดประชากร (ไม่ทราบสัดส่วนประชากร P)

สูตร
$$n_0 = \frac{Z^2}{4e^2}$$

ปรับด้วย
$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

จากสูตรของ Cochran

เมื่อ	n คือ	ขนาดกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องการ
	e คือ	ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้ หรือความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้
	P คือ	ค่าสัดส่วนของลักษณะที่ต้องการศึกษา หรือร้อยละที่ต้องการสุ่มจากประชากรทั้งหมด หรือสัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการจะสุ่ม ซึ่งสามารถนำค่าสถิติในอดีตมาใช้ได้
	Z คือ	ความเชื่อมั่นที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ที่ระดับนัยสำคัญ α ซึ่งต้องเปลี่ยนจากระดับความเชื่อมั่นไปสู่ค่า Z-Score ดังนี้ - ความเชื่อมั่น 90% ($\alpha = 0.10$) ค่า $Z = 1.645$ - ความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) ค่า $Z = 1.96$ - ความเชื่อมั่น 99% ($\alpha = 0.01$) ค่า $Z = 2.576$

ตัวอย่างที่ 2.2 ในการประเมินโครงการเกษตรอินทรีย์ มีเกษตรกรทั่วประเทศที่ทำการเกษตรแบบอินทรีย์เพียงร้อยละ 45 ของเกษตรกรทั้งหมด หากต้องการให้การประเมินสัดส่วนของประชากรมีค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้เพียงร้อยละ 5 โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ควรใช้จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำเท่าใดในการประเมินโครงการ

วิธีคำนวณ

$$P = \text{เกษตรกรที่ไม่ทำเกษตรอินทรีย์มีร้อยละ } 55 = 0.55$$
$$1-P = 1 - 0.55 = 0.45$$
$$Z = 1.96$$

จากสูตร
$$n = \frac{Z^2 P(1-P)}{e^2}$$

จะได้
$$n = \frac{(1.96)^2 (0.55)(0.45)}{(0.05)^2}$$

$$n = 380.32 \text{ หรือ } 380 \text{ คน}$$

ตัวอย่างที่ 2.3 สํารวจความคิดเห็นของประชาชนในเขตดุสิต ซึ่งมีประชากรอยู่ 160,000 คน เกี่ยวกับนโยบายดิจิทัลวอลเล็ต 10,000 บาท ซึ่งเป็นนโยบายกระตุ้นเศรษฐกิจของพรรคเพื่อไทย โดยกำหนดให้ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% ด้วยความเชื่อมั่น 95% ผู้ศึกษาจะต้องสุ่มตัวอย่างจำนวนเท่าใด
วิธีคำนวณ

จากสูตร
$$n_0 = \frac{Z^2}{4e^2}$$

จะได้
ปรับด้วย
$$n = \frac{(1.96)^2}{4(0.05)^2} = 384.16$$

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

จะได้
$$n = \frac{384.16}{1 + \frac{384.16}{160,000}} = 383.24$$

$$n = 383.24 \text{ หรือ } 380 \text{ คน}$$

2.4.1.3 การกำหนดขนาดตัวอย่าง กรณีต้องการประมาณค่าเฉลี่ย

1) พิจารณาสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใส่คืนขนาด n จากประชากร N เพื่อประมาณ μ_y ด้วย $\bar{Y}$ นั่นคือ เมื่อต้องการหาขนาดตัวอย่าง n เพื่อให้ $\bar{Y}$ คลาดเคลื่อนไม่เกิน 100C% จะได้

$$n_0 = \frac{C.V^2}{C^2}$$

เมื่อ C.V. เป็นสัมประสิทธิ์ความแปรผัน และ C คือความคลาดเคลื่อน
จะได้ขนาดตัวอย่าง

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

2) ต้องการประมาณ μ_y ด้วย $\bar{Y}$ ให้ความคลาดเคลื่อนไม่เกินกว่า e ด้วยความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ จะได้

$$n_0 = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

แล้วปรับด้วย $n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$

3) ต้องการประมาณ μ_y ด้วย $\bar{Y}$ ให้ความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ $100r$ ของค่าจริง ด้วยความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ จะได้

$$n_0 = \frac{Z^2 \sigma^2}{(r \mu_y)^2}$$

แล้วปรับด้วย

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

ตัวอย่าง 2.4 ต้องการประมาณรายได้เฉลี่ยครัวเรือนเกษตรกรจังหวัดศรีสะเกษ มีประชากร 1,400,000 คน รายได้ของครัวเรือนมีค่า C.V. เท่ากับ 90% จะหาขนาดตัวอย่างที่ต้องใช้เมื่อต้องการให้ผลการศึกษามีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 4%
วิธีทำ จะได้ว่า C.V. = 0.90 C = 0.04 N = 1,400,000 คน

จากสูตร $n_0 = \frac{C.V^2}{C^2}$

$$n_0 = \frac{(0.90)^2}{(0.04)^2} = 506.25$$

ปรับด้วย $n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$

ได้ $n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} = 506.067$ หรือ 500 คน

ตัวอย่างที่ 2.5 ต้องการประมาณค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือนของนักศึกษาที่อาศัยอยู่หอพักของมหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 3,000 คน โดยให้ผลการศึกษามีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 150 บาท มีความเชื่อมั่นอย่างน้อย 90% ให้หาขนาดตัวอย่าง ถ้าทราบว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าใช้จ่ายต่อเดือนต่อคนในหอพักของมหาวิทยาลัย มีค่าเท่ากับ 500 บาท

วิธีทำ

จากสูตร

$$n_0 = \frac{Z^2 \sigma^2}{e^2}$$

จะได้ว่า $n_0 = \frac{(1.645)^2 (500)^2}{(150)^2} = 30.066$

ปรับด้วย

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

จะได้ $n = \frac{30.066}{1 + \frac{30.066}{3,000}} = 29.76$

$$n = 29.76 \text{ หรือ } 30$$

ตัวอย่างที่ 2.6 ต้องการประมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อครัวเรือนในจังหวัดร้อยเอ็ดที่มีเกษตรกร 8,000 ครัวเรือน จากข้อมูล 5 ปีที่ผ่านมาทราบว่าผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อครัวเรือนเท่ากับ 9 ตัน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4 ผู้ศึกษาควรสุ่มตัวอย่างขนาดเท่าใดเพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ของค่าจริง และมีความเชื่อมั่นอย่างน้อย 95%

วิธีทำ จากสูตร

$$n_0 = \frac{Z^2 \sigma^2}{(r \mu_y)^2}$$

จะได้ $n_0 = 303.53$

ปรับด้วย

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

จะได้

$$n = \frac{303.53}{1 + \frac{303.53}{8,000}} = 292.44$$

$$n = 292.44 \text{ หรือ } 292 \text{ ครัวเรือน}$$

2.4.2 การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูป

ที่นิยมใช้ มีดังนี้

วิธีการเปิดตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan) หรือตารางสำเร็จรูปของยามาเน (Yamane) โดยทั่วไปการวิจัยทางสังคมศาสตร์นิยมใช้ตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน เพราะใช้ง่ายสะดวก เนื่องจากผู้วิจัยทราบจำนวนประชากรที่ศึกษาอยู่แล้ว ตารางสำเร็จรูปประเภทนี้ได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นในการสุ่มตัวอย่างที่ 95% และผู้วิจัยไม่ต้องกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่าง ส่วนการใช้ตารางสำเร็จรูปของยามาเน (Yamane) ผู้วิจัยต้องทราบจำนวนประชากรที่ศึกษาต้องกำหนดระดับความคลาดเคลื่อนในการสุ่มตัวอย่างก่อน เช่น กำหนดระดับความคลาดเคลื่อน +5% หรือ +10 % ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือ 99% จึงจะสามารถหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูปได้ ตัวอย่าง เช่น นักวิจัยต้องการศึกษากับประชากรนักวิชาการเกษตรที่มีอยู่จำนวน 10,000 คนเมื่อเปิดตารางสำเร็จรูปของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan) หรือตารางสำเร็จรูปของยามาเน (Yamane) จะได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 370 คน หรือถ้าประชากรมีจำนวนแสนคนขึ้นไป จะได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 384 คน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครจซี่และมอร์แกน (Krejcie and Morgan)

ประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (S)	ประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (S)	ประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (S)
10	10	220	140	1,200	291
15	14	230	144	1,300	297
20	19	240	148	1,400	302
25	24	250	152	1,500	306
30	28	260	155	1,600	310
35	32	270	159	1,700	313
40	36	280	162	1,800	317
45	40	290	165	1,900	320
50	44	300	169	2,000	322
55	48	320	175	2,200	327
60	52	340	181	2,400	331
65	56	360	186	2,600	335
70	59	380	191	2,800	338
75	63	400	196	3,000	341
80	65	420	201	3,500	345

ตารางที่ 2.2 การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างของเครจซีและมอร์แกน (Krejcie and Morgan) (ต่อ)

ประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (S)	ประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (S)	ประชากร (N)	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (S)
85	70	440	205	4,000	351
90	73	460	210	4,500	354
95	76	480	214	5,000	357
100	80	500	217	6,000	361
110	86	550	226	7,000	364
120	92	600	234	8,000	367
130	97	650	242	9,000	368
140	103	700	248	10,000	370
150	108	750	254	15,000	375
160	113	800	260	20,000	377
170	118	850	265	30,000	379
180	123	900	269	40,000	380
190	127	950	274	50,000	381
200	132	1,000	278	75,000	382
210	136	1,100	285	100,000	384

ในกรณีที่ผู้วิจัยใช้ตารางสำเร็จรูปของยามานะ (Yamane) จะต้องกำหนดระดับความเชื่อมั่นของการคาดคะเนก่อน และจะต้องกำหนดระดับความคลาดเคลื่อน เช่น กำหนดระดับความเชื่อมั่น 99% หรือ 95% ระดับความคลาดเคลื่อน 1% หรือ 5% ตัวอย่างเช่น ผู้วิจัยต้องการศึกษาจากประชากรจำนวน 1 แสนคน หากผู้วิจัยกำหนดความเชื่อมั่นที่ 95% และขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ ก็จะได้จำนวนตัวอย่าง 400 คน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การกำหนดขนาดตัวอย่างของยามาเน (Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ขนาด ประชากร	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามความคลาดเคลื่อน					
	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 4\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
00	b	B	b	b	222	83
1,000	b	B	b	385	286	91
1,500	b	B	638	441	316	94
2,000	b	B	714	476	333	95
2,500	b	1,250	769	500	345	96
3,000	b	1,364	811	517	353	97
3,500	b	1,458	843	530	359	87
4,000	b	1,538	870	541	364	98
4,500	b	1,607	891	549	367	98
5,000	b	1,667	909	556	370	98
6,000	b	1,765	938	566	375	98
7,000	b	1,842	959	574	378	99
8,000	b	1,905	676	580	381	99
9,000	b	1,957	989	584	383	99
10,000	5,000	2,000	1,000	588	385	99
15,000	6,000	2,143	1,034	600	390	100
20,000	6,667	2,222	1,034	606	392	100
25,000	7,143	2,273	1,064	610	394	100
50,000	8,333	2,381	1,087	617	397	100
100,000	9,091	2,439	1,099	321	398	100
∞	10,000	2,500	1,111	625	400	100

b ใช้ไม่ได้ (ต้องศึกษาเท่าจำนวนประชากร)

ถ้าผู้วิจัยต้องการศึกษาจากประชากรจำนวน 1 แสนคน โดยผู้วิจัยกำหนดความเชื่อมั่น 99% และระดับความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามตารางสำเร็จรูปจะได้เท่ากับ 900 คน ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การกำหนดขนาดตัวอย่างของยามาเน (Yamane) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ขนาด ประชากร	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามความคลาดเคลื่อน				
	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 4\%$	$\pm 5\%$
500	b	b	b	b	B
1,000	b	b	b	b	474
1,500	b	b	b	726	563
2,000	b	b	b	826	621
2,500	b	b	b	900	662
3,000	b	b	1,364	958	692
3,500	b	b	1,458	1,003	716
4,000	b	b	1,539	1,041	735
4,500	b	b	1,607	1,071	750
5,000	b	b	1,667	1,098	763
6,000	b	2,903	1,765	1,139	783
7,000	b	3,119	1,842	1,171	789
8,000	b	3,303	1,905	1,196	809
9,000	b	3,462	1,957	1,216	818
10,000	b	3,600	2,000	1,233	826
15,000	b	4,091	2,143	1,286	849
20,000	b	4,390	2,222	1,314	861
25,000	11,842	4,592	2,273	1,331	869
50,000	15,517	5,055	2,381	1,368	884
100,000	18,367	5,325	2,439	1,387	892
∞	22,500	5,625	2,500	1,405	900

b = ใช้ไม่ได้ (ต้องศึกษาเท่าจำนวนประชากร)

การเลือกใช้ตารางสำเร็จรูปเพื่อกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิจัยนั้น มีจุดอ่อนของการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสำเร็จรูปคือมีตารางชุดเดียวแต่ใช้สำหรับสถิติทดสอบทุกชนิด ดังนั้นหากต้องเลือกใช้ตารางสำเร็จรูป มีปัจจัยที่ต้องพิจารณาหรือกำหนดหลายประการ ได้แก่ จำนวนประชากร คุณลักษณะ

ของประชากร ระดับความเชื่อมั่น และต้องพิจารณาระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ดังนั้น จึงควรพิจารณาปัจจัยที่แตกต่างกันของแต่ละตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความแตกต่างของตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ปัจจัยที่พิจารณา	ตารางของยามาเน	ตารางของเครชชีและมอร์แกน
จำนวนประชากร	500 ขึ้นไป	10 ขึ้นไป
คุณลักษณะของประชากร	50/50	50/50
ระดับความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้	$\pm 1\%$ ถึง $\pm 10\%$	ไม่ระบุ
ระดับความเชื่อมั่น	95 % และ 99%	95%

2.4.3 การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้เกณฑ์ร้อยละตามขนาดประชากร

วิธีการใช้เกณฑ์ร้อยละ กรณีนี้เหมาะกับประชากรที่มีจำนวนนับได้และมีขนาดไม่มากเกินไป
ดังนี้ (Kerlinger, 1966: 105)

จำนวนประชากร	จำนวนตัวอย่าง
น้อยกว่า 100 (1-99)	100%
จำนวนหลักร้อย (100-999)	25%
จำนวนหลักพัน (1,000 – ขึ้นไป)	10%
จำนวนหลักหมื่น (10,000 – ขึ้นไป)	1 %

อย่างไรก็ตามในเรื่องของการกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างนั้น อาจพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น ถ้าเป็นการวิจัยเชิงทดลองควรใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 30 คน ถ้าเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพอาจใช้กลุ่มตัวอย่างไม่มากนัก แต่ถ้าเป็นการวิจัยเชิงสำรวจต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก เพราะต้องการข้อมูลพื้นฐานในเรื่องต่าง ๆ จากคนกลุ่มใหญ่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับเงิน เวลา และบุคลากรในการทำวิจัยด้วย

2.4.4 การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

การทำวิจัยในปัจจุบันมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการกำหนดขนาดตัวอย่างให้ถูกต้องตามหลักสถิติ ซึ่งหากใช้สูตรหรือเปิดตารางกำหนดขนาดตัวอย่างโดยไม่ทราบเงื่อนไขในการใช้งานจะส่งผลให้งานวิจัยมีความน่าเชื่อถือลดลง อีกทั้งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กำหนดขนาดตัวอย่าง จะช่วยให้นักวิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างได้ถูกต้องตามหลักวิชาการสอดคล้องกับสถิติที่นำมาใช้ ในที่นี้จะยกตัวอย่างพอสังเขปสำหรับการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ G*Power ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้รับความนิยมสูง (ผู้อ่านที่สนใจสามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และมีการสอนวิธีใช้โปรแกรมใน Youtube) มีขั้นตอนการใช้โปรแกรม ดังนี้ 1) เลือกวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมกับปัญหาการวิจัย ซึ่งมีสถิติให้เลือก 5 กลุ่ม ได้แก่ t-test, z-test, F-test, χ^2 -test, exact test 2) เลือกวิธีวิเคราะห์อำนาจการทดสอบ 3) ป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ขนาดตัวอย่าง

ตามที่กำหนด ประกอบด้วย 3.1) การประมาณค่าขนาดอิทธิพลที่ Cohen (1977) ได้กำหนดไว้ 3 ขนาด (ขนาดเล็ก, ขนาดกลาง, ขนาดใหญ่) ดังตารางที่ 2.5 4) คลิกปุ่ม “Calculate” เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ

ตารางที่ 2.6 การประมาณค่าขนาดอิทธิพลที่ Cohen (1977) กำหนดไว้ 3 ระดับ จำแนกตามประเภทของ ค่าขนาดอิทธิพล

Test	Small	Medium	Large
1) Difference between two mean	0.20	0.50	0.80
2) Difference between many means	0.10	0.25	0.40
3) Chi-square	0.10	0.30	0.50
4) Pearson's correlation coefficient	0.10	0.30	0.50
5) Difference between correlation coefficient	0.10	0.30	0.50
6) Linear multiple correlation coefficient	0.02	0.15	0.35

ที่มา: (Buchner, 2010; Cohen, 1977 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2555)

2.5 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากการวิจัยบางเรื่องสามารถศึกษากับประชากรได้ทั้งหมด แต่บางเรื่องไม่สามารถศึกษากับประชากรได้ทั้งหมดเพราะประชากรมีจำนวนมาก ในการวิจัยจำเป็นต้องใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างซึ่งอาจได้มาโดยวิธีการเลือก (select) หรือวิธีการสุ่ม (random) ที่ให้โอกาสทุกหน่วยในการถูกเลือกอย่างเท่าเทียมกัน การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีจึงหมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ค่าสถิติคำนวณได้ใกล้เคียงหรือเกือบเท่ากับค่าพารามิเตอร์ (parameter) ของประชากร เพื่อที่ผลสรุปจากกลุ่มตัวอย่างสามารถอ้างอิงไปยังประชากรได้ถูกต้อง ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างต้องคำนึงถึงหลักสำคัญ 2 ประการ คือ การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่เหมาะสม และกลุ่มตัวอย่างมีจำนวนเหมาะสมที่จะทดสอบความน่าเชื่อถือโดยวิธีการทางสถิติ วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างมีหลายวิธี ผู้วิจัยต้องทราบลักษณะของการสุ่มตัวอย่าง ข้อดีข้อจำกัดของแต่ละวิธีจึงจะออกแบบการสุ่มตัวอย่างได้เหมาะสม วิธีการสุ่มตัวอย่างมีทั้งวิธีการสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็นและไม่อาศัยความน่าจะเป็น มีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 การสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น (Probability sampling)

หมายถึง การสุ่มตัวอย่างที่ทราบค่าความน่าจะเป็นที่หน่วยตัวอย่างจะถูกเลือกเป็นตัวอย่าง การสุ่มตัวอย่างแบบนี้ผู้วิจัยจะต้องทราบจำนวนประชากรและกลุ่มตัวอย่างทุกหน่วยมีโอกาสที่จะถูกเลือกเท่าเทียมกัน การสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็นมี 5 วิธี ได้แก่

2.5.1.1 การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) หมายถึง กระบวนการสุ่มตัวอย่างที่แต่ละหน่วยของประชากรมีโอกาสที่จะถูกคัดเลือกขึ้นมาเป็นกลุ่มตัวอย่างเท่า ๆ กัน ได้แก่

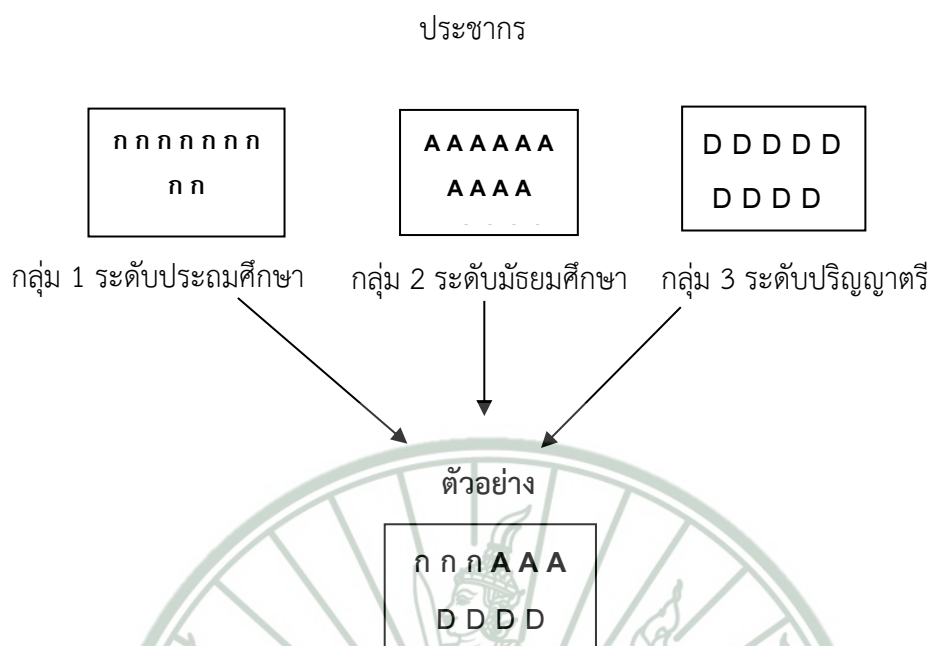
วิธีจับสลาก วิธีการนี้ใช้กับการวิจัยที่ประชากรมีขนาดเล็ก เป็นวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ง่าย ทำโดยทำสลากและให้หมายเลขหรือชื่อกำกับสลากตามจำนวนประชากรตั้งแต่หมายเลข 1 เป็นต้นไป จับสลากขึ้นมาครั้งละ 1 ใบจนได้ตัวอย่างครบตามจำนวนที่ต้องการ วิธีใช้ตารางเลขสุ่ม (random number) เป็นตารางสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่างโดยเฉพาะ วิธีนี้เหมาะสำหรับการวิจัยที่ประชากรมีขนาดใหญ่ โดยกำหนดหมายเลขให้แก่หน่วยตัวอย่างของประชากรจาก 1 ถึง N จากนั้นทำการสุ่มหลักและแถวของตารางเลขสุ่ม เพื่อหาตัวเลขเริ่มต้นและดำเนินการสุ่มตามกฎเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จนได้ตัวอย่างครบตามจำนวนที่กำหนด วิธีการใช้คอมพิวเตอร์สุ่ม วิธีการนี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เขียนคำสั่งให้สุ่มตัวเลขจากตัวเลขระหว่าง 1 ถึง N ตามขนาดตัวอย่างที่ต้องการ หน่วยตัวอย่างที่สุ่มได้จะใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย ทั้งนี้มี ข้อดีคือ ทำได้ง่าย มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก สะดวกในการใช้กับประชากรมีลักษณะคล้ายคลึงกันข้อจำกัดคือ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับประชากรที่มีความแตกต่างกันมาก ในลักษณะตัวแปรที่ศึกษากรณีที่ประชากรมีความแตกต่างกันมาก การสุ่มวิธีนี้จะต้องใช้ตัวอย่างจำนวนมาก อาจทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูงและเสียเวลามาก

2.5.1.2 การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic random sampling) หมายถึง กระบวนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้การเลือกตัวอย่างในลักษณะที่เป็นช่วงสุ่ม (Sampling Interval) โดยใช้สูตร

$$\text{ช่วงสุ่ม (k)} = \frac{\text{จำนวน/ขนาดของประชากร (N)}}{\text{จำนวน/ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n)}}$$

เช่น ต้องการสำรวจครัวเรือน 40 หลังคาเรือนจาก 400 หลังคาเรือน จะต้องหา N/n ซึ่งได้เท่ากับ $400/40 = 10$ จากนั้น ทุก 10 หลังคาเรือน ผู้วิจัยจะสุ่มมา 1 หลัง ทำเช่นนี้ จนได้ครบ 40 หลังตามต้องการ ทั้งนี้มี ข้อดีคือ สามารถนำไปใช้ได้ง่าย สะดวก เสียค่าใช้จ่ายน้อย และมีความผิดพลาดน้อยในกรณีที่ประชากรมีการเรียงลำดับตัวอย่างไว้อย่างสุ่ม วิธีการสุ่มแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการสุ่มแบบง่าย และมีข้อจำกัดคือ ถ้าช่วงสุ่ม (N/n) หарไม่ลงตัว ขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่แน่นอน จะได้ตัวประมาณค่าที่มีความแปรปรวน

2.5.1.3 การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling) เป็นการสุ่มตัวอย่างที่จัดประชากรออกเป็นกลุ่มหรือชั้น โดยให้ภายในชั้นมีลักษณะคล้ายกันมากที่สุด และให้ระหว่างชั้นมีความแตกต่างกันมากที่สุด แล้วจึงทำการสุ่มตัวอย่างมาจากแต่ละชั้นให้ได้สัดส่วนกับจำนวนประชากรของแต่ละชั้น ตัวอย่างเช่น แบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มหรือชั้นตามอาชีพ ดังภาพที่ 2.1 และมีข้อดีคือ ทำให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของประชากรจากทุกลักษณะ รวมทั้งสามารถใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นได้ ข้อจำกัดคือ ถ้าตัวแปรที่มีการแบ่งชั้นมากเกินไป อาจจะไม่มียุหน่วยตัวอย่างใดตกอยู่ในบางชั้น ถ้าใช้วิธีการสุ่มในแต่ละชั้นที่แตกต่างกัน การประมาณค่าพารามิเตอร์จะยุ่งยาก



ภาพที่ 2.1 การสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified random sampling)

2.5.1.4 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) วิธีนี้จะแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยให้ภายในกลุ่มมีความแตกต่างกันมากที่สุด และระหว่างกลุ่มมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยทั่วไปประชากรมักจะแบ่งเป็นกลุ่มตามสภาพพื้นที่ ภูมิประเทศ เช่น แบ่งเป็นภาค เป็นเขต เป็นต้น จากนั้นจึงสุ่มเอามาเป็นกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้ ข้อดีคือ กรณีที่ประชากรไม่มีการรอบตัวอย่าง การสุ่มโดยวิธีนี้จะทำให้ประหยัดเวลาและเสียค่าใช้จ่ายน้อยข้อจำกัดคือ มักจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการสุ่มแบบอื่น เพราะการสุ่มโดยวิธีนี้จะเก็บข้อมูลจากหน่วยตัวอย่างที่อยู่ใกล้เคียงภายในกลุ่มเดียวกันข้อมูลที่ได้ จึงอาจไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร

2.5.1.5 การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi - Stage Random Sampling) เป็นการสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่กระทำเป็นขั้น ๆ หลายขั้นด้วยกัน โดยในแต่ละขั้น จะใช้การสุ่มแบบใดก็ได้ และการเก็บข้อมูลจะเก็บจากหน่วยตัวอย่างขั้นสุดท้ายที่สุ่มได้ นิยมใช้กับงานวิจัยที่ประชากรมีขนาดใหญ่และมีขอบเขตกว้างขวาง ผู้วิจัยจึงแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มใหญ่ แล้วจึงแบ่งเป็นกลุ่มย่อยไปเรื่อย ๆ เช่น แบ่งประชาชนทั้งประเทศเป็นภาค จากภาคเป็นจังหวัด จากจังหวัดเป็นอำเภอ ตำบล และหมู่บ้านตามลำดับ ข้อดีคือวิธีการสุ่มแบบนี้เหมาะสมที่จะใช้การสุ่มตัวอย่างที่ประชากรมีขนาดใหญ่ มีขอบเขตกว้างขวาง และไม่มีกรอบตัวอย่างที่สมบูรณ์ ทำให้สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่าย ข้อจำกัดคือ วิธีนี้ไม่เหมาะสมกับประชากรขนาดเล็ก วิธีสุ่มแบบนี้มีการสุ่มหลายขั้นตอนมากเกินไป ทำให้ประมาณค่าพารามิเตอร์ยุ่งยาก

2.5.2 การสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-Probability sampling)

หมายถึง การสุ่มตัวอย่างที่ไม่ได้เน้นการสุ่มอย่างอิงคุณลักษณะของประชากรมากนัก ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และไม่สามารถกำหนดกรอบตัวอย่างของประชากรได้ เนื่องจากไม่ได้รวบรวมหรือจัดบันทึกไว้อย่างชัดเจน การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบนี้ มี 4 วิธี ได้แก่

2.5.2.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) เป็นการเลือกตัวอย่างเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตามแต่ที่จะพบได้ เช่น การสำรวจความนิยมของผู้ชั้บิรยณต์นั้งรับจ้าง (แท้กซี่) ในการรับฟังรายการวิทยุกระจายเสียง ผู้สำรวจอาจจะเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์คนขับรถยนต์นั้งรับจ้างแท้กซี่ที่ผู้สำรวจพบ การสุ่มตัวอย่างแบบนี้มีจุดอ่อนมาก แต่ก็อาจจำเป็นต้องใช้เมื่อไม่สามารถสุ่มโดยวิธีอื่นที่ดีกว่านี้ได้ ดังตัวอย่างข้างต้น ถ้าจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอื่นอาจทำได้ยาก ข้อดีคือ ทำได้ง่ายรวดเร็ว ไม่ต้องใช้หลักเกณฑ์อะไรในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ข้อจำกัดคือ ผู้วิจัยไม่สามารถอ้างได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่ถูกเลือกมาทำการศึกษานั้นเป็นตัวแทนของประชากรอย่างแท้จริง ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยไม่มีหลักเกณฑ์ในการเลือกหน่วยตัวอย่าง

2.5.2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) การเลือกตัวอย่างวิธีนี้ใช้วิจารณ์ญาณของผู้สำรวจหรือผู้วิจัยเป็นสำคัญ โดยมุ่งหวังให้ผลการศึกษามีความเชื่อถือได้เป็นสำคัญ เช่น การสำรวจความเห็นของผู้ชำนาญการด้านวิทยุโทรทัศน์ต่อรายการวิทยุโทรทัศน์ เพื่อการศึกษาของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อที่จะได้นำความเห็นเหล่านั้นมาปรับปรุงรายการผู้สำรวจย่อมต้องใช้วิจารณ์ญาณว่าใครคือ ผู้ชำนาญการที่เหมาะสมที่จะให้ข้อมูลที่ต้องการ เพื่อให้ผลการสำรวจมีความเชื่อถือได้ และให้ประโยชน์ตรงตามวัตถุประสงค์ของการสำรวจ ข้อดีและข้อจำกัดของการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ข้อดีคือ ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะขึ้นอยู่กับความพอใจ หรือความต้องการของผู้วิจัยเท่านั้น ที่คิดว่าหน่วยตัวอย่างนี้จะเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรได้ ข้อจำกัดคือ การที่หน่วยตัวอย่างถูกเลือกขึ้นมาศึกษาอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรได้ เพราะประชากรแต่ละกลุ่มอาจมีความแตกต่างกัน

2.5.2.3 การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควตา (Quota sampling) เป็นการเลือกตัวอย่างที่ผู้วิจัยกำหนดคุณลักษณะ และจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทำการการศึกษา เช่น กำหนดว่าจะศึกษากับเพศชายจำนวน 140 คน และเพศหญิงจำนวน 160 คน เป็นต้น ข้อดีคือ ทำให้ผู้วิจัยมีความมั่นใจว่า ตัวแปรต่าง ๆ ที่จะมื่อทธิพลต่อการวิจัยได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบตามคุณลักษณะของแต่ละตัวแปรที่ศึกษา ข้อจำกัดคือ การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมตามความคิดของผู้วิจัยเท่านั้น จึงไม่อาจมั่นใจได้ว่าหน่วยตัวอย่างที่ถูกเลือกมาสามารถเป็นตัวแทนที่ดีของประชากรได้

2.5.2.4 การเลือกแบบลูกโซ่หรือสโนว์บอล (Snowball sampling) เป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยทำการกำหนดลักษณะที่ตรงตามจุดมุ่งหมายการวิจัย มีการเก็บรวบรวมข้อมูล และขอให้กลุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่ง เป็นแหล่งข้อมูลกลุ่มที่ 1 เพื่อแนะนำกลุ่มตัวอย่างอีกจำนวนหนึ่ง เพื่อผู้วิจัยจะได้ทำการรวบรวม

ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลกลุ่มที่ 2 และทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนได้กลุ่มตัวอย่างครบตามจำนวนที่ต้องการ ข้อดีคือได้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะตรงตามที่ต้องการ ข้อจำกัดคือ กลุ่มตัวอย่างอาจไม่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นแหล่งข้อมูลกลุ่มที่หนึ่ง แนะนำกลุ่มตัวอย่างถัดไปเฉพาะที่ตนเองคุ้นเคยเท่านั้น

2.6 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ดี

กลุ่มตัวอย่างที่ดีจะต้องเป็นตัวแทนของประชากรอย่างแท้จริง กลุ่มตัวอย่างที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

- 1) เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร กลุ่มตัวอย่างต้องมีลักษณะของประชากรที่จะศึกษาอย่างครบถ้วนหรือมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ดังนั้นในการเลือกกลุ่มตัวอย่างจึงต้องระมัดระวังมิให้เกิดความลำเอียงควรเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมกับลักษณะของประชากร
- 2) สามารถให้ข้อมูลที่ต้องการได้โดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด กลุ่มตัวอย่างควรจะให้ข้อมูลที่ถูกต้องเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดใกล้เคียงที่สุด มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด
- 3) สามารถให้ข้อมูลที่ต้องการได้โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เนื่องจากข้อจำกัดของงบประมาณ จึงจัดว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ดี
- 4) มีขนาดพอเหมาะ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีความเกี่ยวข้องกับความต้องการในการสรุปผล ลักษณะของประชากร กล่าวคือถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ โอกาสที่จะได้ตัวแทนของประชากรมีสูง จะทำให้โอกาสได้ข้อมูลที่ถูกต้องมีมาก แต่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายสูง แต่ถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างน้อยเกินไป โอกาสที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องก็จะลดลงไปด้วย แต่ไม่สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย ดังนั้น การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจึงจำเป็นต้องการกระทำอย่างระมัดระวัง

2.7 การเลือกตัวอย่างไปใช้ในการวิจัย

วิธีการสุ่มตัวอย่างหรือเลือกตัวอย่างมีหลายวิธี ผู้วิจัยต้องทราบข้อดีข้อจำกัดของการสุ่มหรือเลือกตัวอย่างแต่ละแบบ จึงจะออกแบบการสุ่มหรือเลือกตัวอย่างได้เหมาะสม ดังนี้

2.7.1 การสุ่มตัวอย่างโดยอาศัยความน่าจะเป็น (Probability sampling)

จำเป็นต้องรู้จำนวนประชากรมีวิธีการ ดังนี้

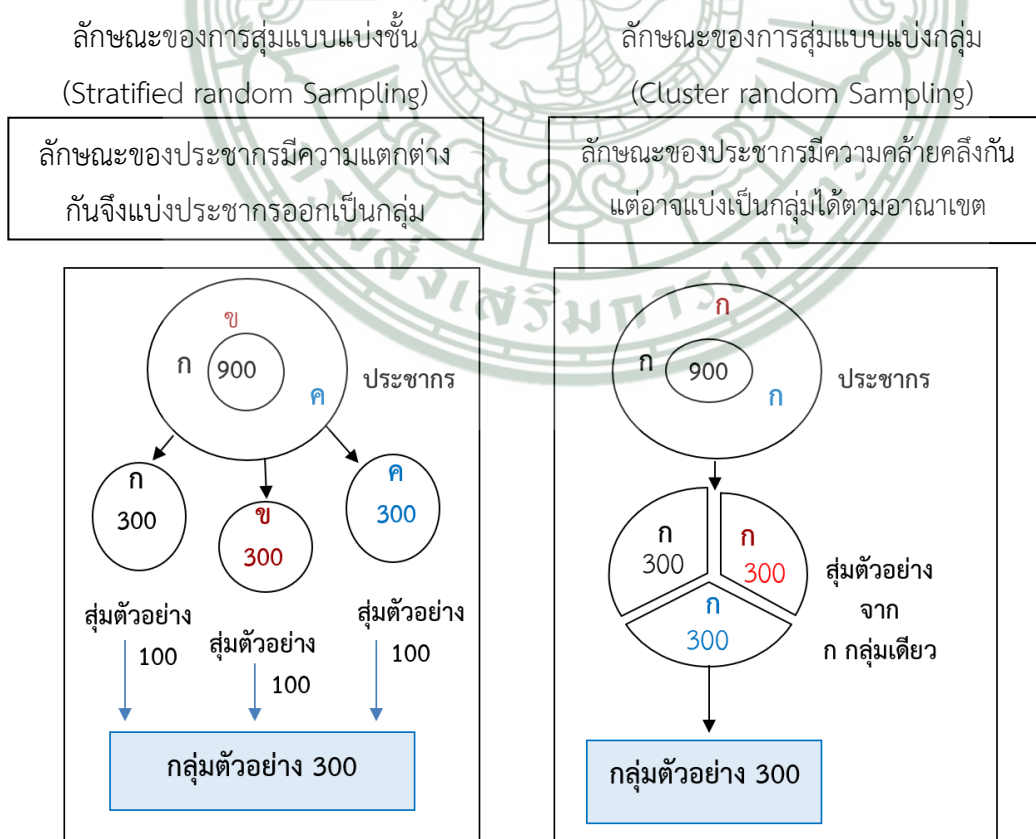
- 1) การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) เหมาะกับงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจหรือบรรยาย ทำได้โดยการจับสลากในกรณีที่ประชากรมีจำนวนไม่มาก แต่ถ้าประชากรมีจำนวนมากกว่า 100 คน ควรใช้ตารางเลขสุ่ม เช่น ต้องการสำรวจความคิดเห็นของนักสารสนเทศในเรื่องทั่ว ๆ ไป วิธีนี้อาจสุ่มตัวอย่างแล้วได้เพศชายล้วน หรือหญิงล้วนก็สามารถทำวิจัยได้

2) การสุ่มแบบมีระบบ (Systematic random sampling) คล้ายกับการสุ่มแบบง่าย ใช้กรณีที่ประชากรมีจำนวนนับได้ และจัดเรียงเป็นระบบตามชื่อ รหัสประจำตัว วิธีนี้เหมาะกับสมาชิกของประชากรมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

3) สุ่มแบบจัดชั้นหรือแบ่งชั้น (Stratified random sampling) เหมาะกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรและจำแนกประชากรออกเป็นแต่ละชั้นหรือแต่ละพวกได้ เช่น เปรียบเทียบความพึงพอใจของเพศชายและเพศหญิง การสุ่มวิธีนี้ต้องแบ่งประชากรออกเป็นชายและหญิง จากนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละชั้นมาทำการศึกษา การสุ่มวิธีนี้เน้นความแตกต่างระหว่างชั้นมากที่สุด

4) การสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) เหมาะกับประชากรหรือพื้นที่ในการศึกษามีขนาดใหญ่และได้แบ่งตามเขตภูมิศาสตร์อยู่แล้ว เช่น ภูมิลำเนาหรือเขตพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การสำรวจความคิดเห็นของนักวิชาการเกษตรทั่วประเทศ หากทำการสุ่มแบบแบ่งกลุ่มจะจำแนกเป็นภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ ฯลฯ จากนั้นจึงทำการสุ่มตัวแทนของแต่ละภาคมาทำการศึกษา หรือสุ่มเฉพาะภาคเหนือมาทำการศึกษาภาคเดียวก็ได้ โดยถือว่าแต่ละภาคไม่มีความแตกต่างกัน การสุ่มวิธีนี้เน้นความคล้ายคลึงกันระหว่างกลุ่มมากที่สุด

ทั้งนี้ ผู้ศึกษาอาจสับสนอยู่บ้างกับวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นกับวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม จึงอาจพิจารณาภาพที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของการสุ่มแบบแบ่งชั้นกับการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม



ภาพที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของการสุ่มแบบแบ่งชั้นกับการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม

5) การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi - stage random sampling) เป็นการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างหลายวิธีผสมกัน หรือเป็นการสุ่มแบบแบ่งกลุ่มที่จำแนกประชากรออกเป็นชั้นต่าง ๆ เป็นจากภาค ----> เขต ----> จังหวัด ----> อำเภอ ----> หมู่บ้าน แล้วจึงสุ่มตัวอย่างแต่ละชั้นมาทำการศึกษ การสุ่มแบบนี้เหมาะกับประชากรหรือพื้นที่ขนาดใหญ่ และเหมาะกับการเลือกสมาชิกที่กลุ่มที่อยู่ในอาณาเขตเดียวกันมาทำการศึกษา

2.7.2 การสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-Probability sampling)

เหมาะกับงานวิจัยที่ไม่ทราบจำนวนประชากร ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างตามความเหมาะสมเอง ในการวิจัยเชิงปริมาณกลุ่มตัวอย่างไม่ควรต่ำกว่า 100 คน เพราะถ้ากำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อยเกินไป จะไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ส่วนการวิจัยเชิงคุณภาพ อาจกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวนไม่มากนัก เช่น อาจเป็น 10 - 30 คน ก็ได้โดยต้องแน่ใจว่าเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร การสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็น วิธีการดังนี้

1) การเลือกแบบบังเอิญ (Accidental sampling) เหมาะกับงานวิจัยที่ไม่ต้องการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปร และต้องการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตามความสะดวก และง่ายต่อการพบเห็นกลุ่มตัวอย่าง เช่น ต้องการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน หากพบเห็นกลุ่มตัวอย่างก็ทำการเก็บข้อมูลให้ครบตามจำนวนที่ต้องการ

2) การเลือกแบบกำหนดโควตา (Quota sampling) เหมาะกับงานวิจัยที่ต้องการศึกษาคุณสมบัติของตัวแปรและจำนวนที่ต้องการศึกษา เช่น ต้องการศึกษาเพศชาย จำนวน 60 คน เพศหญิง จำนวน 40 คน

3) การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นการเลือกตัวอย่างที่มีลักษณะพิเศษตามที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีเลือกแบบบังเอิญหรือแบบโควตาได้

4) การเลือกแบบลูกโซ่หรือสโนว์บอล (Snowball sampling) เหมาะกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยทำการเลือกตัวอย่างจำนวนหนึ่งเป็นแหล่งข้อมูลกลุ่มที่ 1 ให้แนะนำกลุ่มตัวอย่างอีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลกลุ่มที่ 2 และทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบตามจำนวนที่ต้องการ

สรุป

การกำหนดวิธีเลือกตัวอย่างและการกำหนดจำนวนตัวอย่างให้เหมาะสมกับเรื่องและวัตถุประสงค์ของการวิจัยมีความสำคัญ เนื่องจากมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของงานวิจัยตลอดจนระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการวิจัย และต้องทราบแนวคิดในการกำหนดวิธีเลือกตัวอย่างมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับงานวิจัย ซึ่งมี 1) ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องการเก็บรวบรวมมีกรอบตัวอย่างหรือไม่ 2) ถ้าไม่มีกรอบตัวอย่าง ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องเลือกตัวอย่างหรือผู้ตอบสัมภาษณ์แบบเจาะจงหรือไม่ 2.1) ถ้าจำเป็น ควรใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง 2.2) ถ้าไม่จำเป็น ควรใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบกำหนดโควตา

3) ถ้ามีกรอบตัวอย่างประชากรที่ผู้วิจัยสนใจศึกษามีขอบเขตกว้างหรือไม่ 3.1) ถ้าประชากรมีขอบเขตกว้างมาก ประชากรสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้หรือไม่ 3.1.1) ถ้าประชากรสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ เช่น บริษัท ธุรกิจ ประกอบด้วยหลายฝ่ายแต่ละฝ่ายประกอบด้วยหลายแผนก และแต่ละแผนกประกอบด้วยหลายส่วน ควรใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบหลายชั้น 3.1.2) ถ้าประชากรไม่สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ ใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบกำหนดโควตา 3.2) ถ้าประชากรมีขอบเขตไม่กว้างมาก ข้อมูลที่ต้องศึกษามีการกระจายมากหรือไม่ 3.2.1) ถ้ามีการกระจายมาก ควรใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบสุ่มจากชั้นภูมิ 3.2.2) ถ้าข้อมูลมีการกระจายน้อยและไม่ได้เรียงกันอยู่แบบสุ่ม ควรเลือกตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย ในกรณีที่มีข้อมูลเรียงกันอยู่แบบสุ่ม ควรเลือกตัวอย่างแบบสุ่มอย่างมีระบบ (systematic sampling) ทั้งหมดเป็นเพียงแนวคิดกว้าง ๆ ยังมีปัจจัยอื่นที่ต้องนำมาพิจารณาในการกำหนดวิธีเลือกตัวอย่างด้วย เช่น ความถูกต้องเชื่อถือได้ ระยะเวลาและงบประมาณที่ใช้ เป็นต้น สำหรับแนวคิดในการกำหนดจำนวนตัวอย่าง เมื่อกำหนดวิธีเลือกตัวอย่างที่เหมาะสมไว้แล้ว ขั้นตอนต่อไป ต้องกำหนดจำนวนตัวอย่างที่จะเลือกมาใช้เก็บรวบรวมข้อมูล คือ จำนวนตัวอย่างที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ 1) ความแปรปรวนของข้อมูลที่ต้องการ 2) ความถูกต้องเชื่อถือได้ของค่าประมาณที่ต้องการศึกษา ซึ่งในงานวิจัยโดยทั่วไป ค่าประมาณที่ต้องการศึกษามีอยู่ 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ยและค่าสัดส่วนของลักษณะที่ต้องการศึกษาในประชากรนั้น ถ้าความแปรปรวนสูง (ข้อมูลมีการกระจายมาก) จำนวนตัวอย่างที่ใช้จะต้องมากตามไปด้วย ในทำนองเดียวกันถ้าผู้วิจัยต้องการความถูกต้องเชื่อถือได้ของค่าประมาณสูง จำนวน ตัวอย่างก็จะต้องมากตามไปด้วย เช่นเดียวกัน ปัญหาที่สำคัญสำหรับนักวิจัยก็คือ ควรกำหนดจำนวนตัวอย่างที่ต้องการใช้เท่าใดจึงจะเหมาะสมกับข้อมูลที่จะเก็บรวบรวม และมีความถูกต้องเชื่อถือได้ของค่าประมาณในระดับที่ผู้วิจัยต้องการ ซึ่งการกำหนดจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยในทางปฏิบัติทำได้ 2 วิธี คือ 1) กำหนดจำนวนตัวอย่างตามทฤษฎีการสำรวจตัวอย่าง และ 2) กำหนดจำนวนตัวอย่างจากข้อจำกัดและประสบการณ์ของผู้วิจัย ข้อจำกัดที่สำคัญของการกำหนดจำนวนตัวอย่างที่พบอยู่เสมอ ได้แก่ ข้อจำกัดด้านกรอบตัวอย่าง ข้อจำกัดด้านงบประมาณที่ใช้ในงานวิจัย และข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้ในการวิจัย

บทที่ 3

สถิติเชิงพรรณนา

3.1 การจำแนกประเภทของสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ตามเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเบื้องต้น ได้แก่ (Borg and Gall, 1989: 366 อ้างถึง นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2555: 213)

3.1.1 สถิติเชิงบรรยายหรือสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

สถิติเชิงพรรณนาเป็นระเบียบวิธีทางสถิติที่มุ่งอธิบายคุณลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูลกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้น ผลที่ได้จะไม่นำไปอธิบายหรืออ้างอิงกลุ่มอื่น ๆ ได้แก่

- 1) การแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) เพื่อนำเสนอด้วยตาราง กราฟ และแผนภูมิ
- 2) การจัดตำแหน่งและเปรียบเทียบ เช่น ค่าสัดส่วน ร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์
- 3) การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Measure of Central Tendency) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (arithmetic mean) มัธยฐาน (median) ฐานนิยม (Mode) เป็นต้น
- 4) การวัดการกระจายของข้อมูล (Measure of Variability) ได้แก่ พิสัย (Range) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ความแปรปรวน (Variance) สัมประสิทธิ์ของความผันแปร (C.V.) เป็นต้น
- 5) การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือสหสัมพันธ์อย่างง่าย เช่น สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation) สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation) เป็นต้น

3.1.2 สถิติเชิงอนุมานหรือสถิติอ้างอิง (Inferential Statistics)

เป็นระเบียบวิธีการทางสถิติที่ศึกษาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) แล้วนำผลการศึกษาไปอธิบายลักษณะของประชากร การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการอ้างอิงถึงลักษณะประชากร จำแนกสถิติประเภทนี้ตามวัตถุประสงค์ของการอนุมาน เช่น

- 1) การประมาณค่า (ประมาณค่าเฉลี่ย ประมาณค่าสัดส่วน ประมาณค่าความแปรปรวน)
- 2) การทดสอบสมมติฐาน (Z-test, t-test)
- 3) การหาความสัมพันธ์ (Pearson-r, Chi-square test)
- 4) การหาความแตกต่าง (t-test, ANOVA, MANOVA)
- 5) การพยากรณ์ (Simple Regression, Multiple Regression)

3.1.3 สถิติเพื่อการตรวจสอบ (Test Statistics)

เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายและวิเคราะห์คุณสมบัติของเครื่องมือในการจัดเก็บข้อมูล เช่น แบบสอบถาม แบบทดสอบหรือเครื่องมือวัดในเชิงจิตวิทยาต่าง ๆ จำแนกได้ 3 ชนิด

- 1) การตรวจสอบความถูกต้อง (Test validity) เช่น Validity coefficient, Standard error of estimate
- 2) การตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Test reliability) เช่น split-half, test-retest, Kuder-Richardson, Cronbach's alpha
- 3) การตรวจสอบลักษณะข้อคำถาม (Item characteristics) เช่น Item-validity coefficient, index of item difficulty

3.1.4 สถิติที่จำแนกตามลักษณะข้อตกลงเบื้องต้น และวิธีการทดสอบทางสถิติ

แบ่งเป็น

- 1) สถิติพารามेटริก (Parametric Statistics) มีข้อตกลงและเงื่อนไข ได้แก่
 - 1.1) มีข้อตกลงเบื้องต้น เช่น ขนาดของประชากร/กลุ่มตัวอย่างต้องมีจำนวนมากและต้องมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ (Normal Curve) เป็นต้น
 - 1.2) วิธีการทดสอบทางสถิติ ได้แก่
 - 1.2.1) การทดสอบค่าที (T-test) สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม
 - 1.2.2) การทดสอบค่าเอฟ (F-test) สำหรับทดสอบความแปรปรวนระหว่างประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป
 - 1.2.3) การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square) สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนประชากร
- 2) สถิตินอนพารามेटริก (Non-Parametric Statistics) เป็นสถิติที่ไม่มีการระบุค่าพารามิเตอร์ของประชากร และไม่จำเป็นต้องมีข้อตกลงเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงของประชากร เช่น การทดสอบไคสแควร์ในการทดสอบ Goodness of Fit หรือการทดสอบวิลคอกซัน-แมน-วิทนี (Wilcoxon-Mann-Whitney) สำหรับการทดสอบตำแหน่งเฉลี่ยของประชากรที่เป็นอิสระจากกัน 2 กลุ่ม เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นลักษณะของการนำสถิติไปใช้ในงานวิจัย งานบทความวิชาการ หรือการรายงานข้อมูลเบื้องต้นในหน่วยธุรกิจ เป็นต้น โดยนิยมนำมาใช้เพื่อตีความข้อมูลที่ทำการศึกษา หรือเพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และสรุปผล การตีความข้อมูลที่ทำการศึกษานั้น ในเนื้อหาบทที่ 3 จะบรรยายการใช้ระเบียบวิธีทางสถิติในลักษณะของการเป็นเครื่องมือเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นต้น หรือ สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) มีรายละเอียดดังนี้

3.2 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วพรรณนาหรือบรรยายสรุปให้เห็นถึงลักษณะหรือคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรที่ศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถจะคาดคะเนลักษณะต่าง ๆ นอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่ได้

(คือ จะไม่มีการอ้างอิงหรืออนุมานไปถึงกลุ่มอื่น) เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกหน่วยกลุ่มเป้าหมายจะทำการสรุปแปลผลมุ่งอธิบายให้เห็นภาพของข้อมูลกลุ่มเป้าหมายเท่านั้น สถิติที่ใช้บรรยายหรือพรรณนาคุณลักษณะของข้อมูลมีองค์ประกอบอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 เป็นการคำนวณค่าตัวเลข (Numerical Computation) ในรูปแบบของการแจกแจงการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางและการวัดการกระจายของข้อมูล ประเภทที่ 2 เป็นการสร้างแผนภาพเพื่อนำเสนอข้อมูลจากการวิเคราะห์ (Graphical Data Analysis) เช่น สร้างตาราง กราฟ หรือแผนภูมิต่าง ๆ จากข้อมูลแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) เป็นต้น ซึ่งในบทที่ 1 ได้กล่าวถึงเนื้อหาในองค์ประกอบประเภทที่ 2 ไว้แล้ว ดังนั้นในบทเรียนนี้จะนำเสนอสถิติเชิงพรรณนาในองค์ประกอบประเภทที่ 1 การคำนวณค่าตัวเลข โดยจำแนกระเบียบวิธีทางสถิติ ดังนี้ 1) การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง 2) การวัดการกระจายของข้อมูล (Measure of Variability) และ 3) การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือสหสัมพันธ์อย่างง่าย เช่น สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product moment correlation) สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation) เป็นต้น

3.3 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Measure of Central tendency)

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา หากต้องการทราบค่ากลาง ๆ เพียงค่าเดียวของข้อมูลว่าเป็นเท่าใด เรียกว่า “การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง” เป็นค่าที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของกลุ่ม และอาจบอกได้ว่าค่าอื่น ๆ ที่เราไม่ทราบนั้นน่าจะมีลักษณะหรือขนาดอย่างไร เราใช้ค่านี้เพื่อบอกขนาด ปริมาณ หรือลักษณะของข้อมูลกลุ่มหนึ่ง ๆ และอาจใช้เป็นตัวแสดงถึงความแตกต่างจากข้อมูลกลุ่มอื่น ๆ อย่างไรก็ตามเราต้องคำนึงเสมอว่าค่าวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางคือ ค่าที่บอกว่าข้อมูลส่วนใหญ่เกาะกลุ่มกันอยู่ที่ใด ปกติเราจะใช้ค่ากลางที่คำนวณได้นี้เป็นตัวแทนของข้อมูล ซึ่งมีวิธีการหาได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ในที่นี้จะนำเสนอเฉพาะรูปแบบที่นิยมนำมาใช้ เช่น ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode)

3.3.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) เรียกสั้น ๆ ว่า ค่าเฉลี่ย (Mean หรือ Average) เขียนแทนด้วย μ เมื่อเราคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากประชากร (N) และจะแทนด้วย $\bar{X}$ เมื่อเราคำนวณค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง (n) โดยค่าเฉลี่ยหาได้จากการนำทุกค่าในชุดข้อมูลมารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนหน่วยข้อมูลทั้งหมดในชุดนั้น

ก. กรณีข้อมูลไม่มีการจัดกลุ่ม

$$1) \quad \mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad \text{มีข้อมูล } X_1, X_2, \dots, X_N$$

$$2) \quad \mu = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i}{\sum_{i=1}^R f_i} \quad \text{มีข้อมูล } X_1, X_2, \dots, X_R; \text{ และความถี่ } f_1, f_2, \dots, f_R$$

ตัวอย่างที่ 3.1 ร้านค้า 5 แห่ง ในตลาดสด จำหน่ายข้าวหอมมะลิ กข 105 มีราคาต่อกิโลกรัม คือ 58, 60, 65, 58, 62 จงหาค่าเฉลี่ยต่อกิโลกรัมของข้าวหอมมะลิ กข 105

กรณีข้อมูลไม่มีการจัดกลุ่ม $\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i}{5}$

ราคาเฉลี่ยของข้าวหอมมะลิ กข 105 $= \frac{58 + 60 + 65 + 58 + 62}{5} = \frac{303}{5} = 60.6$ บาท/กิโลกรัม

ตัวอย่างที่ 3.2 บริษัทผลิตและจำหน่ายปุ๋ยเคมีมีพนักงานจ้างรายวันอยู่จำนวน 10, 18, 12 และ 20 คน ที่ได้รับค่าจ้างรายวัน 380, 350, 320 และ 300 บาท ตามลำดับ จงหาค่าจ้างรายวันเฉลี่ย

$$\begin{aligned} \text{ค่าจ้างรายวันเฉลี่ย } \mu &= \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i}{\sum_{i=1}^R f_i} = \frac{\sum_{i=1}^4 f_i X_i}{\sum_{i=1}^4 f_i} \\ &= \frac{10(380) + 18(350) + 12(320) + 20(300)}{10 + 18 + 12 + 20} \\ &= \frac{19,940}{60} = 332.33 \text{ บาท/คน} \end{aligned}$$

ข. กรณีข้อมูลมีการจัดแบ่งกลุ่ม

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i}{\sum_{i=1}^R f_i} = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i}{N}$$

เมื่อ R คือ จำนวนชั้นของข้อมูล

X_i คือ ค่ากึ่งกลางของชั้นที่ i ; $i = 1, 2, \dots, R$

f_i คือ ความถี่ชั้นที่ i

ตัวอย่างที่ 3.3 ปริมาณขายปุ๋ยเคมี (หน่วย : กระสอบ) ในแต่ละวันที่บริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา จำหน่ายได้จำนวน 50 วัน

65	61	47	75	84	87	65	59	63	86	68	63	43	76	90	79	50	89
68	57	95	55	69	48	76	60	77	49	92	83	61	78	53	52	77	58
93	85	70	62	80	74	69	40	62	84	64	36	48	72				

ทั้งนี้จากตัวอย่างที่ 3.3 สร้างตารางแจกแจงความถี่แบบจัดกลุ่ม ให้พิจารณาคำนวณหาค่าเฉลี่ย การขายปุ๋ยได้ในจำนวน 50 วัน

ตารางแจกแจงความถี่แบบจัดกลุ่ม

ปริมาณขายปุ๋ย (กระสอบ)	ค่ากึ่งกลาง (X_i)	ความถี่ (f_i)	$f_i X_i$
34 - 42	$(34+42)/2 = 38$	2	76
43 - 51	$(43+51)/2 = 47$	6	282
52 - 60	56	7	392
61 - 69	65	13	845
70 - 78	74	9	666
79 - 87	83	8	664
88 - 96	92	5	460
รวม		50	3,385

หาค่าเฉลี่ยของการขายปุ๋ย จากสูตร

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i}{\sum_{i=1}^R f_i} = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i}{N}$$

$$= \frac{3,385}{50} = 67.70 \text{ กระสอบ/วัน}$$

คือขายได้เฉลี่ยประมาณ 68 กระสอบ/วัน

3.3.2 ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted mean)

คือ ค่าที่ได้จากการนำค่าทุกค่าในชุดข้อมูลมารวมกัน โดยให้น้ำหนักกับแต่ละค่าแตกต่างกัน

$$\text{ค่าเฉลี่ย } \mu_w = \frac{\sum_{i=1}^R w_i X_i}{\sum_{i=1}^R w_i}$$

ถ้ามีข้อมูล $X_1, X_2, \dots, X_R$

และค่าน้ำหนัก $w_1, w_2, \dots, w_R$

ตัวอย่างที่ 3.4 จากงานวิจัยที่มีการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่มาใช้บริการธนาคารเพื่อการเกษตร และสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) ในสาขาแห่งหนึ่ง จำนวน 300 คน และสอบถามความพึงพอใจในภาพรวม ต่อการให้บริการของพนักงาน โดยกำหนดระดับความพอใจที่ให้เลือก ดังนี้
ระดับที่ให้เลือกมี 5 ระดับ (1 2 3 4 5)

ระดับความพึงพอใจ	คะแนน
พอใจมากที่สุด	5
พอใจมาก	4
พอใจปานกลาง	3
พอใจน้อย	2
พอใจน้อยที่สุด	1

ผลจากการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง 300 คน ในการตอบคำถามความพึงพอใจในภาพรวม การให้บริการของพนักงาน โดยมีการเลือกให้คะแนนดังนี้

คะแนน (X_i)	จำนวนผู้ให้คะแนน (W_i)	$W_i X_i$
5	83	415
4	81	324
3	95	285
2	24	48
1	17	17
	300	1,089

เราจะนำคำตอบการให้คะแนนความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง 300 คน ไปวิเคราะห์คำนวณหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Mean Score) ของคะแนนความพึงพอใจ

จากสูตร
$$\mu_w = \frac{\sum_{i=1}^R w_i X_i}{\sum_{i=1}^R w_i} \text{ จะได้ } \frac{1,089}{300} = 3.63$$

จะได้คะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจต่อภาพรวมการให้บริการของพนักงาน ธ.ก.ส. เท่ากับ 3.63 คะแนน และจะนำค่าเฉลี่ยที่ได้นี้ ไปเทียบกับช่วงค่าเฉลี่ยที่กำหนดไว้เป็นเกณฑ์ในการแปลผลระดับความพึงพอใจ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	การแปลผลความหมาย
4.51 – 5.00	พอใจมากที่สุด
3.51 – 4.50	พอใจมาก
2.51 – 3.50	พอใจปานกลาง
1.51 – 2.50	พอใจน้อย
1.00 – 1.50	พอใจน้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้เท่ากับ 3.63 คะแนน อยู่ในช่วงคะแนน 3.51 - 4.50 แปลผลได้ว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีความพึงพอใจมากต่อภาพรวมการให้บริการของพนักงาน ชกส.

3.3.3 Trimmed Mean (ค่าเฉลี่ยที่ถูกตัดออก)

ในการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต จะเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีความแตกต่างกันน้อย หรือข้อมูลที่มีลักษณะสมมาตร (มีการแจกแจงปกติ : Normal curve) ไม่เบ้ไปทางขวาหรือเบ้ไปทางซ้ายมากเกินไป ถ้าหากข้อมูลมีค่าสุดโต่งไปมาก (Extreme Value) อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ จึงต้องใช้วิธีที่เหมาะสมในการนำมาใช้หาค่ากลางแทน เช่น มัชยฐาน หรือใช้วิธี Trimmed Mean (ค่าเฉลี่ยที่ถูกตัดออก k%) เป็นวิธีการนำข้อมูลมาเรียงลำดับจากน้อยไปมาก แล้วตัดข้อมูลทั้งสองข้างที่อยู่หัว-ท้าย ออกในจำนวนเท่ากัน (คือ การตัดข้อมูลค่าน้อยที่สุดกับมากที่สุดออก) แล้วเอาข้อมูลที่เหลือมาหาค่าเฉลี่ย ทั้งนี้เป็นการยากที่เราจะกำหนดเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่เราจะตัด (Trim) ออกไป ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวต้องพิจารณาเป็นกรณีไป ในเบื้องต้นเราอาจพิจารณาที่กราฟแท่ง (Histogram) เนื่องจากฮิสโตแกรมจะแสดงการกระจายตัวของข้อมูล จึงช่วยในการตรวจจับค่าผิดปกติและช่วยให้เห็นจุดศูนย์กลางและภาพรวมการกระจายตัวของข้อมูล จากนั้นเราก็พิจารณาว่าจะตัดข้อมูลที่เป็นค่าผิดปกติหรือสุดโต่งออกไปในจำนวนเท่าใด

ตัวอย่างที่ 3.5 จากการเก็บตัวอย่างข้อมูลรายได้ต่อเดือนของครัวเรือนที่มีอาชีพเกษตรกรในหมู่บ้านแห่งหนึ่ง จำนวน 10 ครัวเรือน จะหารายได้เฉลี่ยต่อเดือนของเกษตรกร ดังนี้

9,000, 50,000, 6,000, 13,000, 15,000, 10,000, 12,000, 5,000, 30,000, 12,000

เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมากดังนี้

5,000, 6,000, 9,000, 10,000, 12,000, 12,000, 13,000, 15,000, 30,000, 50,000

หากยังไม่ได้ตัดข้อมูลที่มีค่าสุดโต่งออก จะได้

$$\bar{X} = \frac{5,000 + 6,000 + 9,000 + \dots + 50,000}{10} = 16,200 \quad \text{บาท/เดือน}$$

ในการคำนวณ Trimmed Mean จะตัดรายได้ที่มีค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดออกข้างละ 20% เท่ากับตัดออกข้างละ 2 จำนวน

รายได้น้อยที่สุดที่ตัดออก 2 จำนวน คือ 5,000, 6,000 ส่วนรายได้มากที่สุดที่ตัดออก 2 จำนวน คือ 30,000, 50,000 จะเหลือ 6 จำนวน คือ 9,000, 10,000, 12,000, 12,000, 13,000, 15,000 นำไปหาค่าเฉลี่ย Trimmed Mean จะได้ว่า

$$\frac{9,000 + 10,000 + 12,000 + 12,000 + 13,000 + 15,000}{6}$$

$$\bar{X} = 11,833.33 \text{ บาท/เดือน}$$

3.3.4 การนำค่าเฉลี่ยไปใช้

1) ใช้สรุปความคิดเห็นภายในกลุ่ม หรือเพื่อวัดระดับความคิดเห็น เช่น ความพึงพอใจ ความเห็นด้วย เป็นต้น

2) ใช้เปรียบเทียบความสามารถระหว่างกลุ่มของข้อมูลที่สนใจศึกษา

3) นำไปใช้กับสถิติขั้นสูง เช่น หาค่า t ในการวิเคราะห์หาค่า t-test

4) มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ (Normal Curve)

3.3.5 มัธยฐาน (Median, Med)

มัธยฐาน คือ ค่าที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางเมื่อเรียงค่าของข้อมูลตามลำดับจากน้อยไปหามาก เมื่อแต่ละค่าของข้อมูลมีค่าไม่ซ้ำกัน จะมีครึ่งหนึ่งของค่าของข้อมูลมีค่าน้อยกว่ามัธยฐานและอีกครึ่งหนึ่งของข้อมูลมีค่ามากกว่ามัธยฐาน นั่นคือ มัธยฐานเป็นค่าของตำแหน่งตรงกลางที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยตำแหน่งของค่ามัธยฐาน มีดังนี้

ก. กรณีข้อมูลไม่มีการจัดกลุ่ม

เรียงข้อมูลทั้งหมดจากน้อยไปหามาก (หรือจากมากไปหาน้อยก็ได้) ค่ามัธยฐานจะตรงกับข้อมูลที่อยู่ตำแหน่งตรงกลาง

จะได้วิธีการหาตำแหน่งมัธยฐาน แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1) ถ้าจำนวนข้อมูล (N) เป็นเลขคี่ สูตรการหาตำแหน่งมัธยฐาน = $\frac{N + 1}{2}$

2) ถ้าจำนวนข้อมูล (N) เป็นเลขคู่ สูตรการหาตำแหน่งมัธยฐานจะหา 2 ครั้ง คือตำแหน่งที่ $\frac{N}{2}$ กับตำแหน่งที่ $\frac{N}{2} + 1$ แล้วนำค่าที่หาได้จากทั้ง 2 ตำแหน่ง มาหาค่าเฉลี่ย

ตัวอย่างที่ 3.6 จงหาค่ามัธยฐานของราคาส้มสายน้ำผึ้งที่แม่ค้าในตลาดสดแต่ละรายขายในราคาต่อกิโลกรัม

วิธีคิด ราคาส้มสายน้ำผึ้งต่อกิโลกรัม จากร้านค้า 5 แห่ง เป็น 58, 60, 65, 58, 62

เรียงค่าข้อมูลจากน้อยไปหามาก 58, 58, 60, 62, 65 ; $N = 5$ เป็นเลขคี่

ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน คือ $\frac{N+1}{2} = \frac{5+1}{2} = 3$ ซึ่งตำแหน่งที่ 3 มีค่าข้อมูล = 60

จะได้ว่า $Me = 60$ บาท/กิโลกรัม

วิธีคิด ราคาส้มสายน้ำผึ้งต่อกิโลกรัม จากร้าน 6 แห่ง เป็น 66, 68, 60, 65, 58, 62

เรียงค่าข้อมูลจากน้อยไปหามาก : 58, 58, 60, 62, 65, 66; $N = 6$ เป็นเลขคู่

ตำแหน่งของค่ามัธยฐาน $\frac{N}{2} = \frac{6}{2} = 3$ กับตำแหน่ง $\frac{N}{2} + 1 = \frac{6}{2} + 1 = 4$

ดังนั้น ตำแหน่งที่ 3 คือ 60 และตำแหน่งที่ 4 คือ 62

จะได้ว่า

$$Me = \frac{60+62}{2} = 61 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

ข. กรณีข้อมูลมีการจัดกลุ่ม

$$Me = L_1 + \frac{[(N/2) - F]I}{f_1}$$

เมื่อ L_1 = ขอบเขตล่างของชั้นที่มีมัธยฐานอยู่

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

F = ผลรวมของความถี่ทุกชั้นที่อยู่ต่ำกว่าชั้นที่มีมัธยฐานอยู่

I = ความกว้างของชั้น

f_1 = ความถี่ของชั้นที่มีมัธยฐานอยู่

ตัวอย่างที่ 3.7 จงหาค่ามัธยฐานของจำนวนปุ๋ยที่ขายได้ใน 50 วัน จากข้อมูลตัวอย่างที่ 3.3 ตารางการแจกแจงความถี่ของปริมาณขายปุ๋ยเคมี จำนวน 50 วัน

ปริมาณขาย (กระสอบ) (ขีดจำกัดของชั้น)	ขอบเขตชั้น	ความถี่ (f_1)	ความถี่สะสม (F)
34 - 42	33.5 - 42.5	2	2
43 - 51	42.5 - 51.5	6	8
52 - 60	51.5 - 60.5	7	15

ปริมาณขาย (กระสอบ) (ขีดจำกัดของชั้น)	ขอบเขตชั้น	ความถี่ (f ₁)	ความถี่สะสม (F)
61 - 69	60.5 - 69.5	13	28
70 - 78	69.5 - 78.5	9	37
79 - 87	78.5 - 87.5	8	45
88 - 96	87.5 - 96.5	5	50
รวม		50	

วิธีทำ หาดำแหน่งที่มีมัธยฐานอยู่ คือ $\frac{N}{2} = \frac{50}{2} = 25$ เทียบกับความถี่สะสมตกอยู่ในชั้น 61 - 69

จะได้ $L_1 = \frac{60+61}{2} = 60.5$ และ $N = 50, F = 15, f_1 = 13, I = 69 - 61 + 1 = 9$

$$Me = L_1 + \frac{[(N/2) - F]I}{f_1} = 60.5 + \frac{[(\frac{50}{2}) - 15]9}{13} = 67.42 \text{ กระสอบ}$$

3.3.6 การนำค่ามัธยฐานไปใช้

กรณีที่ข้อมูลมีบางค่าผิดปกติมาก ๆ เช่น ต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าอื่นมาก หรือข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายหรือเบ้ขวา มาก ๆ หากข้อมูลมีลักษณะดังกล่าวนี้ มัธยฐานจะเป็นตัวแทนที่เหมาะสมกว่าการใช้ค่าเฉลี่ย เช่น

ข้อมูลชุดที่ 1 15 16 17 19 22 จะมี $\mu = 17.80$ มี $Me = 17$

ข้อมูลชุดที่ 2 15 16 17 19 60 จะมี $\mu = 25.40$ มี $Me = 17$

จะพบว่าข้อมูลชุดที่ 2 มีค่าที่สูงต่างจากค่าอื่นมาก ๆ คือ 60 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยสูงมากเมื่อเทียบกับข้อมูลชุดที่ 1 ในกรณีนี้ ข้อมูลชุดที่ 2 ควรใช้มัธยฐานเป็นตัวแทนของข้อมูล สำหรับข้อมูลในชุดที่ 1 สามารถใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\mu = 17.80$) หรือมัธยฐาน ($Me = 17$) เป็นตัวแทนของข้อมูลได้ ดังนั้นในการนำค่ามัธยฐานไปใช้จึงมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่มีค่าผิดปกติมาก

3.3.7 ฐานนิยม (Mode, Mo)

ฐานนิยม (Mode, Mo) คือ ค่าของข้อมูลที่มีค่าซ้ำกันมากที่สุด หรือข้อมูลที่มีความถี่สูงสุดในชุดข้อมูลนั้น

ก. กรณีข้อมูลไม่มีการจัดกลุ่ม

ตัวอย่าง จงหาฐานนิยมของข้อมูลต่อไปนี้

1) 2, 2, 5, 7, 9, 9, 9, 10, 10, 11, 12, 18 → $Mo = 9$

2) 5, 6, 9, 8, 4, 3, 1, 2, 7 → ไม่มี Mo

3) 2, 3, 4, 4, 4, 5, 5, 7, 7, 7, 9 → $Mo = 4$ และ 7

ข. กรณีข้อมูลมีการจัดกลุ่ม

$$Mo = L_1 + \left[\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right] I$$

เมื่อ L_1 = ขอบเขตล่างของชั้นที่ฐานนิยมอยู่

Δ_1 = ความถี่ชั้นที่ฐานนิยมอยู่ - ความถี่ชั้นติดกันที่มีข้อมูลต่ำกว่า

Δ_2 = ความถี่ชั้นที่ฐานนิยมอยู่ - ความถี่ชั้นติดกันที่มีข้อมูลสูงกว่า

I = ความกว้างของชั้น

ตัวอย่างที่ 3.8 จงหาค่าฐานนิยมของจำนวนปุ๋ยที่ขายได้ใน 50 วัน

จากตัวอย่างที่ ตารางที่ 1 การแจกแจงความถี่ของปริมาณขายปุ๋ยเคมี จำนวน 50 วัน

ปริมาณขาย (กระสอบ) (ขีดจำกัดของชั้น)	ขอบเขตชั้น	ความถี่ (f_1)
34 - 42	33.5 - 42.5	2
43 - 51	42.5 - 51.5	6
52 - 60	51.5 - 60.5	7
61 - 69	60.5 - 69.5	13
70 - 78	69.5 - 78.5	9
79 - 87	78.5 - 87.5	8
88 - 96	87.5 - 96.5	5
รวม		50

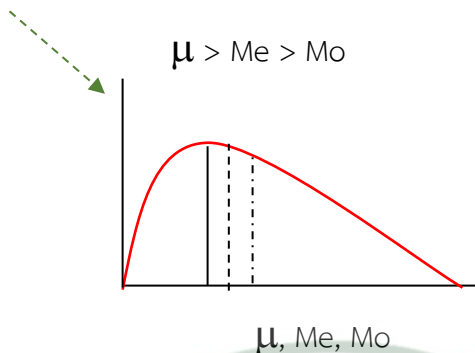
วิธีทำ หาชั้นที่ฐานนิยมตกอยู่ คือ ชั้นที่มีความถี่มากที่สุด คือ 61 - 69

$$L_1 = 60.5, \Delta_1 = 13 - 7 = 6, \Delta_2 = 13 - 9 = 4, I = 9$$

$$Mo = L_1 + \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_1 + \Delta_2} \right) I = 60.5 + \left(\frac{6}{6+4} \right) 9 = 65.90 \text{ กระสอบ}$$

จากตัวอย่างการหาค่า μ , Me และ Mo จะสรุปค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางได้ดังนี้

$$\mu = 67.70 > Me = 67.42 > Mo = 65.9$$



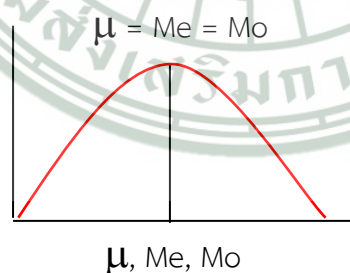
ภาพที่ 3.1 การแจกแจงเบ้ไปทางขวา

3.3.8 การนำค่าฐานนิยมไปใช้

ค่าฐานนิยมเหมาะสำหรับการนำไปใช้อ้างอิงค่าแบบหยาบ ๆ และต้องการหาค่ากลางโดยประมาณอย่างรวดเร็ว และมักใช้เมื่อมีจำนวนข้อมูลไม่มากนัก หากข้อมูลอยู่ในมาตรนามบัญญัติหรือเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพจะใช้เฉพาะค่าฐานนิยมไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยหรือมัธยฐานได้

3.3.9 ข้อสังเกตในการวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย (Mean: μ) มัธยฐาน (Median: Me) และฐานนิยม (Mode: Mo) ในกรณีวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน ความสัมพันธ์ระหว่าง μ , Me และ Mo จะแบ่งได้เป็น 3 กรณี

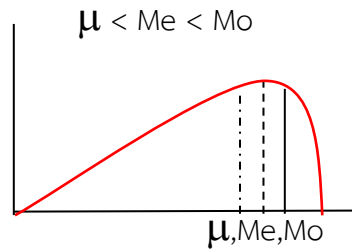
- 1) กรณีค่า $\mu = Me = Mo$ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การแจกแจงสมมาตร (แจกแจงปกติ)

จากภาพที่ 3.2 ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Curve) หรือแบบสมมาตร (Symmetric Curve) คือ เป็นโค้งที่มีลักษณะคล้ายรูปประฆัง (Bell Shape) มีลักษณะสมมาตร ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากัน

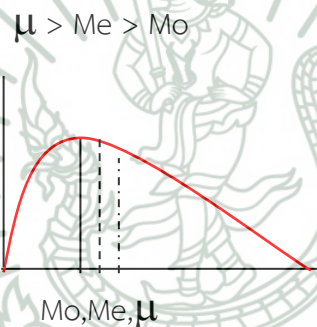
2) กรณีค่า $\mu < Me < Mo$ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การแจกแจงเบ้ไปทางซ้าย

จากภาพที่ 3.3 ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเบ้ไปทางซ้าย (Negative Skewed) คือ โค้งที่แสดงให้เห็นว่าค่าฐานนิยมมีค่ามากกว่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยเลขคณิต

3) กรณีค่า $\mu > Me > Mo$ แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงการแจกแจงแบบเบ้ขวา

จากภาพที่ 3.4 ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเบ้ไปทางขวา (Positively Skewed) คือ โค้งที่แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิตมากกว่ามัธยฐานและฐานนิยม

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบการเลือกใช้สถิติการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง

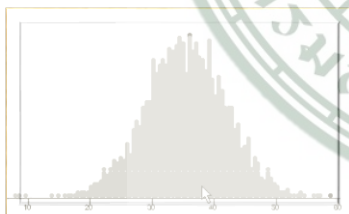
การเลือกใช้สถิติ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (μ)	มัธยฐาน (Me)	ฐานนิยม (Mo)
1) ระดับข้อมูล	1) Interval Scale Ratio Scale	1) Ordinal Scale Interval Scale Ratio Scale	1) Nominal Scale
2) การแจกแจง	2) โค้งปกติ	2) ไม่เป็นโค้งปกติ	2) ไม่เป็นโค้งปกติ
3) จุดมุ่งหมายในการใช้	3) เพื่อหาค่ากลางอย่างละเอียดเป็นค่าสถิติที่มีความคงที่ในการวัดมากที่สุด แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กรณีมีข้อมูลสุดโต่ง	3) เพื่อหาค่ากลางอย่างรวดเร็วแต่ไม่ละเอียด เป็นค่าที่ใช้ประมาณได้ใกล้เคียงน้อยกว่าค่าเฉลี่ยแต่	3) เพื่อหาค่ากลางอย่างรวดเร็ว หากข้อมูลมีมาตรวัดนามบัญญัติหรือเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ

การเลือกใช้สถิติ	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (μ)	มัธยฐาน (Me)	ฐานนิยม (Mo)
	(Extreme Value) ปนอยู่ด้วย เพราะค่าที่คำนวณได้จะคลาดเคลื่อนไปจากความจริงที่ถือเป็นตัวแทนข้อมูล และเป็นค่าที่นิยมนำไปใช้ในสถิติขั้นสูงต่อไป	ดีกว่าค่าฐานนิยมสามารถใช้กับข้อมูลที่ปนอยู่แบบสุดโต่งได้	ต้องใช้ค่ากลางแบบฐานนิยมเท่านั้น

ทั้งนี้ การจะใช้ค่าใดเพื่อการวัดอะไรนั้นอาจจะต้องวัดการกระจายของข้อมูล ซึ่งโดยปกติการที่เราจะวัดค่าแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางของข้อมูล เราจะใช้เพียงค่าใดค่าหนึ่ง โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

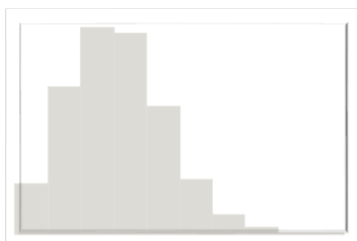
(1) หากข้อมูลดังกล่าว มีการกระจายแบบปกติ หรือแบบธรรมชาติ (Normal distribution) ให้ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นตัววัด ดังนั้นการที่เราเก็บตัวอย่างมาจำนวนหนึ่ง เราจำเป็นต้องทำการทดสอบก่อนว่าการกระจายตัวของข้อมูลดังกล่าว มีแนวโน้มเป็นแบบธรรมชาติหรือกระจายแบบปกติหรือไม่

(2) หากข้อมูลดังกล่าว ไม่มีการกระจายแบบปกติ เราไม่สามารถใช้ค่าเฉลี่ยมาใช้ในการวัดได้ จำเป็นต้องใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ในการวัดแทน หากมีการกระจายที่ไม่ปกติ และมีค่าส่วนใหญ่อยู่ที่ค่าใดค่าหนึ่งมากผิดปกติ ก็ควรใช้ค่าฐานนิยม (Mode) ในการวัด แต่โดยมาก ฐานนิยมมักไม่ได้ใช้มากนัก เรามักใช้มัธยฐานมากกว่า



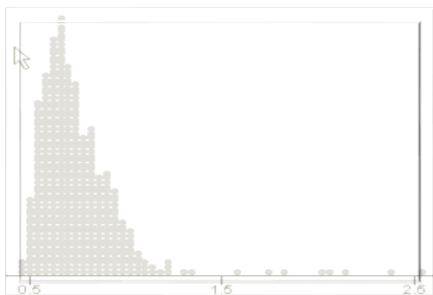
ข้อมูลกระจายแบบปกติ (Normal distribution) เมื่อพล็อตให้เห็นการกระจาย หากเห็นการกระจายแบบ ภาพที่ 3.5 ให้เลือกใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ในการอธิบาย

ภาพที่ 3.5 ลักษณะข้อมูลกระจายแบบปกติ



ข้อมูลที่มีการกระจายแบบไม่ปกติ หรือไม่ธรรมชาติ (Non-normal distribution) เมื่อพล็อตให้เห็นการกระจาย หากเห็นการกระจายแบบภาพที่ 3.6 ให้เลือกใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ในการอธิบาย

ภาพที่ 3.6 ลักษณะข้อมูลที่กระจายแบบไม่ปกติ



ข้อมูลที่มีการกระจายแบบไม่ปกติ หรือไม่ธรรมชาติ (Non-normal distribution) เมื่อพล็อตให้เห็นการกระจาย หากเห็นการกระจายแบบภาพที่ 3.7 จะมีค่าจำนวนหนึ่งกระจายออกนอกกลุ่มไกลมาก ๆ ให้เลือกใช้ค่าฐานนิยม (Mode) ในการอธิบาย

ภาพที่ 3.7 ลักษณะข้อมูลที่กระจายแบบไม่ปกติ แบบมีค่าจำนวนหนึ่งอยู่นอกกลุ่มไกลมาก

3.4 การวัดการกระจาย (Measure of Dispersion)

การวัดการกระจายของข้อมูล เป็นสถิติพรรณนาที่อธิบายความแตกต่างหรือการแปรผันของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา โดย 1) ถ้าหากข้อมูลในกลุ่มมีความแตกต่างกันมาก ข้อมูลจะมีค่าการกระจายมาก 2) ถ้าหากข้อมูลมีความแตกต่างกันน้อย ข้อมูลจะมีค่าการกระจายน้อย เราได้ศึกษาหัวข้อ 2.1.2 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง เพื่ออธิบายค่ากลางของข้อมูลนั้น ในบางครั้งค่ากลางอาจจะไม่เพียงพอสำหรับการอธิบายข้อมูล เช่น ให้พิจารณาข้อมูลด้านล่าง ดังนี้

ข้อมูลชุดที่ 1 คือ 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 10 11

ข้อมูลชุดที่ 2 คือ 4 5 5 5 6 6 6 6 7 7 7 8

จะเห็นได้ว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมเท่ากัน คือ 6 แต่จากการพิจารณาข้อมูลจะพบว่ามีการกระจายแตกต่างกัน ข้อมูลชุดที่ 1 มีการกระจายมากกว่าข้อมูลชุดที่ 2 เมื่อพิจารณาข้อมูลชุดที่ 2 จะเห็นว่าแต่ละค่ามีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 6 มากที่สุด นั่นคือ ข้อมูลชุดที่ 2 มีการกระจายห่างจากค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด ดังนั้นการใช้ค่ากลางหรือค่าเฉลี่ยมาอธิบายข้อมูลจึงอาจไม่เพียงพอ หรือทำให้เข้าใจผิดได้ว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุด มีลักษณะเหมือนกัน จึงมีความจำเป็นต้องพิจารณาวัดค่าการกระจาย เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลกระจายห่างจากค่ากลางมากน้อยเพียงใดด้วย

วิธีวัดการกระจายของข้อมูลมีหลายวิธี ได้แก่

- 1) พิสัย (Range)
- 2) ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Mean Deviation)
- 3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
- 4) ความแปรปรวน (Variance)
- 5) ความโด่ง (Kurtosis)
- 6) ความเบ้ (Skewness)

ในที่นี้เราจะพิจารณาเฉพาะ พิสัย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวน เพราะนิยมใช้กันมากที่สุด

3.4.1 พิสัย (Range: R) เป็นการวัดการกระจายที่ง่ายที่สุด พิสัยหมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดของข้อมูล คำนวณได้จากการแทนค่าดังนี้

$$R = H - L$$

เมื่อ R คือ ค่าพิสัย

H คือ ค่าสูงสุด

L คือ ค่าต่ำสุด

ตัวอย่างที่ 3.9 หาค่าพิสัยของข้อมูล 2 ชุด

ข้อมูลชุดที่ 1 (12 ค่า) 1 2 3 4 5 6 6 7 8 9 10 11

ข้อมูลชุดที่ 2 (12 ค่า) 4 5 5 5 6 6 6 6 7 7 7 8

จะได้ ข้อมูลชุดที่ 1 มีพิสัยเท่ากับ $11 - 1 = 10$

ข้อมูลชุดที่ 2 มีพิสัยเท่ากับ $8 - 4 = 4$

จะได้ว่าข้อมูลชุดที่ 2 มีค่าการกระจายน้อยกว่าข้อมูลชุดที่ 1

ตัวอย่างที่ 3.10 สมมติว่า คะแนนผลการสอบวิชาสถิติธุรกิจของนักศึกษา 2 กลุ่ม เป็นดังนี้

กลุ่มที่ 1 (9 คน) 14 26 18 12 24 23 52 12 15

กลุ่มที่ 2 (9 คน) 30 20 15 25 28 35 55 40 45

จะได้ว่า กลุ่มที่ 1 มีพิสัยเท่ากับ $52 - 12 = 40$

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.78

มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 18

มีค่าฐานนิยมเท่ากับ 12

กลุ่มที่ 2 มีพิสัยเท่ากับ $55 - 15 = 40$

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.55

มีค่ามัธยฐานเท่ากับ 30

ไม่มีค่าฐานนิยม

จากตัวอย่างที่ 3.10 จะเห็นได้ว่าข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มมีค่าพิสัยเท่ากัน ดังนั้นจึงควรคำนึงเมื่อนำค่าพิสัยมาใช้อธิบายลักษณะการกระจายของข้อมูลอาจเกิดความคลาดเคลื่อนผิดพลาดได้ง่าย เช่น ถ้าข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกันสามารถใช้ค่าพิสัยมาอธิบายได้ แต่ถ้าข้อมูลมีความแตกต่างกันมาก ๆ การใช้ค่าพิสัยมาอธิบายลักษณะการกระจายของข้อมูลจะมีความผิดพลาดได้

3.4.2 ความแปรปรวน (Variance: σ^2) เป็นค่าสถิติพรรณนาที่ใช้วัดการกระจายเพื่อบอกให้ทราบว่าข้อมูลแต่ละตัวอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มมากน้อยเพียงใด โดยค่าความแปรปรวนจะพิจารณาความหมายเชิงพื้นที่ ใช้สัญลักษณ์ S^2 สำหรับกลุ่มตัวอย่าง และ σ^2 สำหรับกลุ่มประชากร

ก. กรณีข้อมูลไม่มีการจัดหมวดหมู่

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i^2 - [(\sum_{i=1}^N X_i)^2 / N]}{N} ; \text{ ถ้ามีข้อมูล } X_1, X_2, \dots, X_N$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^R f_i (X_i - \mu)^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i^2 - [(\sum_{i=1}^R f_i X_i)^2 / N]}{N} ;$$

ถ้ามีข้อมูล $X_1, X_2, \dots, X_R$; และมีความถี่ $f_1, f_2, \dots, f_R$

ข. กรณีข้อมูลมีการจัดหมวดหมู่

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^R f_i (X_i - \mu)^2}{\sum_{i=1}^R f_i} = \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i^2 - [(\sum_{i=1}^R f_i X_i)^2 / N]}{N}$$

เมื่อ $X_1, X_2, \dots, X_R$ คือ ค่ากึ่งกลางของชั้น
 $f_1, f_2, \dots, f_R$ คือ ความถี่ของชั้น

3.4.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นค่าสถิติพรรณนาที่ใช้วัดการกระจายเพื่อบอกให้ทราบว่าข้อมูลแต่ละตัวอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาความหมายเชิงเส้นที่มีทิศทาง จะใช้สัญลักษณ์ SD หรือ S สำหรับกลุ่มตัวอย่าง และ σ สำหรับกลุ่มประชากร โดยการหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก็คือ ค่ารากที่สองของความแปรปรวน (Variance) ดังนั้น
 จะได้ว่า

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

ตัวอย่างที่ 3.11 จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 3.3 นำมาหาค่าความแปรปรวนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณที่ขายปุ๋ยได้ในแต่ละวัน (จำนวน 50 วัน)

หาค่า

$$\mu = \frac{36+40+43+47+48 \dots +89+90+92+93+95}{50}$$

ค่าเฉลี่ยขายปุ๋ยเคมีได้ต่อวัน $\mu = \frac{3,397}{50} = 67.94$ กระสอบ/วัน

หาค่าความแปรปรวนของปริมาณปุ๋ยที่ขายได้ต่อวัน คือ

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N} \\ &= (36 - 67.94)^2 + (40 - 67.94)^2 + \dots + (93 - 67.94)^2 + (95 - 67.94)^2 \\ &= 219.14 \text{ (กระสอบ)}^2\end{aligned}$$

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณขายปุ๋ยต่อวัน คือ

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{219.14} = 14.80 \text{ กระสอบ}$$

ตัวอย่างที่ 3.12 จากข้อมูลตัวอย่างที่ 3.6 จงหาค่าความแปรปรวน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณขายปุ๋ยเคมีต่อวัน

ปริมาณขายปุ๋ย (กระสอบ)	ค่ากึ่งกลาง (X_i)	ความถี่ (f_i) (วัน)	$f_i X_i$	$f_i X_i^2$
34 - 42	38	2	76	2,888
43 - 51	47	6	282	13,254
52 - 60	56	7	392	21,952
61 - 69	65	13	845	54,925
70 - 78	74	9	666	49,284
79 - 87	83	8	664	55,112
88 - 96	92	5	460	42,320
รวม		50	3,385	239,735

$$\begin{aligned}\text{จะได้ ความแปรปรวน } \sigma^2 &= \frac{\sum_{i=1}^R f_i X_i^2 - [(\sum_{i=1}^R f_i X_i)^2 / N]}{N} \\ &= \frac{239,735 - \left[\frac{(3,385)^2}{50} \right]}{50} = 211.41 \text{ (กระสอบ)}^2\end{aligned}$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน } \sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{211.41} = 14.54 \text{ กระสอบ}$$

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นค่าที่นิยมใช้อธิบายคู่กับค่าเฉลี่ยเลขคณิต หากนำเสนอข้อมูลเพียงค่าเฉลี่ยอาจทำให้การพรรณนาลักษณะข้อมูลไม่สมบูรณ์เพียงพอ โดยเฉพาะถ้าต้องการเปรียบเทียบข้อมูล จำเป็นต้องพิจารณาการกระจายของข้อมูลคู่กับค่าเฉลี่ยของข้อมูลเสมอ

ตัวอย่างที่ 3.13 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้ในการอธิบายคู่กับค่าเฉลี่ยเลขคณิต

1) จากการคำนวณ หาค่าเฉลี่ยขายปุ๋ยเคมีได้ต่อวัน คือ $\mu (\bar{x}) = 67.94$ กระสอบ/วัน

หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ σ (SD.) = 14.54 กระสอบ

ดังนั้น $67.94 - 14.54 = 53.40$ กระสอบ

$67.94 + 14.54 = 82.48$ กระสอบ

เพราะฉะนั้น ค่าเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 53.40 - 82.48 ซึ่งข้อมูลค่าเฉลี่ยการขายปุ๋ยเคมีได้ในแต่ละวันจะเกาะกลุ่มอยู่บริเวณนี้

2) จากงานวิจัย “ความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวต่อโครงการประกันรายได้เกษตรกร” โดยจะเรียงอันดับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อประเด็นคำถาม ความคิดเห็นต่อวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกข้าว

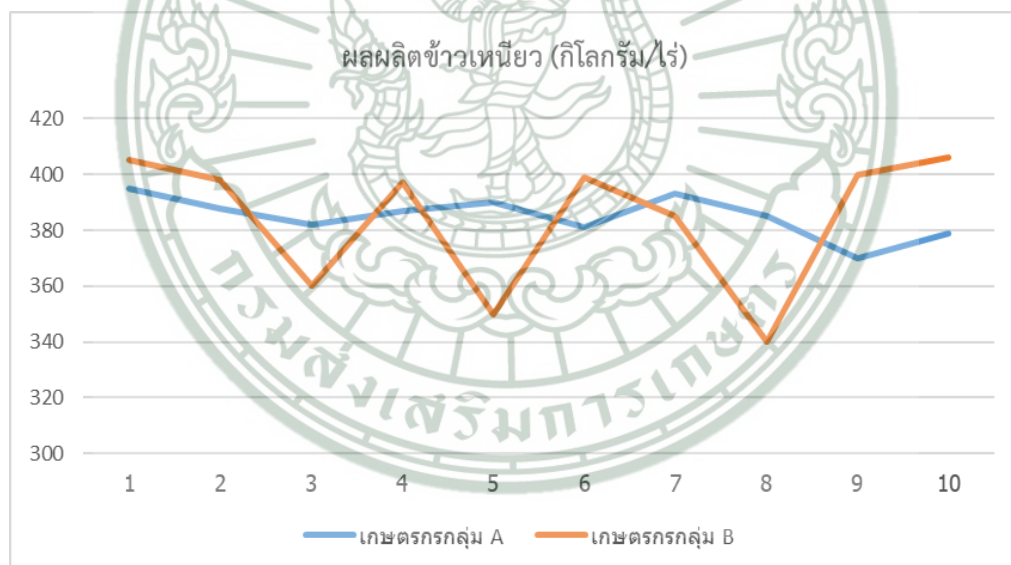
ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อโครงการประกันรายได้เกษตรกรผู้ปลูกข้าว

ด้าน	$\bar{x}$	SD	ระดับความเห็น	เรียงอันดับ
วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ				
1) โครงการให้ผลประโยชน์แก่เกษตรกรทั่วถึง	4.68	0.67	เห็นด้วยมากที่สุด	1
2) โครงการช่วยเหลือข้าวเปลือกออกสู่ตลาด	3.72	0.90	เห็นด้วยมาก	8
3) โครงการช่วยแก้ปัญหาาราคาข้าวตกต่ำ	4.11	0.81	เห็นด้วยมาก	4
4) เกษตรกรมีความคุ้มค่าในการลงทุนทำนา	3.45	0.83	เห็นด้วยปานกลาง	9
5) ช่วยลดปัญหาการขาดทุนของเกษตรกร	4.13	0.78	เห็นด้วยมาก	2
6) ขายผลผลิตได้ในราคาเป็นธรรม	4.13	0.86	เห็นด้วยมาก	3
7) ป้องกันการสวมสิทธิ์จากเกษตรกรรายอื่น	4.05	0.82	เห็นด้วยมาก	5
8) เกษตรกรมีเงินรายได้เหลือจากการปลูกข้าว	3.90	0.70	เห็นด้วยมาก	6
9) เกษตรกรไม่ประสบปัญหาขาดทุนการปลูกข้าว	3.90	0.84	เห็นด้วยมาก	7
ภาพรวม	4.01	0.83	เห็นด้วยมาก	

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อมีการจัดอันดับความคิดเห็นนั้น หากข้อมูลในการวิเคราะห์มีค่าเฉลี่ยที่เท่ากันเราจะใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นตัวตัดสินใจว่าจะให้ค่าใดเป็นอันดับที่ถูกเลือกก่อน โดยค่าที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าจะหมายถึงกลุ่มที่ให้ข้อมูลมีความคิดเห็นในลักษณะสอดคล้องกัน หรือมีความคิดเห็นคล้ายกันมาก เราจึงจัดอันดับโดยใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าเป็นตัวตัดสิน

3) ตัวอย่างการวิเคราะห์ ผลผลิตข้าวเหนียว (กิโลกรัม/ไร่) ของเกษตรกร 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม A และ กลุ่ม B มีจำนวนเกษตรกร 10 ครัวเรือนต่อกลุ่ม ทำการปลูกข้าวเหนียวและให้ผลผลิตข้าวเปลือกกิโลกรัม/ไร่ ตามภาพที่ 3.8 ด้านล่าง

กลุ่มเกษตรกร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	SD.
เกษตรกรกลุ่ม A	395	388	382	387	390	381	393	385	370	379	385	7.36
เกษตรกรกลุ่ม B	405	398	360	397	350	399	385	340	400	406	384	24.59



ภาพที่ 3.8 พิจารณาข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.)

จากภาพที่ 3.8 3.3 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตข้าวเหนียวต่อไร่โดยเกษตรกรกลุ่ม A และเกษตรกรกลุ่ม B จะพบว่า แม้ค่าเฉลี่ยของผลผลิตข้าวของเกษตรกร 2 กลุ่ม จะมีความใกล้เคียงกันมาก แต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) จะแตกต่างกันมาก โดยค่า SD. ของเกษตรกรกลุ่ม B จะมีค่ามาก (SD.= 24.59) แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรกลุ่ม B มีเกษตรกรที่ทำการเกษตรได้ผลผลิตข้าวต่อไร่ในปริมาณมากและปริมาณน้อยแตกต่างกันมากในแต่ละราย ส่วนเกษตรกรกลุ่ม A นั้น เกษตรกรแต่ละรายจะมีผลผลิตข้าวต่อไร่ใกล้เคียงกัน (SD.=7.36) เมื่อทำการวิเคราะห์ผลที่ได้

จะทำให้เห็นว่าต้องทำการแบ่งเขตตรรกในรายที่ผลผลิตข้าวต่อไร่ได้น้อยออกมาจากกลุ่ม เพื่อจะได้หาวิธีแก้ปัญหาในลำดับต่อไป

3.4.4 การวัดการกระจายสัมพัทธ์

เพื่อเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลประเภทเดียวกันหรือข้อมูลที่มีหน่วยต่างกัน ตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (Coefficient of Variation, C.V.) ค่านี้ไม่มีหน่วย และอธิบายเป็นร้อยละ ดังนี้

$$C.V. = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)100\%$$

ตัวอย่างที่ 3.14 เครื่องจักรผลิตลูกเทนนิส มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 3 นิ้ว และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.003 นิ้ว และเครื่องจักรผลิตลูกกอล์ฟ มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1 นิ้ว และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.003 นิ้ว คะแนน อยากทราบว่าเครื่องจักรใดทำงานมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

วิธีทำ

$$C.V._{Tennis} = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)100\% = \frac{0.003}{3}100\% = 0.1\%$$
$$C.V._{Golf} = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)100\% = \frac{0.003}{1}100\% = 0.3\%$$

เนื่องจาก $C.V._{Tennis} < C.V._{Golf}$ แสดงว่าการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางลูกเทนนิส น้อยกว่า การกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางลูกกอล์ฟ ดังนั้นเครื่องจักรผลิตลูกเทนนิส มีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าเครื่องจักรผลิตลูกกอล์ฟ

ตัวอย่างที่ 3.15 ถ้าคะแนนสอบไล่วิชา Math. มีค่าเฉลี่ย 78 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8 คะแนน และวิชา Stat. มีค่าเฉลี่ย 73 คะแนน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.6 คะแนน อยากทราบว่าคะแนนสอบไล่วิชาใดมีการกระจายมากกว่ากัน

วิธีทำ

$$C.V._{Math} = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)100\% = \frac{8}{78}100\% = 10.26\%$$
$$C.V._{Stat} = \left(\frac{\sigma}{\mu}\right)100\% = \frac{7.6}{73}100\% = 10.41\%$$

เนื่องจาก $C.V._{Math} < C.V._{Stat}$ แสดงว่า การกระจายของคะแนนสอบไล่วิชา Stat. มีการกระจายมากกว่า วิชา Math.

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบการเลือกใช้การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง และการวัดการกระจายของข้อมูล กับมาตรวัดระดับข้อมูล

มาตรวัดระดับข้อมูล	การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง	การวัดการกระจาย
ระดับนามบัญญัติ (Nominal scale)	ฐานนิยม (Mode: Mo)	ไม่มี
ระดับอันดับ (Ordinal Scale)	มัธยฐาน (Median: Me)	เปอร์เซ็นต์ไทล์ (Percentile)
ระดับอันตรภาค (Interval Scale)	ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$ หรือ μ)	- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD, S หรือ σ) - ความแปรปรวน (Variance: S^2 , σ^2)
ระดับอัตราส่วน (Ratio scale)	ค่าเฉลี่ย (Mean: $\bar{X}$ หรือ μ)	- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD, S หรือ σ) - ความแปรปรวน (Variance: S^2 , σ^2)

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบการเลือกใช้สถิติเชิงพรรณนา กับมาตรวัดระดับข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา	มาตรวัดระดับข้อมูล			
	นามบัญญัติ	เรียงอันดับ	อันตรภาค	อัตราส่วน
1. ความถี่ (Frequency)	✓	✓	✓	✓
2. ร้อยละ (Percentage)	✓	✓	✓	✓
3. ค่าเฉลี่ย (Mean)	✗	✗	✓	✓
4. มัธยฐาน (Median)	✗	✓	✓	✓
5. ฐานนิยม (Mode)	✓	✓	✓	✓
6. พิสัย (Range)	✗	✓	✓	✓
7. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)	✗	✗	✓	✓
8. ความแปรปรวน (Variance)	✗	✗	✓	✓

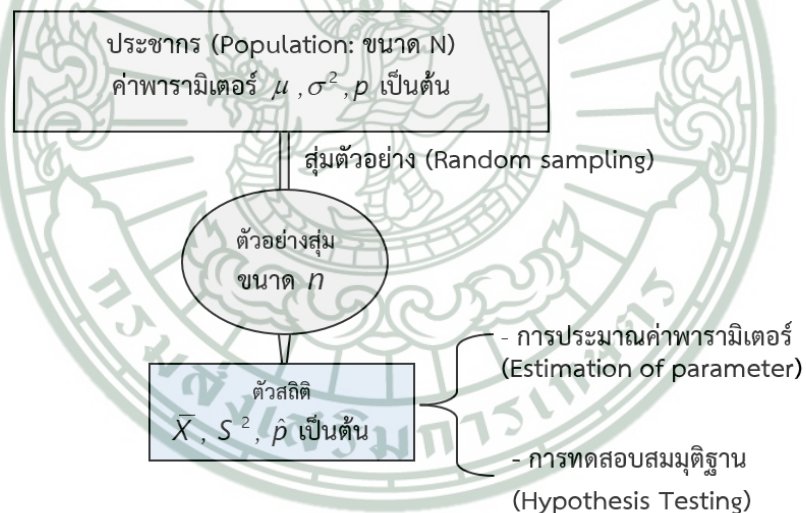
สรุป

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ อธิบาย หรือ บรรยาย ลักษณะของกลุ่มข้อมูลโดยไม่ต้องอ้างอิงถึงประชากร วัตถุประสงค์ของสถิติเชิงพรรณนา คือ สรุปข้อมูล ให้เข้าใจง่าย เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่ม ค้นหารูปแบบหรือแนวโน้มของข้อมูล ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูล เทคนิคที่ใช้ในสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ 1) การแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) แสดงจำนวน ข้อมูลที่อยู่ในแต่ละช่วงของตัวแปร (ได้อธิบายไว้ในบทที่ 1) 2) การวัดค่ากลาง (Measures of Central Tendency) บอกตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูล เช่น ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน ฐานนิยม 3) การวัดการกระจาย (Measures of Dispersion) บอกความกระจายของข้อมูล เช่น พิสัย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน 4) การนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟ (Data Visualization) แสดงข้อมูลให้เห็นภาพ เช่น กราฟแท่ง กราฟเส้น แผนผังวงกลม เป็นต้น ข้อดีของสถิติเชิงพรรณนา คือ เข้าใจง่ายใช้กับข้อมูลได้หลากหลายประเภท ช่วยให้ สรุปข้อมูลได้กระชับ เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบข้อมูล นอกจากนั้นการนำเสนอข้อมูลที่เป็นรูปแผนภูมิ เป็นตารางและกราฟประเภทต่าง ๆ จะช่วยให้ผู้อ่านทราบผลการวิเคราะห์ได้เป็นรูปธรรมมากกว่าการพิจารณา เฉพาะตัวเลขหรือคำบรรยาย ข้อจำกัดของสถิติเชิงพรรณนา คือ ไม่สามารถมีข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรได้ ไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้

บทที่ 4

สถิติเชิงอนุมาน การประมาณค่า และการทดสอบสมมติฐาน

เนื้อหาในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงประชากรและการสุ่มตัวอย่างไว้แล้วนั้น การจะศึกษาเพื่อสรุปผลเกี่ยวกับลักษณะบางประการของประชากร (N) โดยตรงนั้นทำได้ค่อนข้างยุ่งยาก ในกรณีที่ประชากรมีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงอาศัยลักษณะของตัวอย่างสุ่ม (n) ที่ได้จากวิธีการเลือกตัวอย่างสุ่ม (Random sample) มาแทน แล้วนำผลที่ได้จากตัวอย่างไปอธิบายสรุปผลอ้างอิงถึงประชากร วิธีการทางสถิตินี้เรียกว่า “การอนุมานทางสถิติ (Statistical Inference)” มี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1) การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation of parameter) เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยอาศัยข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มเลือกมาจากประชากร รูปแบบที่ 2) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) เป็นการศึกษาว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าตามที่คาดไว้หรือไม่ โดยอาศัยข้อมูลจากตัวอย่างที่สุ่มที่เลือกมาจากประชากร ซึ่งเนื้อหาทั้ง 2 รูปแบบ จะนำเสนอในบทเรียนนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงแนวคิดของสถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic)

จากภาพที่ 4.1 แสดงแนวคิดของสถิติเชิงอนุมาน จะเห็นได้ว่าหลักการพื้นฐานของสถิติเชิงอนุมานคือการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มมาจากประชากรที่ต้องการศึกษา และพยายามสรุปอ้างอิงจากลักษณะหรือคุณสมบัติของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ไปสู่ประชากรที่ยังไม่รู้ โดยสถิติเชิงอนุมานมีวัตถุประสงค์หรือวิธีการที่สำคัญ 2 ประการคือ

- 1) การประมาณค่า (Estimate) เป็นการตอบคำถามเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์เป้าหมายในรูปแบบที่ว่าค่าพารามิเตอร์ มีค่าเป็นเท่าใด (ประมาณค่าแบบจุด) หรือมีค่าระหว่างเท่าใดกับเท่าใด (ประมาณค่าแบบช่วง)
- 2) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) หรือการทดสอบนัยสำคัญ (Significance Testing) เพื่อพิสูจน์ว่า ค่าพารามิเตอร์ในประชากรเป้าหมายแตกต่างหรือสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับค่าทางทฤษฎี

หรือค่าที่คาดหวังหรือไม่ หรือมีความแตกต่างกันระหว่างประชากรเป้าหมายหรือไม่ การทดสอบสมมติฐานจึงเป็นการตอบคำถามเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบที่ว่า ค่าพารามิเตอร์ มีค่าเป็นดั่งนั้นใช่หรือไม่ ทั้งนี้ ในการทดสอบสมมติฐานยังแบ่งรูปแบบการทดสอบออกเป็น 2 ลักษณะ คือ (1) สถิติพารามेटริก (Parametric Statistics) และ (2) สถิตินอนพารามेटริก (Non-Parametric Statistics)

ดังได้กล่าวในข้างต้นแล้วว่าเนื้อหาในบทเรียนนี้จะบรรยายใน 2 รูปแบบ คือ การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation of parameter) และการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) ทั้งนี้ในส่วนของเนื้อหา รูปแบบการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการทางสถิติต่าง ๆ จะเน้นที่การทดสอบแบบสถิติพารามेटริก โดยนำไปบรรยายในบทที่ 5 เป็นต้นไป

4.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation of parameter)

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่า พารามิเตอร์ (Parameter) เช่น μ, σ^2, p คือ ค่าที่คำนวณจากข้อมูลของประชากร แสดงลักษณะของประชากร เป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่าที่แท้จริง ในส่วนของ ตัวสถิติ (Statistic) เช่น $\bar{X}, S^2, p$ คือ ค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างสุ่ม ไม่ใช่ค่าคงที่แต่เป็นตัวแปรสุ่ม ทั้งนี้ ตัวสถิติที่นำไปประมาณค่าพารามิเตอร์หรือค่าประชากร จะเรียกว่า ตัวประมาณ (Estimator) และค่าของตัวสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่างสุ่ม จะเรียกว่า ค่าประมาณ (Estimate)

ตัวอย่าง	μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร เป็นพารามิเตอร์ (Parameter)
	$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างสุ่ม เป็นตัวสถิติ (Statistic)
	$\bar{X}$ คือ ตัวประมาณ (Estimator) ของพารามิเตอร์ μ
	$\bar{X} = 15.42$ คือ ค่าประมาณ (Estimate) ของพารามิเตอร์ μ

เมื่อเราต้องการประมาณค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์หรือค่าประชากรจากตัวอย่างสุ่มนั้น จะเรียกว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameter Estimation) โดยจะแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 วิธี คือ 1) การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation) และ 2) การประมาณค่าแบบช่วง (Interval estimation) ซึ่งการประมาณค่าแบบจุดและแบบช่วงมีรายละเอียดดังนี้

4.2 การประมาณค่าแบบจุด (Point Estimation)

การประมาณค่าแบบจุด เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยค่าประมาณ เพียงค่าเดียวเท่านั้น หรือเป็นการประมาณค่าคุณลักษณะของประชากรที่เราสนใจด้วยตัวคงที่ (ตัวคงที่ คือค่าที่เราสร้างได้จากการสังเกต) เช่น

ตัวอย่างที่ 4.1

- ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ เป็นตัวประมาณแบบจุดของ μ

เช่น ระยะเวลาเฉลี่ยที่คนไทยใช้อินเทอร์เน็ตในปี 2567 $\bar{X} = 7.58$ ชม./วัน

- สัดส่วนของตัวอย่าง $p = \frac{X}{n}$ เป็นตัวประมาณแบบจุดของ p

เช่น สัดส่วนของนักศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2566 $p = 0.80$

- ความแปรปรวนตัวอย่าง $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ เป็นตัวประมาณแบบจุดของ σ^2

เช่น ความแปรปรวนของคะแนนสอบวิชาสถิติ $S^2 = 10.4$ (คะแนน)²

ตัวอย่างที่ 4.2 ประเมินรายได้เฉลี่ยของคนไทยทั่วประเทศ ด้วยรายได้เฉลี่ยของคนไทยที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง หากคำนวณรายได้เฉลี่ยของคนไทยกลุ่มตัวอย่างได้ 10,000 บาท ($\bar{X} = 10,000$ บาท) ดังนั้น ค่าประมาณของรายได้เฉลี่ยของคนไทยทั่วประเทศ จะเป็น 10,000 บาท

ตัวอย่างที่ 4.3 สมมติว่า รายได้เฉลี่ยของคนไทยทั่วประเทศ (ประชากร: μ) เป็น 15,000 บาทต่อเดือน

- ค่าประมาณแบบจุดของนาย ณเดช คือ 20,300 บาทต่อเดือน
เกิดความคลาดเคลื่อน $\bar{X} - \mu$ ได้เป็น $20,300 - 15,000 = 5,300$ บาท
- ค่าประมาณแบบจุดของนาย หมากร คือ 14,000 บาท
เกิดความคลาดเคลื่อน $\bar{X} - \mu$ ได้เป็น $14,000 - 15,000 = -1,000$ บาท

ตัวอย่างที่ 4.4 สมมติว่า รายได้เฉลี่ยของคนไทยทั่วประเทศ (ประชากร: μ) เป็น 15,000 บาทต่อเดือน

นาย ก เก็บข้อมูลรายได้ของคนไทยกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) = 12,000 บาทต่อเดือน

(เกิดความคลาดเคลื่อน = -3,000 บาท)

นาย ข เก็บข้อมูลรายได้ของคนไทยกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 14,000 บาทต่อเดือน

(เกิดความคลาดเคลื่อน = -1,000 บาท)

นาย ค เก็บข้อมูลรายได้ของคนไทยกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าเฉลี่ย 20,000 บาทต่อเดือน

(เกิดความคลาดเคลื่อน = 5,000 บาท)

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า ถ้าค่าประมาณ $\bar{X}$ ใกล้เคียงกับค่าจริง μ มากเท่าใด แสดงว่าตัวอย่างชุดนั้นสามารถเป็นตัวแทนของประชากรได้ดี หรือตัวอย่างชุดนั้นมีคุณภาพดี

4.2.1 ค่าประมาณแบบจุดของค่าเฉลี่ยประชากร (μ)

ตัวประมาณแบบจุดของค่าเฉลี่ยประชากร μ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างสุ่ม

$$= \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

ตัวอย่างที่ 4.5 เกษตรกร ต้องการประมาณราคาขายเงาะต่อกิโลกรัม ที่ร้านค้าในกรุงเทพฯ รับไปจำหน่าย จึงสุ่มตัวอย่างร้านค้ามา 12 ร้าน มีราคาดังนี้ 33, 35, 32, 36, 34, 34, 34, 35, 36, 32, 34, 32

ให้ $\bar{X}$ เป็นค่าประมาณแบบจุดของราคาเงาะเฉลี่ยของประชากร μ

$$\text{จะได้ } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{12} X_i}{12} = \frac{33+35+\dots+32}{12} = \frac{407}{12} = 33.92 \text{ บาทต่อกิโลกรัม}$$

ตัวอย่างที่ 4.6 สุ่มตัวอย่างระยะทางการใช้รถตู้ของศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตรมาจำนวน 50 วัน พบว่า ระยะทางรวมทั้งหมดในการใช้รถตู้ 3,237 กิโลเมตร จงประมาณระยะทางเฉลี่ยต่อวันที่ใช้รถตู้

ให้ $\bar{X}$ เป็นค่าประมาณแบบจุดของระยะทางที่ใช้รถตู้เฉลี่ยประชากร μ

$$\text{จะได้ } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{50} X_i}{50} = \frac{3,237}{50} = 64.74 \text{ กิโลเมตร/วัน}$$

4.2.2 ค่าประมาณแบบจุดของผลต่างของค่าเฉลี่ยสองประชากร ($\mu_1 - \mu_2$)

หากจะประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม ว่ามีความแตกต่างกันน้อยเพียงใด นั่นคือ ต้องการประมาณค่าของ $\mu_1 - \mu_2$ จึงเลือกตัวอย่างสุ่มขนาด n_1 จากประชากรกลุ่มที่ 1 และขนาด n_2 จากประชากรกลุ่มที่ 2 ที่เป็นอิสระกัน แล้วนำข้อมูลมาประมาณค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย จะได้

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_i}{n_1} - \frac{\sum_{i=1}^{n_2} X_i}{n_2} \text{ เป็นค่าประมาณแบบจุดของ } \mu_1 - \mu_2$$

ตัวอย่างที่ 4.7 เกษตรกร ต้องการประมาณผลต่างของราคาขายเงาะเฉลี่ยระหว่างร้านค้าในกรุงเทพฯ กับร้านค้าในจังหวัดปทุมธานี จึงสุ่มตัวอย่างร้านค้าในกรุงเทพฯ มา 12 ร้าน มีราคาต่อกิโลกรัมดังนี้ 33, 35, 32, 36, 34, 34, 34, 35, 36, 32, 34, 32 และสุ่มตัวอย่างร้านค้าในจังหวัดปทุมธานี มา 20 ร้าน มีราคาต่อกิโลกรัมดังนี้ 37, 35, 32, 34, 36, 38, 35, 34, 40, 38, 35, 34, 38, 35, 36, 34, 37 และ 35 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จงประมาณผลต่างของราคาขายเงาะเฉลี่ยระหว่างกรุงเทพฯ กับจังหวัดปทุมธานี

ให้ $\bar{X}_1$ และ $\bar{X}_2$ เป็นค่าประมาณแบบจุดของ μ_1 และ μ_2 คือ ราคาขายเงาะเฉลี่ยต่อกิโลกรัมในกรุงเทพฯ และปทุมธานี ตามลำดับ

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \text{ เป็นค่าประมาณแบบจุดของ } \mu_1 - \mu_2$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} X_i}{n_1} = \frac{33+35+\dots+32}{12} = \frac{407}{12} = 33.92 \text{ บาท}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} X_i}{n_2} = \frac{37 + 35 + \dots + 35}{20} = \frac{709}{20} = 35.45 \text{ บาท}$$

ผลต่างของค่าเฉลี่ย $\bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 35.45 - 33.92 = 1.53$ บาท ดังนั้นค่าประมาณแบบจุดของผลต่างของราคาขายเงาะเฉลี่ยต่อกิโลกรัมในกรุงเทพฯ และปทุมธานีเท่ากับ 1.53 บาท/กก.

4.2.3 ค่าประมาณแบบจุดของสัดส่วนประชากร (p)

สุ่มตัวอย่าง n ขนาดใหญ่ สัดส่วนตัวอย่าง คือ $\hat{p} = \frac{x}{n}$; x คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างที่สนใจ

ดังนั้น $\hat{p} = \frac{x}{n}$ เป็นตัวประมาณค่าแบบจุดของสัดส่วนประชากร p

และ $\hat{p}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียง (Unbiased estimator) ของ p เพราะว่า $E(\hat{p}) = p$

ตัวอย่างที่ 4.8 สุ่มตัวอย่างตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจของจังหวัดนครศรีธรรมราชมา 200 ตู้ พบว่ามีจำนวนตู้ดับเพลิงที่ใช้งานไม่ได้ 20 ตู้ ให้ประมาณค่าสัดส่วนตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจที่ใช้งานไม่ได้

ให้ p เป็นค่าประมาณแบบจุดของ p คือ สัดส่วนตู้ดับเพลิงในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่ใช้งานไม่ได้

$$\begin{aligned} p &= \frac{\text{จำนวนตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจจังหวัดนครศรีธรรมราชที่ใช้งานไม่ได้}}{\text{จำนวนตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจจังหวัดนครศรีธรรมราชที่สุ่มมาเป็นตัวอย่าง}} \\ &= \frac{x}{n} = \frac{20}{200} = 0.10 \end{aligned}$$

ค่าประมาณสัดส่วนตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจจังหวัดนครศรีธรรมราชที่ใช้งานไม่ได้ = 0.10

4.2.4 ค่าประมาณผลต่างแบบจุดของสัดส่วนสองประชากร ($p_1 - p_2$)

สุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระกันขนาด n_1 และ n_2 จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบทวินามที่มีสัดส่วนของการเกิดความสำเร็จเป็น p_1 และ p_2 มีค่าเฉลี่ย $n_1 p_1$ และ $n_2 p_2$ และมีความแปรปรวน $n_1 p_1 q_1$ และ $n_2 p_2 q_2$ ตามลำดับ ให้สัดส่วนของการเกิดความสำเร็จของตัวอย่าง คือ p_1 และ p_2

$$\text{ผลต่างของสัดส่วนตัวอย่าง } \hat{p}_1 - \hat{p}_2 = \frac{x_1}{n_1} - \frac{x_2}{n_2} \text{ เป็นค่าประมาณแบบจุดของ } p_1 - p_2$$

เมื่อ x_1 และ x_2 คือจำนวนหน่วยที่สนใจในตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตัวอย่างที่ 4.9 สุ่มตัวอย่างตู้ดับเพลิงของสถานีตำรวจในภาคใต้ และภาคเหนือ มา 250 และ 300 ตู้ ตามลำดับ พบว่า มีจำนวนตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจที่ใช้งานไม่ได้ 25 และ 45 ตู้ ตามลำดับ ให้ประมาณผลต่างสัดส่วนตู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจที่ใช้งานไม่ได้ระหว่างภาคใต้และภาคเหนือ

ให้ p_1 และ p_2 เป็นค่าประมาณแบบจุดของ p_1 และ p_2 เป็นสัดส่วนของตู้โทรศัพท์สาธารณะที่ใช้งานไม่ได้ในภาคใต้และภาคเหนือตามลำดับ

$$\text{จะได้ } \hat{p}_1 = \frac{x_1}{n_1} = \frac{25}{250} = 0.1 \text{ และ } \hat{p}_2 = \frac{x_2}{n_2} = \frac{45}{300} = 0.15$$

$$p_1 - p_2 = 0.1 - 0.15 = -0.05 \text{ เป็นค่าประมาณผลต่างแบบจุดของ } p_1 - p_2$$

ค่าประมาณผลต่างระหว่างสัดส่วนผู้ดับเพลิงในสถานีตำรวจที่ใช้งานไม่ได้ในภาคใต้กับภาคเหนือเป็น 0.05

จะเห็นได้ว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบจุด เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ให้เท่ากับค่าสถิติที่คำนวณจากตัวอย่างกลุ่มหนึ่ง ดังนั้น ถ้ากลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนไปค่าสถิติก็จะเปลี่ยนไปด้วย การประมาณค่าแบบจุดจึงเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าได้มาก เพราะเป็นไปได้ยากที่ค่าพารามิเตอร์จะมีค่าเท่ากับค่าสถิติ เช่น ผู้ว่าราชการกรุงเทพฯ ต้องการทราบค่าแรงรายวันของผู้ใช้แรงงานในตลาดสดของกรุงเทพฯ ว่ามีค่าแรงเฉลี่ยต่อวันเท่าใด จึงสั่งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องไปสำรวจ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ส่งรายงานให้กับผู้ว่าราชการกรุงเทพฯ ว่า เก็บข้อมูลค่าแรงลูกจ้างรายวันมาจากตลาดสดจำนวน 10 แห่ง มีค่าจ้างเฉลี่ย 285 บาทต่อวัน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นเป็นไปได้ยากที่ค่าแรงลูกจ้างรายวันในตลาดสดจะมีค่าเท่ากับ 285 บาทต่อวัน ดังนั้น ในการประมาณค่าแบบจุดมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนได้มาก จึงควรใช้วิธีการนี้กับข้อมูลที่มีค่าการกระจายน้อย เพื่อให้การประมาณค่าแบบจุดมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง ทั้งนี้ มีการประมาณค่าอีกแบบหนึ่งที่ช่วยลดความผิดพลาดลงได้ เพราะมีจำนวนค่ามากกว่าในการหาค่าพารามิเตอร์ คือ การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วง ดังจะกล่าวต่อไป

4.3 การประมาณค่าแบบช่วง

ดังได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อการประมาณค่าแบบจุดว่า การประมาณค่าแบบจุดมีโอกาสถูกต้องยาก เนื่องจากใช้ค่าเพียงค่าเดียว นักสถิติจึงขยายแนวคิดหาวิธีการประมาณค่าให้มีความถูกต้องมากที่สุด จึงสร้างช่วงของค่าที่คาดว่าจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ เรียกวิธีนี้ว่า “การประมาณค่าแบบช่วง” ซึ่งการประมาณค่าแบบช่วงจะมีความถูกต้องมากกว่าการประมาณค่าแบบจุด เพราะการประมาณค่าแบบช่วงสามารถครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการได้มากกว่าประมาณค่าแบบจุด โดยช่วงของการประมาณสามารถบอกได้ว่ามีความเชื่อมั่นในความถูกต้องร้อยละเท่าใด

การประมาณค่าแบบช่วงคือการสร้างค่าของตัวเลขช่วงหนึ่ง โดยอาศัยค่าที่ได้จากตัวอย่าง ช่วงความเชื่อมั่นของการประมาณค่า ประกอบด้วย

1) ขีดจำกัดของการประมาณ สร้างโดยอาศัยการแจกแจงของตัวสถิติที่ได้จากตัวอย่าง เช่น การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร เราสามารถสร้างโดยพิจารณาจากการแจกแจงค่าเฉลี่ยของตัวอย่างสุ่ม ดังนั้น ในการประมาณค่าจะอาศัยการแจกแจงค่าสถิติของตัวอย่างเสมอ และจะบอกถึงขีดจำกัดของการประมาณ ประกอบด้วย ขีดจำกัดล่างและขีดจำกัดบน เช่น

สุ่มตัวอย่างมาขนาด n ได้ค่า $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ จากประชากร $X \sim f(x; \theta)$ โดยที่ θ เป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า

ช่วงความเชื่อมั่นของ θ คำนวณได้จากช่วงสุ่ม (L,U) ซึ่งจะคลุมค่าที่แท้จริงของ θ ด้วยความน่าจะเป็นที่กำหนดให้ $1 - \alpha$; เมื่อ L คือ ขีดจำกัดล่าง และ U คือ ขีดจำกัดบน ฟังก์ชันของตัวอย่างสุ่ม $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ จะเขียนได้ว่า $P(L < \theta < U) = 1 - \alpha$ (อ่านว่า ความน่าจะเป็นที่ช่วงสุ่ม (L,U) จะคลุมค่าของ θ ด้วยความน่าจะเป็นเท่ากับ $1 - \alpha$ เราจะไม่อ่านว่า ความน่าจะเป็นที่ θ มากกว่า L และน้อยกว่า U เท่ากับ $1 - \alpha$ เพราะนั่นคือ θ จะกลายเป็นตัวแปรสุ่ม ซึ่งความจริงแล้ว θ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า) แล้วค่าที่คำนวณได้จากช่วงสุ่ม (L,U) เราจะเรียกว่า ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ θ และเรียกค่า $1 - \alpha$ ว่า “ระดับของความเชื่อมั่น หรือสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Level of confidence or Confidence coefficient)” และสมมติ กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ และคำนวณได้ค่า $L = 100$ และ $U = 106$ เราจะได้ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ θ คือ $(100, 106)$ หรือเขียนในรูป $100 < \theta < 106$ หมายความว่าเรามีความเชื่อมั่น 95% ที่ θ จะอยู่ในช่วง 100 ถึง 106 จะไม่เขียน $P(100 < \theta < 106) = 0.95$ เพราะ θ เป็นค่าคงที่ ไม่ใช่ตัวแปรสุ่ม เช่น หากเราให้ $X_1, X_2, \dots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ $N(\mu, \sigma^2)$ โดยที่ทราบค่า σ^2 สร้างช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ μ จะได้ว่า

$$\text{เราทราบว่า } \bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right) \text{ และ } Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \sim N(0, 1)$$

และเขียนได้ว่า

$$P\left(\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha$$

ดังนั้น ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ μ คือค่าที่คำนวณจากช่วงสุ่ม

$$\left(\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$$

หรือเขียนในรูป

$$\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (\text{ขีดจำกัดของการประมาณ})$$

โดยช่วงความเชื่อมั่น $(1 - 0.05)100\% = 95\%$ ของ μ จะมีความหมายว่า เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n มาจำนวน 100 ชุด จะสร้างช่วงความเชื่อมั่นของ μ ได้จำนวน 100 ช่วง และคาดว่าจะมีประมาณ 95 ช่วง ที่คลุมค่า μ ที่แท้จริง ส่วนอีก 5 ช่วง จะไม่คลุมค่า μ ที่แท้จริง แต่ตามหลักปฏิบัติจริงเราจะสุ่มตัวอย่างมาเพียง 1 ชุด แล้วนำมาสร้างช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของพารามิเตอร์ ซึ่งช่วงความเชื่อมั่นที่ได้จะถือว่าเป็น 1 ใน 100 ของช่วงทั้งหมด ดังนั้น ถ้ากำหนดความน่าจะเป็นที่ช่วงสุ่มจะคลุมพารามิเตอร์ที่แท้จริงให้มีค่าสูง ๆ เช่น 0.90, 0.95, 0.99 แล้ว จะทำให้เรามีความเชื่อมั่นสูงด้วย

2) ระดับความเชื่อมั่น หรือสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (Level of confidence or Confidence coefficient) คือ การสร้างช่วงความเชื่อมั่นที่ต้องบอกว่าช่วงที่สร้างมีโอกาสถูกต้องร้อยละเท่าใด แทนค่าด้วย $1 - \alpha$ แสดงถึง มีโอกาสผิดพลาดเป็น α ซึ่งจะเรียกสัญลักษณ์นี้ว่า ระดับนัยสำคัญ

สรุปว่า การประมาณค่าแบบช่วง (Interval estimation) เป็นการหาตัวแปรสุ่ม L กับ U ที่ครอบคลุมค่าของพารามิเตอร์ θ ด้วยความน่าจะเป็นระดับหนึ่ง $P(L < \theta < U) = 1 - \alpha$ เรียกช่วงระหว่าง L และ U ว่า ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) $(1 - \alpha)100\%$

4.3.1 การประมาณค่าแบบช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากร (ประชากร 1 กลุ่ม)

สุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 หรือสุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ อย่างใดอย่างหนึ่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{X}$ และความแปรปรวนของตัวอย่าง S^2 นำมาสร้างช่วงความเชื่อมั่นของ μ ซึ่งขึ้นอยู่กับว่า ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรหรือไม่ แบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ทราบค่า σ^2 และ n มีขนาดเท่าไรก็ได้

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ μ

$$\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

กรณีที่ 2 ไม่ทราบค่า σ^2 และ $n < 30$

เมื่อไม่ทราบ σ^2 จึงประมาณด้วย S^2 และ $n < 30$ จึงต้องใช้

ตัวสถิติ $T = \frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}} \sim T_{(n-1)}$; เมื่อ $\nu = n - 1$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ μ

$$\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

กรณีที่ 3 ไม่ทราบค่า σ^2 และ $n \geq 30$

เมื่อไม่ทราบ σ^2 จึงประมาณด้วย S^2 และ $n \geq 30$ จึงไม่จำเป็นต้องทราบรูปแบบการแจกแจงของประชากร โดยอาศัยทฤษฎีลิมิตสู่ส่วนกลาง (CLT) จะได้

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ μ

$$\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

ตัวอย่างที่ 4.10 โรงงานแห่งหนึ่งในจังหวัดสมุทรปราการ ทราบว่าค่าแรงของแรงงานไร้ฝีมือในจังหวัดสมุทรปราการ มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ย ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 20 บาท สุ่มตัวอย่างคนงานมา 20 คน แล้วสอบถามค่าแรง พบว่า มีค่าเฉลี่ย 140 บาทต่อวัน จงหาช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าแรงเฉลี่ยต่อวันของแรงงานไร้ฝีมือ

วิธีทำ ให้ X เป็นค่าแรงต่อวันของคนงานไร้ฝีมือ

$$\text{โดยที่ } X \sim N(\mu, \sigma^2); \mu = ?, \sigma^2 = 20^2$$

μ เป็นค่าแรงเฉลี่ยต่อวันของแรงงานไร้ฝีมือ

$\bar{X}$ เป็นค่าแรงเฉลี่ยต่อวันของตัวอย่างแรงงานไร้ฝีมือที่สุ่มมาขนาด

$$n = 20 \text{ ได้ค่า } \bar{X} = 140$$

ดังนั้น $\bar{X} = 140$ เป็นค่าประมาณแบบเดี่ยวของ μ

$$\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right); \mu = ?, \frac{\sigma^2}{n} = \frac{20^2}{20}$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ

$$\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

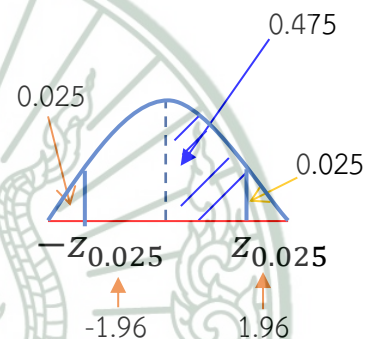
$$140 - z_{\frac{0.05}{2}=0.025} \frac{20}{\sqrt{20}} < \mu < 140 + z_{\frac{0.05}{2}=0.025} \frac{20}{\sqrt{20}}$$

$$140 - 1.96 \frac{20}{\sqrt{20}} < \mu < 140 + 1.96 \frac{20}{\sqrt{20}}$$

$$\text{จะได้ } 131.24 < \mu < 148.76$$

นั่นคือ ค่าแรงเฉลี่ยต่อวันของแรงงานไร้ฝีมือในจังหวัดสมุทรปราการ มีค่าอยู่ระหว่าง

131.24 – 148.76 บาทต่อวัน ด้วยความเชื่อมั่น 95%



พื้นที่ $0.5 - 0.025 = 0.475$
เปิดตาราง The Standard Normal Distribution หาค่า Z
พื้นที่ 0.475 ได้ค่า $Z = 1.96$

ตัวอย่างที่ 4.11 น้ำหนักของเครื่องสำอางบรรจุขวดที่ผลิต มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ย และไม่ทราบความแปรปรวน ฝ้ายควบคุมคุณภาพสินค้าสุ่มเครื่องสำอางมาจำนวน 10 ขวด มีน้ำหนัก ดังนี้ 10.2, 9.7, 10.1, 10.3, 10.1, 9.8, 9.9, 10.4, 10.3 และ 9.8 มิลลิกรัม ตามลำดับ จงคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น 95% ของน้ำหนักเฉลี่ยของเครื่องสำอางบรรจุขวด

วิธีทำ ให้ X เป็นน้ำหนักของเครื่องสำอางค์บรรจุขวด; $X \sim N(\mu = ?, \sigma^2 = ?)$

μ เป็นน้ำหนักเฉลี่ยของเครื่องสำอางค์บรรจุขวด

$\bar{X}$ เป็นค่าประมาณแบบเดี่ยวของ μ ; สุ่มตัวอย่างขนาด $n = 10$

$$\text{ค่าเฉลี่ย } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{10} = \frac{10.2 + 9.7 + \dots + 9.8}{10} = 10.06$$

ความแปรปรวน $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - 10.06)^2}{10 - 1} = 0.06$ เป็นค่าประมาณแบบจุดของ σ^2

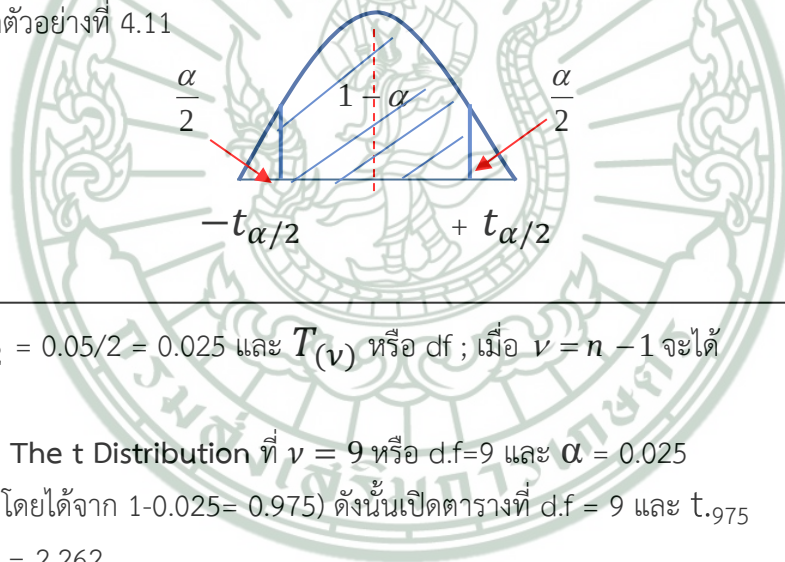
ฉะนั้น $S = 0.245$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ μ คือ

$$\begin{aligned}\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} &< \mu < \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}, (n-1)} \frac{S}{\sqrt{n}} \\ 10.06 - t_{0.025, (9)} \frac{0.245}{\sqrt{10}} &< \mu < 10.06 + t_{0.025, (9)} \frac{0.245}{\sqrt{10}} \\ 10.06 - (2.262) \frac{0.245}{\sqrt{10}} &< \mu < 10.06 + (2.262) \frac{0.245}{\sqrt{10}} \\ 9.89 &< \mu < 10.23\end{aligned}$$

น้ำหนักเฉลี่ยของเครื่องสำอางที่บรรจุขวดที่ผลิตมีค่าอยู่ระหว่าง 9.89 ถึง 10.23 มล. ด้วยความเชื่อมั่น 95%

การเปิดตารางจากตัวอย่างที่ 4.11



เมื่อ $t_{\alpha/2} = 0.05/2 = 0.025$ และ $T_{(v)}$ หรือ df ; เมื่อ $v = n - 1$ จะได้ $10 - 1 = 9$

เปิดตาราง The t Distribution ที่ $v = 9$ หรือ d.f=9 และ $\alpha = 0.025$ (คือ $t_{.975}$ โดยได้จาก $1 - 0.025 = 0.975$) ดังนั้นเปิดตารางที่ d.f = 9 และ $t_{.975}$ จะได้ ค่า $t = 2.262$

ตัวอย่างที่ 4.12 ต้องการประมาณรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนในจังหวัดพะเยา จึงสุ่มตัวอย่างมา 75 ครัวเรือน พบว่ามีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,160 บาท และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1,200 บาท สร้างช่วงความเชื่อมั่น 99% ของรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน

วิธีทำ ให้ X เป็นรายได้ต่อเดือนของครัวเรือน; $X \sim ?(\mu = ?, \sigma^2 = ?)$

μ เป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนประชากร

$\bar{X}$ เป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนตัวอย่าง ที่สุ่มมาขนาด $n = 75$

ได้ค่า $\bar{X} = 10,160$ ซึ่งเป็นค่าประมาณแบบเดี่ยวของ μ

เนื่องจาก n มีขนาดใหญ่ โดยอาศัย CLT จะได้ $\bar{X} \sim N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$

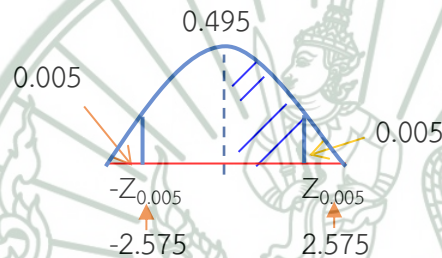
และจะประมาณ σ^2 ด้วย $S^2 = (1200)^2$

ช่วงความเชื่อมั่น 99% ของ μ

$$\begin{aligned}\bar{X} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} &< \mu < \bar{X} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} \\ 10160 - z_{0.005} \frac{1200}{\sqrt{75}} &< \mu < 10160 + z_{0.005} \frac{1200}{\sqrt{75}} \\ 10160 - (2.575) \frac{1200}{\sqrt{75}} &< \mu < 10160 + (2.575) \frac{1200}{\sqrt{75}} \\ 9,803.2 &< \mu < 10,516.8\end{aligned}$$

รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนในจังหวัดพะเยา มีค่าอยู่ระหว่าง 9,803.2 ถึง 10,516.8 บาท
ด้วยความเชื่อมั่น 99%

เปิดตาราง



พื้นที่ $0.5 - 0.005 = 0.495$ เปิดตาราง The Standard Normal Distribution
หาค่า Z พื้นที่ 0.495 ได้ค่า $Z = 2.575$

4.3.2 การประมาณค่าแบบช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของสองประชากร ($\mu_1 - \mu_2$)

การสร้างช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร ขึ้นอยู่กับว่าทราบค่าความแปรปรวนของสองประชากรหรือไม่ แบ่งเป็น 3 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2

ถ้าประชากร 2 ประชากร มีการแจกแจงแบบปกติ และ n_1, n_2 เป็นตัวอย่างสุ่มที่มีขนาดเท่าใดก็ได้ หรือ ถ้าประชากรไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

แต่ตัวอย่างสุ่ม $n_1, n_2 \geq 30$

$$\text{ใช้ตัวสถิติ } Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \sim N(0,1) \text{ ในการสร้างช่วงความเชื่อมั่น}$$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_1 - \mu_2$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} < (\mu_1 - \mu_2) < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

กรณีที่ 2 ไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2 และมีค่าไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)

เมื่อไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2 ของประชากรทั้ง 2 กลุ่ม จึงประมาณด้วย S_1^2, S_2^2 ที่คำนวณได้จากตัวอย่างสุ่ม (เมื่อไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2 จะทำการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของ 2 ประชากร ว่าเท่ากันหรือไม่ก่อน โดยใช้การทดสอบ F หรือการทดสอบ Levene)

กรณีที่ 2.1 ถ้า $n_1, n_2 < 30$

$$\text{ใช้ตัวสถิติ } T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim T_{(v)}$$

$$\text{โดยที่ } v = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{(S_1^2/n_1)^2}{n_1 - 1} + \frac{(S_2^2/n_2)^2}{n_2 - 1}}$$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_1 - \mu_2$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t_{\frac{\alpha}{2}, (v)} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} < (\mu_1 - \mu_2) < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t_{\frac{\alpha}{2}, (v)} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

กรณีที่ 2.2 ถ้า $n_1, n_2 \geq 30$

$$\text{ใช้ตัวสถิติ } Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim N(0,1)$$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_1 - \mu_2$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} < (\mu_1 - \mu_2) < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

กรณีที่ 3 ไม่ทราบค่า σ_1^2, σ_2^2 แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$

กรณีที่ 3.1 ถ้า $n_1, n_2 < 30$

ประมาณค่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ ด้วยค่าความแปรปรวนตัวอย่างรวม (Pooled sample variance) S_p^2

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

ใช้ตัวสถิติ $T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \sim T_{(v)} ; \text{ เมื่อ } v = n_1 + n_2 - 2$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_1 - \mu_2$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - t_{\frac{\alpha}{2}, (v)} \sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)} < (\mu_1 - \mu_2) < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + t_{\frac{\alpha}{2}, (v)} \sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

กรณีที่ 3.2 ถ้า $n_1, n_2 \geq 30$

เมื่อไม่ทราบ σ_1^2, σ_2^2 จึงประมาณด้วย S_1^2, S_2^2

ใช้ตัวสถิติ $Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim N(0,1)$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_1 - \mu_2$

$$(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}} < (\mu_1 - \mu_2) < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

4.3.3 ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร

กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน (μ_D)

เป็นตัวอย่างสุ่มที่เก็บรวบรวมมาในลักษณะเป็นคู่ ๆ และมีความสัมพันธ์กัน เช่น ต้องการทดสอบยา ชนิดหนึ่งว่ามีผลกระทบต่อความดันโลหิตหรือไม่ วิธีการเก็บข้อมูล คือ ทดลองยาชนิดนี้กับคนไข้ที่ป่วยเป็นโรคเดียวกัน โดยวัดความดันโลหิตคนไข้คนเดียวกันก่อนและหลังให้ยา ดังนั้นข้อมูลทั้งสองชุดที่เก็บมาได้จะมีความสัมพันธ์กัน

ใช้ตัวสถิติ $T = \frac{\bar{D} - \mu_D}{S_D / \sqrt{n}} \sim T_{(v)} ; \text{ เมื่อ } v = n - 1$

$$\text{โดยที่ } \bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

และ

$$S_D^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n D_i)^2}{n}}{n-1}$$

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ μ_D

$$\bar{D} - t_{\alpha/2, (n-1)} \frac{S_D}{\sqrt{n}} < \mu_D < \bar{D} + t_{\alpha/2, (n-1)} \frac{S_D}{\sqrt{n}} \quad ; \text{ ถ้า } n < 30$$

$$\bar{D} - z_{\alpha/2} \frac{S_D}{\sqrt{n}} < \mu_D < \bar{D} + z_{\alpha/2} \frac{S_D}{\sqrt{n}} \quad ; \text{ ถ้า } n \geq 30$$

4.3.4 ช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนของประชากร

ค่าสัดส่วนของตัวอย่าง $p = \frac{X}{n}$; เมื่อ n มีขนาดใหญ่ และอาศัยทฤษฎี CLT

จะได้ $p \sim N(p, \frac{pq}{n})$ และมีค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน $S.E. = \sqrt{\frac{pq}{n}}$

สามารถแปลง p ให้เป็น Z ได้ด้วยสูตร $Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{pq/n}} \sim N(0,1)$

เนื่องจาก $S.E. = \sqrt{\frac{pq}{n}}$ ไม่ทราบค่า p และ q จึงต้องประมาณด้วย p และ q

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ p

$$p - z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{pq}{n}} < p < p + z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

4.3.5 ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างสัดส่วนของสองประชากร

สุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระกัน ขนาด n_1 และ $n_2 \geq 30$ จากประชากร ซึ่งมีสัดส่วนของการเกิดความสำเร็จ p_1 และ p_2 มีค่าเฉลี่ย $n_1 p_1$ และ $n_2 p_2$ และความแปรปรวน $n_1 p_1 q_1$ และ $n_2 p_2 q_2$ ตามลำดับ เมื่อ $q_1 = 1 - p_1$ และ $q_2 = 1 - p_2$

ผลต่างสัดส่วนตัวอย่าง คือ $p_1 - p_2 \sim N\left(p_1 - p_2, \frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}\right)$

สามารถแปลง $p_1 - p_2$ ให้เป็น Z ด้วยสูตร $Z = \frac{(p_1 - p_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}} \sim N(0,1)$

เนื่องจาก ไม่ทราบค่า p_1 และ p_2 จึงต้องประมาณด้วย p_1 และ p_2

ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $p_1 - p_2$

$$(p_1 - p_2) - z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}} < (p_1 - p_2) < (p_1 - p_2) + z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p_1 q_1}{n_1} + \frac{p_2 q_2}{n_2}}$$

ในการบรรยายค่าประมาณแบบช่วง ได้ยกตัวอย่างการคำนวณประกอบเนื้อหาไว้เพียงการประมาณค่าแบบช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ย (ประชากร 1 กลุ่ม) เท่านั้น โดยในส่วนของ 1) ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยสองประชากร 2) ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยสองประชากร 3) ช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนประชากร (ประชากร 1 กลุ่ม) และ 4) ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างสัดส่วนของสองประชากร ในบทที่ 4 นี้ ได้นำเสนอเพียงสูตรการคำนวณเพื่อนำไปใช้ในแต่ละเงื่อนไขของการประมาณค่าแบบช่วงไว้ ทั้งนี้ ในลำดับต่อไปจะเป็นเนื้อหาการบรรยายในส่วนของการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งการประมาณค่าแบบช่วงกับการทดสอบสมมติฐานนั้นแม้จะใช้ภาษาแตกต่างกันบ้าง แต่ผลที่ได้จากการประมาณค่าแบบช่วงและการทดสอบสมมติฐานก็สามารถปรับไปสู่ซึ่งกันและกันได้ โดยผลที่ได้จะไม่แตกต่างกัน เพราะต่างก็อธิบายค่าพารามิเตอร์จากกลุ่มตัวอย่างด้วยกัน อีกทั้งในการทำวิจัยมักพบว่า มีการใช้สถิติอนุมานในการทดสอบสมมติฐานเพื่อหาข้อสรุปว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยเนื้อหาการคำนวณของแต่ละเงื่อนไขในรูปแบบการทดสอบสมมติฐานจะนำไปบรรยายเพิ่มเติมใน บทที่ 5 - 7

4.4 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

ในการทำวิจัยนั้น เรามักจะต้องหาข้อสรุปบางประการสำหรับประชากร โดยอาศัยความรู้เดิมจากการทบทวนเอกสารหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรืออาศัยการสังเกต สิ่งนี้เราเรียกว่า การตั้งสมมติฐาน (Hypothesis) เป็นเสมือนการกำหนดคำตอบของสิ่งที่เรากำลังศึกษาไว้ล่วงหน้า เป็นแหล่งเชื่อมโยงระหว่างปัญหาในหัวข้อวิจัยกับข้อเท็จจริงเชิงประจักษ์ที่จะตอบปัญหา เป็นแนวทางในการสำรวจปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำลังทำการสืบค้นข้อมูล และในสมมติฐานจะชี้ให้เห็นว่ามีตัวแปรอะไรที่เกี่ยวข้องบ้าง จะวัดตัวแปรนั้นอย่างไร ควรจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างไร เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าเป็นจริงตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ สมมติฐานที่ตั้งขึ้นนี้อาจจะเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงก็ได้ ดังนั้นนักวิจัยจึงจำเป็นต้องหาวิธีที่สามารถทดสอบความถูกต้องหรือโอกาสที่จะเป็นจริงของข้อสมมติฐานที่มีอยู่ วิธีนี้ก็คือ การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

4.4.1 ความหมาย และความสำคัญของสมมุติฐาน

ความหมายของ “สมมุติฐาน (Hypothesis)” ที่นำมาใช้ในการวิจัยนั้น หมายถึง ข้อความที่เป็นเสมือนคำตอบที่ผู้วิจัยคาดคะเนไว้เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่ได้จากความรู้หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มีรากฐานมาจากความจริง เป็นข้อความที่บ่งชี้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวหรือหลายตัวที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กันอยู่โดยวิธีหนึ่ง (Kerlinger 1973: 18) เป็นคำตอบที่ผู้วิจัยคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุผล อุปมาอุปไมยได้ว่าสมมุติฐานเป็นการมองสิ่งเก่าเพื่อคาดเดาส่สิ่งใหม่อย่างมีตรรกะ (สิน พันธุ์พินิจ 2551: 76) หรืออาจหมายถึงข้อความที่อธิบายเกี่ยวกับประชากร (Daniel, 1995: 202) จากหลาย ๆ ความหมายที่ได้กล่าวมา สรุปได้ว่าสมมุติฐานมีส่วนประกอบสำคัญ คือ 1) สมมุติฐานต้องเป็นข้อความกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2) สมมุติฐานจะต้องชัดเจน สามารถทดสอบความสัมพันธ์ได้ และเป็นการคาดคะเนคำตอบ 3) มีความเกี่ยวข้องกับประชากรเป้าหมาย หากข้อความขาดคุณสมบัติดังกล่าวก็ไม่ใช่สมมุติฐาน ตัวอย่างเช่น “ระดับการศึกษาของพนักงานบริษัทเอกชนในกรุงเทพฯ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับรายได้ (ผู้มีระดับการศึกษาสูงจะมีรายได้สูงด้วย)” เป็นการคาดคะเนว่าพนักงานบริษัทเอกชนในกรุงเทพฯ ที่มีระดับการศึกษาสูงจะมีรายได้สูงด้วย ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร คือ ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับรายได้ เป็นต้น

จากความหมายของสมมุติฐาน สรุปได้ว่า สมมุติฐาน เป็นข้อความที่คาดคะเนถึงคุณลักษณะบางประการของประชากรที่ต้องการศึกษาและสามารถทดสอบได้ จึงเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ทำให้การเก็บรวบรวมมาเพื่อทำการทดสอบ ข้อมูลถูกสุ่มมาจากประชากร (ตัวอย่าง) และถูกใช้เพื่ออ้างอิงค่าพารามิเตอร์ของประชากร ดังนั้น เมื่อมีการทดสอบสมมุติฐาน จะเป็นการทดสอบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าเป็นอย่างไรที่ได้คาดการณ์ไว้หรือไม่ สมมุติฐานของการวิจัยนั้น อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ หากได้รับการพิสูจน์ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ว่าเป็นความจริงหรือตรงกับข้อเท็จจริง สมมุติฐานนั้นจะกลายเป็นคำอธิบายที่ถูกต้อง

ความสำคัญของการทดสอบสมมุติฐาน

1) ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นปัญหาของการวิจัยได้ชัดเจน เช่น หัวข้อการวิจัยนั้นเกี่ยวข้องกับประชากรและกลุ่มตัวอย่างพร้อมทั้งตัวแปรใดบ้างมีลักษณะอย่างไร ถ้าไม่มีสมมุติฐานเป็นเครื่องชี้แนะ อาจเสียเวลาในการหาสาเหตุและการแก้ปัญหา การตั้งสมมุติฐานนั้น ต้องตรวจสอบอย่างถี่ถ้วนถึงข้อเท็จจริงสารสนเทศที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับปัญหา และการให้คำนิยามตัวแปรที่ศึกษาจะมีส่วนช่วยให้เห็นประเด็นของปัญหาที่ทำการวิจัยชัดเจนขึ้นมีความเข้าใจตัวแปรที่ศึกษามากขึ้น เพราะในการตั้งสมมุติฐานเป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะและธรรมชาติของตัวแปรให้เข้าใจอย่างถ่องแท้สามารถมองเห็นภาพของข้อมูลต่าง ๆ และความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะนำมาทดสอบสมมุติฐานนั้น

2) สมมุติฐานทำให้สามารถจำกัดขอบเขตของการวิจัยได้ กล่าวคือ ผู้วิจัยจะทำวิจัยในขอบเขตที่ตั้งสมมุติฐานไว้เท่านั้น ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่จำเป็นในการแก้ไขปัญหาจะไม่เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ แต่ถ้ามมีการตั้งสมมุติฐานแล้ว จะทำให้ผู้วิจัยแน่ใจว่าควรรวบรวมข้อมูลหรือข้อเท็จจริงอะไรมาอย่างน้อยแค่ไหนจึงจะเพียงพอที่จะทดสอบผลที่ตามมาได้ครบถ้วน เพราะหากรวบรวมข้อมูลมาจำนวนมากโดยปราศจากจุดหมายนั้น

เป็นการกระทำที่ไร้ประโยชน์เพราะข้อมูลเหล่านั้น จะให้เหตุผลที่เป็นไปได้หลากหลายแตกต่างกันจนไม่สามารถจะสรุปเป็นข้อยุติที่ชัดเจนได้

3) สมมติฐานเป็นตัวช่วยการออกแบบการวิจัย สมมติฐานที่ดีจะชี้แนวทางว่ารูปแบบการวิจัยควรจะเป็นเช่นไรจึงจะเหมาะสมกับการแก้ไขปัญาเฉพาะที่ต้องการทราบ บอกถึงกลุ่มตัวอย่าง บอกถึงเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ บอกถึงวิธีการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสม ทำให้ในงานวิจัยนั้นสามารถหาเครื่องมือในการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างถูกต้องและมีคุณภาพ

4) สมมติฐานช่วยกำหนดขอบเขตของข้อยุติ กล่าวคือ ถ้าไม่มีสมมติฐานที่เป็นการทำนายไว้ล่วงหน้าข้อเท็จจริงที่เก็บรวบรวมมาก็ไม่มีโอกาสที่จะได้รับการยอมรับหรือปฏิเสธเพื่อหาข้อยุติ ดังนั้นสมมติฐานจึงให้ขอบเขตในการตีความข้อค้นพบเพื่อจะยืนยันให้ได้ข้อยุติ

5) สมมติฐานสามารถชี้แนวทางในการแปลผลงานวิจัยและสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้การสรุปผลงานวิจัยนั้นมักจะใช้สมมติฐานเป็นหลัก เช่น “ผลที่ได้จากการวิจัยมีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เพียงใด” ทำให้การแปลผลและสรุปผลได้สะดวกยิ่งขึ้น

4.4.2 ที่มาของสมมติฐานการวิจัย

- 1) จากการทบทวนวรรณกรรม จากแนวคิด ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) จากความเชื่อประสบการณ์ การทำงาน จากหลักความจริงที่ค้นทั่วไปในสังคมยอมรับ และความรู้ความสามารถความเชี่ยวชาญในประเด็นนั้น ๆ ของผู้วิจัย
- 3) จากการสังเกตเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น รวมถึงสังเกตพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น วิเคราะห์แนวโน้มที่จะเกิดพฤติกรรมตามที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในเบื้องต้น เช่น ค้นคว้าจากเอกสาร บทความ รายงาน เป็นต้น
- 4) การศึกษาเปรียบเทียบความเป็นจริงที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือความเป็นจริงที่เป็นข้อค้นพบจากที่มีผู้เคยทำวิจัยไว้แล้ว สามารถนำมาเป็นแนวทางตั้งสมมติฐานได้

4.4.3 ประเภทของสมมติฐาน

ในการทำวิจัยมักจะกำหนดสมมติฐานควบคู่กับวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อให้เห็นแนวทางการดำเนินการวิจัยได้ชัดเจน ทั้งนี้ในการวิจัยเชิงปริมาณจำเป็นต้องมีการตั้งสมมติฐาน แต่การวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การวิจัยเชิงประวัติศาสตร์ ปรัชญา ศาสนา โบราณคดี หรือการวิจัยเชิงสำรวจ เป็นต้น งานวิจัยเหล่านี้ อาจไม่จำเป็นต้องมีการตั้งสมมติฐานเพราะสามารถใช้ “คำถามการวิจัย” เป็นกรอบและทิศทางในการหาคำตอบได้ (สิน พันธุ์พินิจ 2551: 74) จากความหมายของสมมติฐานดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.2.1.1 นั้น จะสังเกตเห็นได้ว่า ผู้ให้ความหมายได้ให้ความหมายของสมมติฐานการวิจัยไว้ใน 2 ลักษณะ คือ 1) สมมติฐานทางการวิจัย 2) สมมติฐานทางสถิติ ดังนั้น สมมติฐานที่ใช้ในการวิจัยจำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

4.4.3.1 สมมติฐานทางการวิจัย (Research Hypothesis)

สมมติฐานทางการวิจัย มีการให้ความหมายว่า เป็นข้อความที่เขียนขึ้นในลักษณะบรรยาย หรือคาดคะเนถึงสาเหตุ ความสัมพันธ์ หรือวิธีแก้ปัญหาที่น่าจะเป็นไปได้ของประเด็นปัญหาการวิจัย ถ้าประเด็นปัญหาการวิจัยเป็นข้อความที่ถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม การเขียนสมมติฐานการวิจัยก็จะเป็นข้อความที่คาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม (Vockell, 1983: 255) ทุกข้อความที่ใช้ในการกำหนดสมมติฐานประเภทนี้ จะต้องนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Definition) เพื่อให้ผู้วิจัยและผู้อ่านเข้าใจตรงกัน

รูปแบบการเขียนของสมมติฐานการวิจัย มีการเขียนอยู่ 2 รูปแบบ คือ 1) แบบพรรณนา 2) แบบวิเคราะห์ (เปรียบเทียบความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร)

ตัวอย่าง การเขียนรูปแบบพรรณนา

- “มีการใช้จ่ายค่าน้ำประปาในครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร”

ในทางปฏิบัติมักไม่นิยมเขียนสมมติฐานแบบพรรณนา

ตัวอย่าง การเขียนรูปแบบวิเคราะห์

เปรียบเทียบความแตกต่าง เช่น

- สตรีที่จบการศึกษาสูง จะมีสัดส่วนการแต่งงานน้อยกว่าสตรีที่จบการศึกษาต่ำกว่า

ทดสอบความสัมพันธ์ เช่น

- รายได้ ระดับการศึกษา และความคาดหวังในการทำงาน มีความสัมพันธ์ต่อ

ประสิทธิภาพในการทำงานของข้าราชการ

ทั้งนี้ สมมติฐานทางการวิจัยสามารถจำแนกย่อยออกเป็น 2 ชนิด คือ

ก) สมมติฐานทางการวิจัยแบบมีทิศทาง (Directional hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนในรูปข้อความที่อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะระบุทิศทางความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือระบุทิศทางความแตกต่างของตัวแปร มักจะบอกทิศทางในลักษณะมากกว่า น้อยกว่า สูงกว่า ต่ำกว่า เป็นต้น โดยการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง จะเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบหางเดียว (One-tailed-test)

ตัวอย่าง การเขียนสมมติฐานทางการวิจัยแบบมีทิศทาง และเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบหางเดียว (One-tailed-test)

- เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงมีรายได้สูงกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า

- อายุมีความสัมพันธ์ทางบวกกับประสิทธิภาพของงาน

- ความเครียดมีความสัมพันธ์ทางลบกับสมาธิในการทำงาน

- เพศหญิงมีสัดส่วนการเรียนต่อในระดับปริญญาโทสูงกว่าเพศชาย

ข) สมมติฐานทางการวิจัยแบบไม่มีทิศทาง (Non-Directional hypothesis) สมมติฐานแบบไม่มีทิศทาง เป็นสมมติฐานที่เขียนในรูปข้อความที่อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะไม่ได้ระบุทิศทางความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือไม่ได้ระบุทิศทางความแตกต่างของตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยอาจไม่มีข้อมูลหรือไม่มี

เหตุผลมากพอ หรือไม่แน่ใจว่าจะไว้มากกว่า น้อยกว่า ดีกว่า เป็นต้น จึงตั้งสมมติฐานแบบกลาง ๆ ไว้ว่า ของ 2 สิ่ง ไม่เท่ากันหรือแตกต่างกัน เมื่อทำการทดสอบสมมติฐาน จึงเป็นการทดสอบแบบ 2 ทาง (Two-tailed test)

ตัวอย่าง การเขียนสมมติฐานทางการวิจัยแบบไม่มีทิศทาง และเป็นการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ทาง (Two-tailed test)

- ตำแหน่งงานมีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตการทำงาน
- ผู้บริโภคที่มีลักษณะประชากรศาสตร์ประกอบด้วย เพศ อายุ อาชีพ ระดับรายได้ ต่อเดือน ระดับการศึกษาแตกต่างกัน มีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคแตกต่างกัน
- อาชีพแพทย์กับอาชีพทนายความมีรายได้ไม่เท่ากัน
- เพศหญิงและเพศชายมีส่วนการเรียนรู้ต่อในระดับปริญญาโทแตกต่างกัน

โดยสรุป สมมติฐานทางการวิจัยเป็นการเขียนข้อความที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวหรือมากกว่า หรือเขียนในรูปข้อความที่คาดคะเนคำตอบผลการวิจัย เพื่อเป็นแนวทางค้นหาคำตอบประเด็นปัญหาการวิจัย และเป็นการค้นหาข้อสรุปทั่วไป (Generalization) ของผลการวิจัย ดังนั้น สมมติฐานการวิจัยจึงเป็นตัวชี้แนะโดยตรงในการกำหนดสมมติฐานทางสถิติ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2546: 101)

จะเห็นได้ว่าสมมติฐานทางการวิจัยจะไม่สามารถทดสอบด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนั้น การทดสอบสมมติฐาน จึงต้องปรับสมมติฐานการวิจัยให้สอดคล้องกับสมมติฐานทางสถิติก่อนนำไปทดสอบ

4.4.3.2 สมมติฐานทางสถิติ (Statistical Hypothesis)

สมมติฐานทางสถิติ เป็นสมมติฐานที่กำหนดให้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย โดยเขียนสมมติฐานให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) เป็นสัญลักษณ์แทนคุณลักษณะประชากรที่เป็นเป้าหมายของการศึกษา และแสดงเชิงคาดคะเนค่าพารามิเตอร์ เพื่อนำไปทดสอบยืนยันสมมติฐานการวิจัยจากข้อมูลเชิงประจักษ์ที่เก็บมาจากกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางสถิติ

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ สัญลักษณ์แทนคุณลักษณะประชากร

ค่าพารามิเตอร์	สัญลักษณ์แทนคุณลักษณะประชากร
μ	ค่าเฉลี่ยของประชากร
σ	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร
σ^2	ค่าความแปรปรวนของประชากร
ρ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร
π	ค่าสัดส่วนของประชากร

จึงพอจะสรุปได้ว่า สมมติฐานทางสถิติจะเป็นข้อความตัวเลขที่เสนอในเชิงคาดเดาหรือคาดคะเนค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นคุณลักษณะของประชากรเป้าหมายที่ต้องการศึกษา ดังนั้น สมมติฐานทางการวิจัยและสมมติฐานทางสถิติจึงเกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน โดยสมมติฐานทางการวิจัยจะเป็นตัวชี้้นำในการตั้งสมมติฐานทางสถิติ และสมมติฐานทางสถิติจะเป็นตัวชี้้นำในการสรุปผลการวิจัย

4.4.3.3 สมมติฐานทางสถิติจำแนกโดยยี่ดวิธีการตั้งสมมติฐานได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) สมมติฐานหลัก หรือสมมติฐานเพื่อการทดสอบ (Null Hypothesis: H_0) เขียนเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือไม่มีความแตกต่างกัน สัญลักษณ์ที่ใช้คือ H_0 เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อการทดสอบทางสถิติ ข้อความที่เขียนจะสื่อถึงความเท่ากัน ($=$), มากกว่าหรือเท่ากับ ($\geq$), น้อยกว่าหรือเท่ากับ ($\leq$) เช่น $H_0: \mu = 150$, $H_0: \mu \geq 150$, $\mu \leq 150$ เป็นต้น โดย H_0 สามารถเขียน $=$, $\geq$, $\leq$ ได้ แต่นิยมละไว้โดยเขียน $=$ แทนทุกกรณีได้

2) สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis: H_A หรือ H_1) จะกำหนดให้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย และมีความหมายตรงข้ามกับสมมติฐานหลัก เขียนเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะมีความสัมพันธ์กัน มีความสัมพันธ์ทางบวก/มีความสัมพันธ์ทางลบ หรือมีความแตกต่างกัน มากกว่า/น้อยกว่า สมมติฐานทางเลือกเป็นสมมติฐานที่ผู้วิจัยต้องการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ ในการระบุสมมติฐานทางเลือกนั้น ต้องมีเหตุผลเชิงวิชาการสนับสนุนที่เพียงพอ มีการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีความกระจ่างเกี่ยวกับกรอบทฤษฎีของตัวแปรที่ศึกษา สัญลักษณ์ที่ใช้แทนสมมติฐานทางเลือก คือ H_A หรือ H_1 โดยสมมติฐานทางเลือกจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1) สมมติฐานทางเลือกแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional Alternative Hypothesis) ในลักษณะนี้จะตั้งว่า แตกต่างกัน หรือไม่เท่ากัน ($\neq$) การตั้งลักษณะนี้เป็นการตั้งให้ตรงกันข้ามกับสมมติฐานหลักที่ (H_0) เขียนว่าเท่ากัน ($=$) การเขียนสมมติฐานไม่ต้องมีแนวความคิด ทฤษฎี หรือ ผลงานการวิจัย ในอดีตมาสนับสนุน เช่น $H_1: \mu \neq 150$ หรือ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

2.2) สมมติฐานทางเลือกแบบมีทิศทาง (directional Alternative Hypothesis) การเขียนสมมติฐานต้องอาศัยแนวคิด ทฤษฎี และผลการวิจัยในอดีตที่มีความชัดเจนแล้ว เขียนให้ตรงข้ามกับสมมติฐาน H_0 ที่เขียนว่า มากกว่าหรือเท่ากับ ($\geq$) และน้อยกว่าหรือเท่ากับ ($\leq$) โดยจะตั้ง H_1 ว่า มากกว่า ($>$) หรือน้อยกว่า ($<$) เช่น $\mu > 150$ หรือ $\mu < 150$ หรือ $\mu_1 - \mu_2 > 150$ เป็นต้น

ในการตั้งสมมติฐานให้ถูกต้องและสะดวกในการนำไปทดสอบทางสถิติ ควรเปลี่ยนข้อความในสมมติฐานการวิจัยให้เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในสมมติฐานทางสถิติก่อน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้อความในสมมติฐานการวิจัยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในสมมติฐานทางสถิติ

ข้อความในสมมติฐานทางการวิจัย		สัญลักษณ์ในสมมติฐานทางสถิติ
H_0	H_1	
1. เท่ากัน	1. ไม่เท่ากัน	H_0 ใช้สัญลักษณ์ = H_1 ใช้สัญลักษณ์ $\neq$
2. เหมือนกัน	2. ไม่เหมือนกัน	
3. ไม่แตกต่างกัน	3. แตกต่างกัน	
4. ไม่เปลี่ยนแปลง	4. เปลี่ยนแปลงไป	
1. มากกว่าหรือเท่ากับ	1. น้อยกว่า	H_0 ใช้สัญลักษณ์ =, $\geq$ H_1 ใช้สัญลักษณ์ <
2. ไม่น้อยกว่า	2. ต่ำกว่า	
3. อย่างน้อย	3. เล็กกว่า	
	4. สั้นกว่า	
	5. ลดลง	
1. น้อยกว่าหรือเท่ากับ	1. มากกว่า	H_0 ใช้สัญลักษณ์ =, $\leq$ H_1 ใช้สัญลักษณ์ >
2. ไม่มากกว่า	2. สูงกว่า	
3. อย่างมาก	3. ใหญ่กว่า	
	4. นานกว่า	
	5. ดีขึ้น	

หมายเหตุ : H_0 สามารถเขียน =, $\geq$, $\leq$ ได้ แต่นิยมละไว้โดยเขียน = แทนทุกกรณีได้

4.4.4 หลักเกณฑ์การตั้งสมมติฐาน

การตั้งสมมติฐานต้องประกอบด้วย สมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ที่มีความหมายตรงกันข้ามกันเสมอ และในการทดสอบสมมติฐานนั้น ผลของการทดสอบมีอยู่ 2 ประเด็น คือ ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) หรือยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) เท่านั้น ดังนั้นการตั้งสมมติฐานทั้งสองประเภทต้องมีหลักเกณฑ์ที่ถูกต้อง เพื่อผลการทดสอบที่เชื่อถือได้ หลักเกณฑ์ในการตั้งสมมติฐานมีดังนี้ (Daniel, 1995: 204)

1) ค่าพารามิเตอร์ที่คาดหวังว่าจะเป็นข้อสรุปของผลการทดสอบให้เสนอไว้เป็นสมมติฐานทางเลือก (H_1)

2) สมมติฐานหลัก (H_0) จะต้องตั้งว่า เท่ากัน (=), มากกว่าหรือเท่ากับ ($\geq$), น้อยกว่าหรือเท่ากับ ($\leq$) อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

3) สมมติฐานหลัก (H_0) เป็นสมมติฐานที่ตั้งไว้สำหรับการทดสอบ

4) สมมติฐานหลัก (H_0) กับ สมมติฐานทางเลือก (H_1) ต้องอาศัยซึ่งกันและกัน แต่ในการตั้งจะต้องแยกจากกันเด็ดขาด ซ้ำซ้อนกันไม่ได้ โดย H_0 และ H_1 เมื่อรวมกันแล้วจะเป็นโอกาสทั้งหมดของ

ค่าพารามิเตอร์ที่จะเป็นไปได้ หรือมีหลักเกณฑ์ในการตั้งสมมติฐานได้อีกอย่างดังนี้ (กัลยา วาณิชขันธ์, 2549: 97) (1) ถ้าสิ่งที่คาดการณ์ไว้มีเครื่องหมายเท่ากับอยู่ด้วย ให้กำหนดไว้ในสมมติฐานหลัก (H_0) และให้กำหนดสมมติฐานทางเลือก (H_1) ให้มีความหมายที่ตรงกันข้ามกับสมมติฐานหลัก (H_0) เสมอ และ (2) ถ้าสิ่งที่คาดไว้ไม่มีเครื่องหมายเท่ากับ (=) เช่น มีเครื่องหมาย มากกว่า (>) เครื่องหมายน้อยกว่า (<) หรือเครื่องหมายไม่เท่ากับ ($\neq$) ให้กำหนดไว้ใน H_1 และเครื่องหมายใน H_0 จะตรงกันข้าม

4.4.5 ระดับนัยสำคัญ (α)

ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance: α) หมายถึงความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานสมมติฐาน H_0 ที่แท้จริง หรือความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I error) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับความมีนัยสำคัญคือ α การที่ผู้วิจัยจะระบุระดับนัยสำคัญหรือ α ที่ระดับ .001 .01 หรือ .05 นั้น ขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ทดสอบหรือปัญหาการวิจัยที่ศึกษา หากเป็นงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงพรรณนาหรือเชิงบรรยาย การระบุระดับนัยสำคัญของสมมติฐานที่ทดสอบ โดยทั่วไปจะระบุที่ระดับ .05 และ .01 ส่วนใหญ่นิยมระบุระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05 มากกว่า .01 แต่หากเป็นงานวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งเป็นปัญหาการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์และใช้แบบแผนการวิจัยแบบทดลองที่แท้จริง ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่จำเป็นต้องควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนอย่างเคร่งครัด ในกรณีนี้การระบุระดับนัยสำคัญของสมมติฐานที่ทดสอบจำเป็นต้องระบุที่ระดับสูง ๆ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 ในขณะเดียวกันก็ควรต้องลดความคลาดเคลื่อนแบบที่ 2 ด้วย และต้องศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเหมาะสมรวมถึงอาจต้องทำวิจัยซ้ำและศึกษาจากตัวอย่างกลุ่มใหม่ จนกว่าจะมั่นใจในผลการวิจัยที่ค้นพบว่าเป็นการวิจัยที่น่าเชื่อถือสูงมากหรือมีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ซึ่งเมื่อนำผลการวิจัยมาใช้กับมนุษย์โอกาสน้อยมากที่ผลการวิจัยจะผิดพลาดจนเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์

ในการทดสอบสมมติฐานนั้นเราต้องกำหนดค่า α ไว้ล่วงหน้าเพราะถ้ากำหนดค่า α ในระหว่างทำการทดสอบแล้วอาจทำให้การสรุปผลเกิดความเอนเอียง (Bias) ได้ ผลลัพธ์ที่ได้ในการทดสอบสมมติฐานมีโอกาสผิดพลาดจากความเป็นจริงได้ ข้อผิดพลาดจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับวิธีการทดสอบสมมติฐาน (สรชัย พิศาลบุตร, 2546: 147) และเนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ถูกรวบรวมมาจากกลุ่มตัวอย่าง แล้วใช้ผลลัพธ์อ้างอิงถึงประชากร ดังนั้นถ้าในขั้นตอนการเลือกกลุ่มตัวอย่างได้ตัวแทนที่ไม่ดีย่อมส่งผลให้การสรุปผลอ้างอิงถึงกลุ่มประชากรเกิดความผิดพลาดได้ ผลการทดสอบอาจจะไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นความจริง หรืออาจยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) แต่สมมติฐานหลักไม่เป็นความจริง ซึ่งในหลักการแล้วสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) อาจจะเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงก็ได้ นักวิจัยไม่อาจทราบได้แน่นอน ฉะนั้น เมื่อตัดสินใจในการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานหลัก (H_0) จึงเกิดความผิดพลาด (Error) ขึ้น 2 ประเภท คือ

4.4.5.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error)

ความผิดพลาดประเภทนี้ใช้สัญลักษณ์ α (Alpha: แอลฟา) เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ทั้งที่สมมติฐานหลัก (H_0) เป็นจริง โดย α คือ ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) หมายถึง ความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ที่แท้จริง และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) ที่ไม่เป็นจริงหรือไม่ถูกต้อง เรียกว่า ระดับความมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการกำหนดความคลาดเคลื่อน หรือความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการทดสอบสมมติฐาน เช่น ถ้ากำหนดระดับนัยสำคัญเป็น 0.05 หมายความว่า ยอมรับให้เกิดโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เพียง 5% ซึ่งแสดงถึงการให้โอกาสในการยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ที่ 95% ในการทดสอบสมมติฐาน จะเลือกควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ให้เกิดขึ้นได้ในระดับที่ยอมรับได้ ในที่นี้ คือ ระดับนัยสำคัญ หรือ α (มนตรี สังข์ทอง, 2557: 262)

4.4.5.2 ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II Error)

ความผิดพลาดประเภทนี้ใช้สัญลักษณ์ β (Beta: เบต้า) เป็นข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) ทั้งที่สมมติฐานหลัก (H_0) ไม่เป็นจริง และค่า $(1 - \beta)$ คือ อำนาจการทดสอบ (Power of test) หรือเรียกว่า Power หมายถึง ความน่าจะเป็นของระดับความมั่นใจว่าตัดสินใจถูกต้องในการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อ สมมติฐานหลัก (H_0) ไม่เป็นจริง

การสรุปผลการทดสอบสมมติฐานจะเกิดความผิดพลาดหรือไม่เกิดความผิดพลาดขึ้นอยู่กับข้อเท็จจริงที่เกี่ยวกับสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบ	H_0 เป็นจริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ปฏิเสธ H_0 มีนัยสำคัญทางสถิติ	Type I Error (α) ความผิดพลาดประเภทที่ 1	Power of test ($1 - \beta$) ตัดสินใจถูกต้อง
ยอมรับ H_0 ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ	Level of Confident ($1 - \alpha$) ตัดสินใจถูกต้อง	Type II Error (β) ความผิดพลาดประเภทที่ 2

4.5 ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน ในที่นี้จะเริ่มจากได้ข้อมูลและทราบเงื่อนไขหรือข้อตกลงเบื้องต้นแล้ว เนื่องจากข้อมูลที่ต้องใช้ในงานวิจัยได้เก็บมาพร้อมแล้ว โดยปกติจะต้องพิจารณาข้อมูลก่อนเก็บรวบรวมข้อมูลว่าข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวนเท่าใด มีจำนวนมากเพียงพอหรือไม่ มีลักษณะอย่างไร เป็นข้อมูลมาตรวัดนามบัญญัติ เรียงอันดับ เป็นช่วงหรืออัตราส่วน ข้อมูลได้มาอย่างไร สุ่มหรือเลือกมา ข้อมูลมีการกระจายอย่างไร มีการกระจายแบบโค้งปกติหรือไม่ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นเงื่อนไขหรือข้อตกลงของการใช้สถิติทดสอบ

ซึ่งจะไม่นำมารวมเป็นขั้นตอนในการทดสอบ แต่จะนำไปอธิบายเพิ่มเติมเมื่อต้องใช้สถิติตัวนั้นๆ ในการทดสอบสมมติฐานในบทเรียนถัดไป

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมีขั้นตอนที่ควรจะทำตามลำดับต่อไปนี้

- 1) กำหนดสมมติฐานทางสถิติ
- 2) กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ
- 3) เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม
- 4) สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ
- 5) คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง
- 6) ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน
- 7) สรุปผล

ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดพอจะสรุปได้ดังนี้ (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2551: 111-125)

4.5.1 การกำหนดสมมติฐานทางสถิติ

เป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดไว้ใน 2 รูปแบบคู่กันเสมอ คือ

- สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ (H_0)
- สมมติฐานทางเลือก (Alternative Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ (H_1)

ที่มาของสมมติฐานทางสถิติต้องอาศัยสมมติฐานการวิจัยเป็นแนวทางสู่การตั้งสมมติฐานทางสถิติ ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แนวทางการตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานการวิจัย	สมมติฐานทางสถิติ
ก. คนไทยมีอายุขัยโดยเฉลี่ย 60 ปี	$H_0 : \mu = 60$ $H_1 : \mu \neq 60$
ข. คนกรุงเทพฯ มีรถยนต์ส่วนตัวประมาณ 70%	$H_0 : \pi = 0.70$ $H_1 : \pi \neq 0.70$
ค. ตำแหน่งงานมีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตการทำงาน	$H_0 : \rho = 0$ $H_1 : \rho \neq 0$
ง. ผู้บริหารที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอก มีความสามารถด้านการบริหารแตกต่างกัน	$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ $H_1 : \text{มี } \mu \text{ อย่างน้อย 1 คู่}$
จ. ค่าอาหารต่อวันของคนทำงานในกรุงเทพฯ ไม่ต่ำกว่า 200 บาทต่อคน	$H_0 : \mu = 200$ $H_1 : \mu < 200$

สมมติฐานการวิจัย	สมมติฐานทางสถิติ
ฉ. อายุมีความสัมพันธ์ทางลบกับภาวะสุขภาพ	$H_0 : \rho = 0$ $H_1 : \rho < 0$
ฌ. คนโสดอายุจะสั้นกว่าคนไม่โสด	$H_0 : \mu_{\text{โสด}} = \mu_{\text{ไม่โสด}}$ $H_1 : \mu_{\text{โสด}} < \mu_{\text{ไม่โสด}}$
ญ. รายได้ของผู้หญิงมีการกระจายน้อยกว่ารายได้ของผู้ชาย	$H_0 : \sigma_{\text{หญิง}} = \sigma_{\text{ชาย}}$ $H_1 : \sigma_{\text{หญิง}} < \sigma_{\text{ชาย}}$

จากตัวอย่างในตารางจะพบว่า การกำหนดสมมติฐานหลักทางสถิติ H_0 โดยอาศัยสมมติฐานทางการวิจัยเป็นแนวทางนั้น บางกรณีสามารถใช้สมมติฐานการวิจัยมากำหนดสมมติฐานหลัก H_0 ได้เลย (ข้อ ก ข้อ ข และข้อ จ) แต่ในบางกรณีต้องกำหนดในความหมายตรงกันข้าม (ข้อ ค ข้อ ง และข้อ ฉ - ญ) ทั้งนี้ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.2.3.2 ว่า สมมติฐานหลัก H_0 เขียนเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือไม่มีความแตกต่างกัน ข้อความที่เขียนจะสื่อถึงความเท่ากัน (=), มากกว่าหรือเท่ากับ ($\geq$), น้อยกว่าหรือเท่ากับ ($\leq$) เสมอ

สมมติฐานการวิจัยนั้น จะขึ้นอยู่กับผู้วิจัยซึ่งอาจจะกำหนดอย่างไรก็ได้ แม้แต่ในเรื่องเดียวกัน ผู้วิจัยแต่ละคนอาจกำหนดสมมติฐานการวิจัยที่แตกต่างกัน

4.5.2 การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เป็นการกำหนดเกณฑ์ที่มีผลต่อการยอมรับ (Accept) หรือปฏิเสธ (Reject) สมมติฐานทางสถิติ โดยจะใช้สมมติฐานหลัก (H_0) เป็นตัวทดสอบเสมอ สมมติว่าผู้วิจัยตั้งสมมติฐานหลักทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าอาหารต่อวันของคนทำงานในกรุงเทพฯ ตกวันละ 200 บาทต่อคน

หรือ $H_0 : \mu = 200$

ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่กำหนดนี้ จะใช้ข้อมูลจากตัวอย่างมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง : Sample Mean) คือ $\bar{x}$ โดยในการทดสอบจะพิจารณาว่า ถ้าค่าของ $\bar{x}$ ต่างจาก 200 มาก ควรจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ที่ว่า $\mu = 200$ แต่ถ้าค่าของ $\bar{x}$ ต่างจาก 200 ไม่มากนัก เราควรจะยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือในการจะยอมรับสมมติฐาน H_0 ที่ว่า $\mu = 200$ นั้น ไม่จำเป็นต้องคำนวณค่า $\bar{x}$ ให้ได้เท่ากับ 200 เพียงแต่มีค่าใกล้เคียง 200 หรือต่างจาก 200 ไม่มาก แต่ปัญหาอยู่ที่ว่า ต้องได้ค่าเท่าใดที่ถือว่าไม่ใกล้เคียงหรือต่างจาก 200 มาก ซึ่งแต่ละคนย่อมมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ดังนั้น ก่อนที่จะทำการทดสอบสมมติฐานจึงต้องกำหนดค่าความแตกต่างที่จะยอมรับได้ก่อน เรียกว่า “เกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ” ซึ่งมีข้อที่ควรพิจารณา 3 ประการ คือ 1) เกณฑ์ทั่ว ๆ ไป 2) เกณฑ์สถิติ และ 3) เกณฑ์ที่เหมาะสม โดยแต่ละข้อมีรายละเอียดดังนี้

1) เกณฑ์ทั่ว ๆ ไป

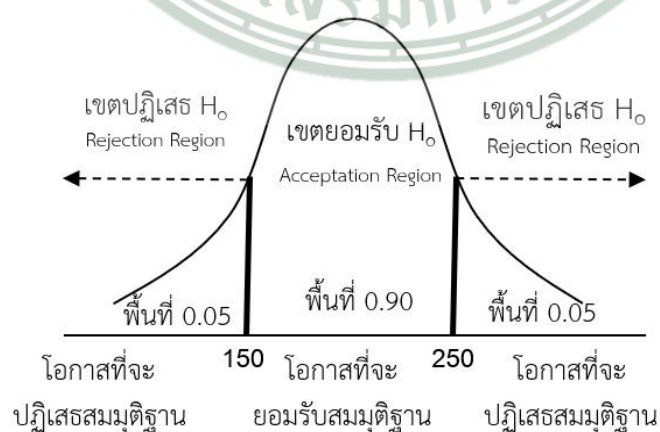
สมมติผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การทดสอบสมมติฐานสำหรับ $H_0: \mu = 200$ ไว้ว่าถ้า $\bar{x}$ ที่ได้จากตัวอย่างแตกต่างจาก 200 เกิน 50 บาท ถือว่าแตกต่างกันมาก และผู้ทดสอบจะค้องปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 และจะยอมรับสมมติฐาน H_0 ถ้า $\bar{x}$ แตกต่างจาก 200 ไม่เกิน 50 บาท ซึ่งจะถือว่าแตกต่างกันไม่มาก หรือถือว่ามีค่าใกล้เคียง 200 ดังภาพที่ 4.2

เขตปฏิเสธ H_0	เขตยอมรับ H_0	เขตปฏิเสธ H_0
Rejection Region	Acceptation Region	Rejection Region
150	200	250

ภาพที่ 4.2 การใช้เกณฑ์ทั่วไปสำหรับการทดสอบสมมติฐานหลัก H_0

2) เกณฑ์สถิติ

จากตัวอย่างที่ผ่านมาการกำหนดเกณฑ์ที่เป็นค่าตัวเลข 50 อาจเกิดปัญหาถกเถียงว่าค่านี้เหมาะสมหรือยัง ซึ่งนักวิจัยบางท่านอาจถือว่าการกำหนดเกณฑ์ที่กว้างหรือสูงมากเกินไป ทำให้โอกาสได้ข้อมูลจากตัวอย่างที่ต่างจาก 200 มีน้อยมาก นั่นคือ มีแนวโน้มที่จะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 สูง แต่หากสมมติว่าค่าของ 200 มีหน่วยเป็นพันล้านบาท เกณฑ์ 50 บาท จะถือว่าน้อยเกินไป ดังนั้น เพื่อให้เกณฑ์ที่กำหนดถือเป็นมาตรฐานใช้ได้กับข้อมูลทุกหน่วย จึงมีการกำหนดเกณฑ์ในรูปร้อยละหรือสัดส่วน ซึ่งเราทราบว่าค่าสูงสุด เป็น 100 หรือ 1 โดยอาศัยทฤษฎีของความน่าจะเป็น (Probability) ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ว่า ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิด $\bar{x}$ เป็น 1 (นิยมเขียนในรูปกราฟ และพิจารณาพื้นที่ใต้กราฟว่าพื้นที่ทั้งหมดเป็น 1) ดังภาพที่ 4.3

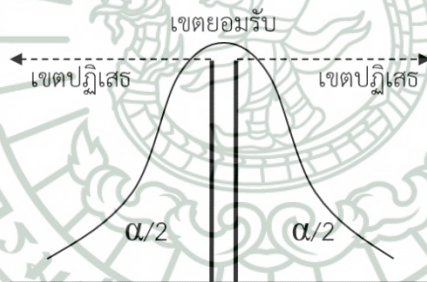


ภาพที่ 4.3 การใช้เกณฑ์สถิติสำหรับการทดสอบสมมติฐานหลัก H_0

จากภาพที่ 4.3 เมื่อกำหนดเกณฑ์การทดสอบในรูปของโอกาส พิจารณาจากกราฟ ถ้าคำนวณพื้นที่ตั้งแต่ปลายโค้งถึงจุด 150 และพื้นที่ตั้งแต่จุด 250 ถึงปลายโค้ง สมมติว่าพื้นที่แต่ละด้านคำนวณได้เท่ากับ 0.05 นั่นคือพื้นที่ที่จะปฏิเสธสมมติฐานรวมทั้งหมดเท่ากับ 0.10 (มีโอกาสปฏิเสธ 10%) จากพื้นที่รวมทั้งหมด 1 (หรือ 100%) ซึ่งพื้นที่ที่ปฏิเสธสมมติฐานสมมติฐานนี้จะเรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (Level of Significance) โดยจะแทนด้วยสัญลักษณ์ α (Alpha) โดยระดับนัยสำคัญนี้มีความหมายในทางสถิติว่า ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) เมื่อกำหนดเกณฑ์ในการทดสอบในรูปสัญลักษณ์ α เมื่อ $\alpha = 0.10$ แสดงว่าผู้วิจัยยอมให้มีโอกาสปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 เท่ากับ 10% นั่นคือให้โอกาสยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 เท่ากับ 90% จึงเห็นได้ว่าการกำหนดเกณฑ์เช่นนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลทุกประเภทไม่ว่าจะมีหน่วยอย่างไร

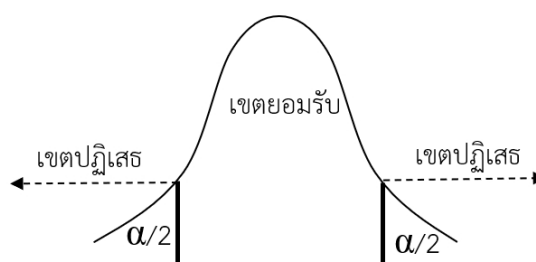
3) เกณฑ์ที่เหมาะสม

การกำหนดเกณฑ์ในการทดสอบ คือ α หรือระดับนัยสำคัญในรูปของร้อยละหรือสัดส่วนนั้น ก็จะเป็นปัญหาของนักวิจัยว่า ควรกำหนดค่าของ α เท่าไรจึงจะเหมาะสม ดังนั้น ก่อนจะพิจารณาเกณฑ์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยควรทำความเข้าใจกับเกณฑ์ของ α ก่อน ดังภาพที่ 4.4 และภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.4 กรณีมีการกำหนดเกณฑ์ α ไว้มาก

จากภาพที่ 4.4 กรณีที่เรามีการกำหนดเกณฑ์ α ไว้มาก นั่นคือได้กำหนดให้โอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 มีมาก หากพิจารณาพื้นที่ปลายโค้งทั้งสองด้านจะมีมาก (เขตปฏิเสธ H_0) และพื้นที่ตรงกลาง (เขตยอมรับ H_0) จะเหลือน้อย



ภาพที่ 4.5 กรณีมีการกำหนดเกณฑ์ α ไว้น้อย

จากภาพที่ 4.5 กรณีที่เรามีการกำหนดเกณฑ์ α ใวน้อย นั่นคือได้กำหนดให้โอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 มีน้อย หากพิจารณาพื้นที่ปลายโค้งทั้งสองด้านจะน้อย (เขตปฏิเสธ H_0) และพื้นที่ตรงกลาง (เขตยอมรับ H_0) จะมีอยู่มาก

สมมติว่า แพทย์ได้ทำการวิจัยยาชนิดหนึ่งขึ้นมาและต้องการทดสอบว่าสามารถนำมาใช้กับมนุษย์ได้หรือไม่ โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \text{ยาไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์} \quad (H_0 : \mu = 10)$$

$$H_1 : \text{ยาเป็นอันตรายต่อมนุษย์} \quad (H_1 : \mu \neq 10)$$

จากสมมติฐานดังกล่าว หากแพทย์กำหนดเกณฑ์ α ใวน้อย โอกาสที่จะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ก็จะมีสูง ทำให้โอกาสที่จะสรุปว่า “ยาไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์” มีโอกาสเป็นไปได้สูงมาก ซึ่งจะมีผลต่อผู้นำผลการวิจัยไปใช้ อาจจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ และในทางตรงกันข้าม หากแพทย์ผู้วิจัยกำหนด α ใวน้อย โอกาสที่จะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ก็จะมีน้อย นั่นคือ โอกาสยอมรับสมมติฐานทางเลือก H_1 ก็จะมีสูง ทำให้การสรุปผลแทบทุกครั้งก็ได้ผลว่า “ยาเป็นอันตรายต่อมนุษย์” อาจจะทำให้แพทย์ไม่กล้าผลิตยาออกมาใช้ เพราะเกรงผลผลิตยาออกมาแล้วจะไม่ผ่านเกณฑ์ ส่งผลให้ไม่มีการคิดค้นยาใหม่ ๆ ออกมาใช้ เพราะเกรงว่าจะเป็อันตรายต่อมนุษย์ (ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2551: 118)

จะเห็นได้ว่า การกำหนด α ใวน้อยหรือไม่น้อยนั้นจะไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัว แต่จะขึ้นอยู่กับสมมติฐานทางสถิติและความคิดเห็นของผู้วิจัย ซึ่งสามารถกำหนดได้เองตามความต้องการ แต่มีสิ่งทีผู้วิจัยต้องนำมาพิจารณาคือผลกระทบของการตัดสินใจ

4.5.3 การเลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยต้องอาศัยความรู้ทางสถิติพอสมควรเพื่อเลือกตัวสถิติที่จะใช้ในการทดสอบอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพราะการทดสอบสำหรับเรื่องหนึ่งๆ สามารถเลือกใช้ตัวสถิติได้หลายชนิด แต่ละชนิดจะมีวิธีการคำนวณและข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 วิธี คือ

- 1) การเลือกวิธีการทดสอบแบบพาราเมตริก (Parametric Statistics)
- 2) การเลือกวิธีการทดสอบแบบนอนพาราเมตริก (Non-Parametric Statistics)

วิธีทดสอบแบบพาราเมตริกเป็นที่ยอมรับกันว่ามีความน่าเชื่อถือมากกว่าการทดสอบแบบนอนพาราเมตริก แต่การทดสอบแบบพาราเมตริกมีข้อกำหนดหลายประการ ก่อนการทดสอบจึงควรพิจารณาข้อมูลที่น่ามาทดสอบ ว่ามีคุณสมบัติพอที่จะใช้วิธีการทดสอบแบบนี้หรือไม่ ซึ่งมีหลายส่วนต้องนำมาพิจารณา และจะแตกต่างกันไปในแต่ละเรื่องที่จะทำการทดสอบ ซึ่งพอจะสรุปคุณสมบัติพื้นฐานของข้อมูลที่ต้องนำมาพิจารณา ดังนี้

(1) ข้อมูลมีค่าต่อเนื่อง ควรอยู่ในระดับช่วง (Interval) หรือ อัตราส่วน (Ratio)

(2) ข้อมูลรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

(3) ข้อมูลแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal distribution)

(4) กลุ่มตัวอย่าง ใช้การสุ่มโดยอาศัยความน่าจะเป็น

การเลือกใช้ตัวสถิติมีอยู่หลายชนิดและมีกฎเกณฑ์ในการใช้แตกต่างกันไป ตัวสถิติที่ใช้บ่อย ในการทดสอบแบบพารามेटริก ได้แก่ 1) Z-test 2) t-test 3) F-test 4) χ^2 (chi-square) 5) สหสัมพันธ์ เพียร์สัน และ 6) Simple regression, Multiple regression เป็นต้น

ในกรณีต้องทดสอบนัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบแบบนอนพารามेटริก เนื่องจากข้อมูลไม่ตรงตามเงื่อนไขการใช้สถิติแบบพารามेटริกนั้น ข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ ด้วยวิธีนี้ เป็นข้อมูลที่มีลักษณะดังนี้

(1) ข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีค่าต่อเนื่องเท่านั้น แต่ข้อมูลที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง ได้แก่ ข้อมูลอยู่ในระดับ นามมาตรา (Nominal scale) และระดับอันดับมาตรา (Ordinal scale)

(2) ข้อมูลรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

(3) ข้อมูลไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal distribution)

(4) กลุ่มตัวอย่าง ไม่ได้ใช้การสุ่มโดยอาศัยความน่าจะเป็น

สถิตินอนพารามेटริกที่พบใช้บ่อยในงานวิจัย ได้แก่ Mann-Whitney U test, Sign test, Wilcoxon test, Fisher test, Median test เป็นต้น

4.5.4 จำนวนค่าที่มีอิสระ (Degree of Freedom: df)

นิยามของ Degree of Freedom (df) เป็นข้อสรุปที่ได้จากการทดสอบด้วยทฤษฎีทางสถิติ ซึ่งจะช่วยให้ค่าสถิติที่วิเคราะห์มีความใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ df มีความเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าสถิติ จากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งหมายถึงจำนวนข้อมูล ซึ่งรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่าง หรือคะแนน (Score) ที่นำมาคำนวณ มีโอกาสได้รับเลือกอย่างอิสระ โดยได้กำหนดค่าจำนวนหนึ่งให้คงที่ เช่น สมมติค่าตัวแปรรวบรวมจาก กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน มีค่าผลรวมเท่ากับ 100 หาก $df = n-1$ หมายถึง ได้กำหนดค่า 1 ค่า ให้คงที่ ดังนั้น จะมีค่าที่แปรเปลี่ยนอิสระจำนวน 3 ค่า ซึ่งค่า 3 ค่า ที่แปรเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระ เมื่อนำมารวมกับ ค่าที่ 4 ซึ่งเป็นค่าคงที่แล้ว จะต้องมีความผลรวมเท่ากับ 100 ตัวอย่างเช่น หากได้กำหนดค่าที่ 4 ให้เท่ากับ 20 ค่า 3 ค่าที่เหลืออาจประกอบด้วย 20, 20, 40 หรือ 10, 25, 45 เป็นต้น (บุญใจ ศรีสถิตย่นรากร, 2550: 345)

Degree of Freedom (df) ของสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าของตัวแปรในข้อมูลชุดหนึ่ง ๆ จะแปรเปลี่ยนค่าได้อย่างอิสระจำนวนกี่ค่า นั่นขึ้นอยู่กับ df ของสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) สถิติทดสอบค่า t ใช้ทดสอบกับตัวอย่าง 1 กลุ่ม (One sample t-test)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s_{\bar{x}}}$$

$$df = n-1$$

2) สถิติทดสอบค่า t ใช้สำหรับการทดสอบกับตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent sample t-test)

2.1) กรณีที่ความแปรปรวนของทั้ง 2 กลุ่มเท่ากัน $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

2.2) ในกรณีที่ความแปรปรวนของทั้ง 2 กลุ่มไม่เท่ากัน $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 2}}$$

3) สถิติทดสอบค่า t ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Related Sample) หรือ Dependent sample t-test

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_{\bar{D}}}{s_{\bar{D}}}$$

$\bar{D}$ คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

$\mu_{\bar{D}}$ คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างประชากร 2 กลุ่ม

$s_{\bar{D}}$ คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

n คือจำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

$$df = n - 1$$

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way Analysis of Variance) สูตรที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน คือ อัตราส่วนเอฟ (F ratio)

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

MS_b คือความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean Square between Group)

$$MS_b = \frac{SS_b}{df}$$

SS_b คือผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม (Sum Square between Group)

df คือจำนวนค่าที่มีอิสระ k-1 (k คือจำนวนกลุ่ม)

MS_w คือความแปรปรวนภายในกลุ่ม ซึ่งคำนวณจากสูตร

$$MS_w = \frac{SS_w}{df}$$

SS_w คือผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม (Sum Square within Group)

df คือจำนวนค่าที่มีอิสระ = $N - k$ (N คือขนาดตัวอย่าง)

$$SS_w = SS_t - SS_b$$

$$df = N - k$$

5) สถิติไคสแควร์ทดสอบกับตัวอย่าง 1 กลุ่ม (Chi-square Test for one Sample)

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

$$df = k - 1$$

k คือจำนวนกลุ่ม

6) สถิติไคสแควร์ทดสอบความเป็นอิสระของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร ซึ่งตัวแปรแต่ละตัวมี 2 ระดับ

$$df = (r - 1)(c - 1)$$

r = คือจำนวนแถว (Row)

c = คือจำนวนสดมภ์ (Column)

4.5.4 การสร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

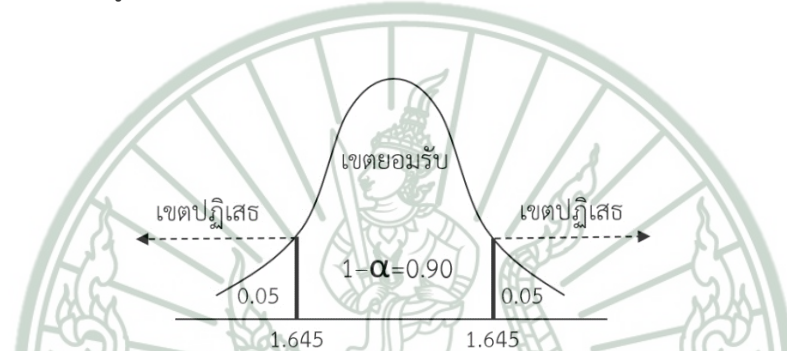
ขอบเขตการตัดสินใจกรณีอาศัยตารางสถิติ

กรณีนี้ผู้วิจัยจะอาศัยตารางสถิติมาตรฐานที่มีการกำหนดค่าสถิติแต่ละประเภทไว้แล้ว โดยผู้วิจัยต้องนำรายละเอียดข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างไปเปิดหาค่าจากตารางของตัวสถิติที่ได้เลือกไว้ว่าจะใช้เป็นตัวทดสอบค่าที่ได้จากตารางจะต้องอาศัยค่า α ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ด้วย ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติก่อนการทดสอบจะต้องกำหนดบริเวณปฏิเสธ (Region of Rejection) ไว้ ว่าบริเวณใดเป็นเขตปฏิเสธ บริเวณใดเป็นเขตยอมรับ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ (α) และเนื่องจากขอบเขตการปฏิเสธเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ในการกระจายการสุ่มตามทฤษฎี ซึ่งมีค่าเท่ากับระดับนัยสำคัญ (α) ขอบเขตปฏิเสธอาจจะตกอยู่ด้านเดียวหรือสองด้านของการกระจายการสุ่มก็ได้ เช่น ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ก็แสดงว่า พื้นที่ร้อยละ 1 จะเป็นบริเวณปฏิเสธ และพื้นที่ร้อยละ 99 จะเป็นขอบเขตยอมรับ (Region of retention)

การกำหนดขอบเขตปฏิเสธนี้ยังขึ้นอยู่กับการทดสอบแบบทางเดียวหรือสองทางด้วย ถ้าการทดสอบทางเดียว บริเวณปฏิเสธก็จะเท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนดเลย ส่วนจะเป็นพื้นที่บริเวณด้านซ้ายหรือด้านขวา ขึ้นอยู่กับการตั้งสมมติฐานทางเลือก (H_1) เช่น ถ้า H_1 ตั้งว่า มากกว่า ($>$) เขตปฏิเสธจะอยู่ด้านขวา แต่ถ้า H_1 ตั้งว่า น้อยกว่า ($<$) ขอบเขตปฏิเสธก็จะอยู่ด้านซ้าย และถ้าหากเป็นการทดสอบสองทาง ขอบเขตปฏิเสธจะถูกแบ่งครึ่งไปอยู่ด้านซ้ายและด้านขวาด้านละครึ่ง เช่น ระดับนัยสำคัญ (α) 0.05 บริเวณปฏิเสธจะอยู่ด้านซ้าย 0.025 และอยู่ด้านขวาก็ 0.025

1) ขอบเขตสำหรับการทดสอบแบบสองทาง

จากภาพที่ 4.6 ขอบเขตการตัดสินใจปฏิเสธ H_0 ทั้งด้านซ้ายและขวาของพื้นที่ใต้โค้งปกติ ซึ่งมีลักษณะสมมาตรมีพื้นที่ปลายโค้งทั้ง 2 ข้าง เท่ากันดังภาพที่ 4.8 แบ่งพื้นที่ α ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กันไว้ ด้านซ้ายและด้านขวา ในรูปกำหนดค่า $\alpha = 0.10$ ดังนั้น พื้นที่ปลายโค้งเป็นขอบเขตปฏิเสธทั้ง 2 ด้าน มีค่าเท่ากับ 0.05 (จะได้ว่า พื้นที่ใต้โค้ง 2 ด้านมีค่าพื้นที่ด้านละ 0.05 จึงคำนวณหาพื้นที่เพื่อนำไปเปิดตาราง Z ซึ่งจะได้ว่า $0.5 - 0.05 = 0.45$ นำพื้นที่ 0.45 ไปเปิดตารางมาตรฐานของ Z จะได้ 1.645) นั่นคือ ถ้าการทดสอบนี้ เลือกใช้ตัวสถิติ Z เมื่อเปิดตารางมาตรฐานของ Z จะได้ค่าเท่ากับ 1.645 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $Z_{\text{คำนวณ}} < -1.645$ หรือ $Z_{\text{คำนวณ}} > 1.645$

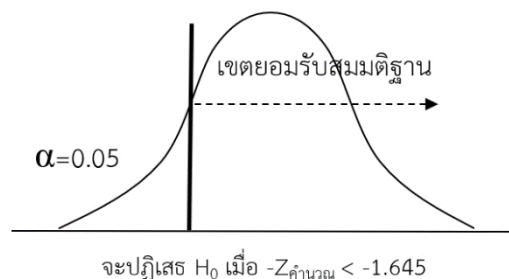


ภาพที่ 4.6 ขอบเขตสำหรับการทดสอบแบบสองทาง

2) ขอบเขตสำหรับการทดสอบแบบทางเดียว

จะมีขอบเขตการตัดสินใจปฏิเสธ H_0 เพียงด้านเดียว โดยอาจจะอยู่ด้านซ้ายหรือด้านขวา ซึ่งขึ้นอยู่กับสมมติฐานทางเลือก H_1 ตัวอย่างเช่น หากต้องการทดสอบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม และเลือกใช้ตัวสถิติ Z โดยกำหนด $\alpha = 0.05$ (ได้จากพื้นที่ข้างเดียว $0.5 - 0.05 = 0.45$ นำพื้นที่ 0.45 ไปเปิดเทียบในตารางมาตรฐานของ Z) เมื่อเปิดตารางมาตรฐานของ Z จะได้ค่าเท่ากับ 1.645 เขตปฏิเสธจะอยู่ด้านซ้าย ดังภาพที่ 4.7 เมื่อตั้งสมมติฐานว่า

$$H_0 : \mu = \text{ค่าคงที่ที่กำหนด} \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu < \text{ค่าคงที่ที่กำหนด}$$

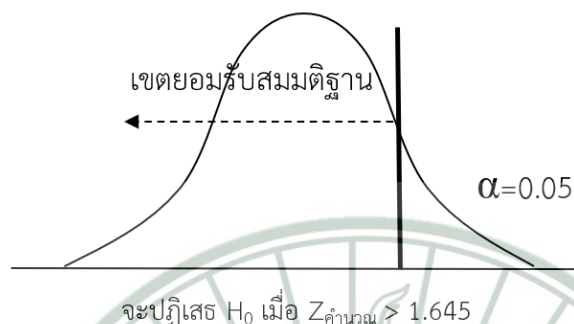


ภาพที่ 4.7 ขอบเขตสำหรับการทดสอบแบบทางเดียว เขตปฏิเสธอยู่ด้านซ้าย

จากภาพที่ 4.8 เขตปฏิเสธจะอยู่ด้านขวา เมื่อตั้งสมมติฐานว่า

$H_0 : \mu = \text{ค่าคงที่ที่กำหนด}$

$H_1 : \mu > \text{ค่าคงที่ที่กำหนด}$



ภาพที่ 4.8 ขอบเขตสำหรับทดสอบแบบทางเดียว เขตปฏิเสธอยู่ด้านขวา

4.5.5 การคำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยจะต้องนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ นำมาคำนวณหาค่าสถิติเพื่อจะนำไปเปรียบเทียบกับค่าสถิติที่กำหนดเป็นขอบเขตของการตัดสินใจในขั้นตอนที่ 4 (หัวข้อ 4.2.6.4) การคำนวณค่าสถิติจะต้องอาศัยสูตรที่ตรงกับวิธีการทางสถิติที่ผู้วิจัยเลือกไว้เพื่อนำมาทดสอบ (ขั้นตอนที่ 3 หัวข้อ 4.2.6.3)

4.5.6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยจะต้องตัดสินใจว่าจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ที่กำหนดไว้ โดยนำค่าสถิติที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่าง (ขั้นตอนที่ 5 ในหัวข้อ 4.2.6.5) ไปเปรียบเทียบกับค่าสถิติที่ได้จากตาราง (ขั้นตอนที่ 4 หัวข้อ 4.2.6.4)

สำหรับการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เช่น SPSS ให้พิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติคือค่า P-value หรือ ค่า Sig ในผลลัพธ์ (Print out) โดยไม่ต้องนำค่าสถิติที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าในตาราง และเนื่องจาก P-value หรือ ค่า Sig ในผลลัพธ์ (Print out) ที่วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เป็นค่า P-value หรือค่า Sig ของการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ทาง (Two-tailed Test) ดังนั้นหากสมมติฐานที่ทดสอบเป็นแบบทางเดียว (One-tailed Test) ต้องนำค่า P-value หรือค่า Sig มาหารด้วย 2

การตัดสินใจจะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 นั้น พิจารณาดังนี้

- 1) หากค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (Rejection Region) จะหมายความว่า สมมติฐานที่ทดสอบมีนัยสำคัญทางสถิติ
- 2) หากค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในขอบเขตยอมรับสมมติฐาน H_0 (Acceptation Region) จะหมายความว่า สมมติฐานที่ทดสอบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS การพิจารณาระดับนัยสำคัญทางสถิติ ให้เปรียบเทียบกับค่า P-value หรือ ค่า Sig กับค่า α ที่ผู้วิจัยได้ระบุไว้ ดังนี้

1) หากค่า P-value หรือ ค่า Sig น้อยกว่าค่า α ที่ผู้วิจัยได้ระบุไว้ ในกรณีนี้หมายความว่า สมมติฐานที่ทดสอบมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) หากค่า P-value หรือ ค่า Sig มากกว่าค่า α ที่ผู้วิจัยได้ระบุไว้ ในกรณีนี้หมายความว่า สมมติฐานที่ทดสอบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.5.7 การสรุปผล

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทดสอบสมมติฐานที่ผู้วิจัยจะต้องสรุปผลที่ได้จากการทดสอบเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของงานวิจัย ซึ่งในการสรุปผลทุกครั้งผู้วิจัยต้องระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบหรือที่เรียกว่าระดับนัยสำคัญ α โดยไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงสัญลักษณ์ทางสถิติก็ได้ แต่ควรใช้ภาษาที่คนทั่วไปสามารถเข้าใจได้ โดยอาจยึดถือสมมติฐานทางการวิจัยเป็นหลักในการสรุปผล เช่น สมมติฐานการวิจัยกำหนดว่า คนขี่จักรยานยนต์รับจ้างในกรุงเทพฯ มีรายได้เฉลี่ยตกวันละไม่ต่ำกว่า 500 บาท

สมมติฐานทางสถิติ คือ $H_0 : \mu = 500$

$H_1 : \mu < 500$

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่าง และกำหนดระดับนัยสำคัญ α ไว้ 0.05 (เปิดตารางมาตรฐาน Z ได้ค่ากำหนดขอบเขตปฏิเสธ H_0 ที่ 1.645) ทำการคำนวณได้ค่าสถิติจากการคำนวณ 0.428 ดังนั้นจึงต้องตัดสินใจยอมรับสมมติฐาน H_0 และสรุปผลได้ว่า คนขี่จักรยานยนต์รับจ้างในกรุงเทพมหานคร มีรายได้เฉลี่ยไม่ต่ำกว่าวันละ 500 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ตัวอย่าง เพื่อให้เห็นภาพแต่ละขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้
ในการสำรวจความคิดเห็นของพนักงานสายการบินไทยเกี่ยวกับการหลุดพ้นจากการเป็นรัฐวิสาหกิจ ได้สุ่มตัวอย่างพนักงานจากสายผู้บริหาร 12 คน กับพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ 20 คน พบว่าผู้บริหารและพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ มีความคิดเห็นจากคะแนนเต็ม 80 คะแนน โดยได้คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
พนักงานผู้บริหาร	62.6	33.8
พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ	47.2	10.1

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

สมมติฐานทางการวิจัย : พนักงานฝ่ายปฏิบัติการและพนักงานฝ่ายบริหารของบริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการหลุดพ้นจากการเป็นรัฐวิสาหกิจแตกต่างกัน

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

เลือกสถิติทดสอบค่า t กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent sample t-test)

ใช้สูตรในกรณีที่ความแปรปรวนของทั้ง 2 กลุ่มไม่เท่ากัน $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 2}}$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ในที่นี้จำเป็นต้องคำนวณค่า df ก่อน เพื่อนำไปเปิดตารางสถิติ ดังนั้นจากสูตร

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 2}} = 12$$

เปิดตาราง t ที่ $\alpha = 0.05$ เป็นการทดสอบแบบสองทาง (จะได้ว่า $0.05/2 = 0.025$ และ $1 - 0.025 = 0.975$ เปิดตาราง The t Distribution ที่ $df = 12$) ฉะนั้น การทดสอบนี้เลือกใช้ตัวสถิติ t เมื่อเปิดตาราง The t Distribution จะได้ค่าเท่ากับ 2.1788 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}} < -2.1788$ หรือ $t_{\text{คำนวณ}} > 2.1788$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งอยู่ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

$$t = \frac{62.6 - 47.2}{\sqrt{\frac{(33.8)^2}{12} + \frac{(10.1)^2}{20}}} = 1.5377$$

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}} < -2.1788$ หรือ $t_{\text{คำนวณ}} > 2.1788$ จากการคำนวณจะได้ว่า $1.5377 < 2.1788$ ดังนั้น จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 นั่นคือ ยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ว่าเป็นจริง

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

พนักงานฝ่ายบริหารกับพนักงานฝ่ายปฏิบัติการของบริษัทการบินไทยมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการหลุดพ้นจากการเป็นรัฐวิสาหกิจไม่แตกต่างกัน

การตั้งสมมติฐานหลัก H_0 และการตั้งสมมติฐานทางเลือก H_1 ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งผู้วิจัยจะต้องตั้งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิจัย เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบที่ต้องการวิธีการอย่างง่ายที่สามารถตั้งสมมติฐานทางสถิติได้เหมาะสมกับหัวข้อวิจัยคือ จะต้องเขียนสมมติฐานการวิจัยออกมาให้ชัดเจนจากนั้นจึงแปลงสมมติฐานการวิจัยไปเป็นสมมติฐานทางสถิติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการตั้งสมมติฐานหลัก H_0 จะตั้งให้มีค่าเท่ากับหรือไม่ต่างจากสิ่งที่สนใจ โดยตั้งให้เป็นกลางไว้เสมอ เพื่อทดสอบสมมติฐานทางเลือก H_1 ว่า การวิจัยให้ผลยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักที่วางไว้โดยใช้โอกาสตามหลักสถิติในการทดสอบสมมติฐาน

สรุป

ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เราศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างเป็นเพียงค่าสถิติเท่านั้น หากต้องการสรุปอ้างอิงค่าสถิติของกลุ่มตัวอย่างไปยังประชากรทั้งหมด จะต้องใช้การประมาณค่าและทดสอบสมมติฐาน การประมาณค่า (Estimation) ยกตัวอย่างการประมาณค่าเฉลี่ย จะใช้ข้อมูลมาตรงกลางขึ้นไปที่วิธีการประมาณค่าที่ใช้มี 3 วิธี คือ 1) การประมาณค่าแบบจุด (Point estimation) เป็นการประมาณค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง ($\bar{X}$) เป็นค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) การใช้ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S^2) เป็นค่าประมาณของความแปรปรวนประชากร (σ^2) เป็นการประมาณค่าอย่างหยาบ มีความคลาดเคลื่อนสูง 2) การประมาณค่าแบบรวม (Pooled estimation) เป็นการประมาณค่าของประชากร โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่มีการเลือกกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่ม เช่น $\bar{X}$ ของกลุ่ม A B C และ D นำมาหาค่าเฉลี่ยรวมแล้วใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสถิติกลุ่มตัวอย่างนี้มาประมาณค่าประชากรหรือค่าพารามิเตอร์ การประมาณค่าแบบรวมนี้ทำให้คลาดเคลื่อนที่มาจากจากการเลือกตัวอย่างลดลง 3) การประมาณค่าแบบช่วง (Interval Estimation) เป็นการใช้ในการแจกแจงปกติมาตรฐานมาประมาณค่า ทำให้ได้ช่วงค่าเฉลี่ยในประชากรที่ควรจะเป็น โดยการใช้สูตรคำนวณ เช่น ค่า Z-test ค่า t-test เป็นต้น แล้วอ่านค่าสถิติจากตารางตามระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) หรือระดับนัยสำคัญ (α) การประมาณค่าแบบช่วงนี้จะลดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าวิธีการประมาณค่าแบบจุด การเลือกใช้วิธีการการประมาณค่าแบบจุดหรือการประมาณค่าแบบช่วงในงานวิจัย โดยทั่วไปหากการกระจายของข้อมูลหรือตัวแปรที่ต้องการประมาณค่า ซึ่งวัดในรูปสัมประสิทธิ์การแปรผันมีค่าสูงก็ควรประมาณค่าแบบช่วง

หากต้องการความแม่นยำของค่าประมาณที่จะนำไปใช้ประโยชน์ก็ควรประมาณค่าแบบจุด หากต้องการความสะดวกรวดเร็วก็ควรประมาณค่าแบบจุด และการประมาณค่าในงานวิจัยมีข้อควรระวัง ได้แก่

- 1) การประมาณค่าพารามิเตอร์หรือลักษณะใด ๆ ของประชากร จะทำได้ก็ต่อเมื่อข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่าจะต้องได้มาจากตัวอย่างซึ่งเลือกมาเป็นตัวแทนของประชากรเท่านั้น
- 2) ระดับความเชื่อมั่นของค่าประมาณแบบช่วงเป็นระดับความเชื่อมั่นของผู้ประมาณค่าที่ค่าจริงหรือพารามิเตอร์จะตกอยู่ในช่วงที่ประมาณ กล่าวคือ ช่วงของค่าประมาณยิ่งกว้างมากเท่าไรโอกาสที่ผู้ประมาณจะผิดก็มีน้อย แต่หากพิจารณาจากผู้ให้ประโยชน์ช่วงค่าประมาณยิ่งกว้างมากเท่าไรการใช้ประโยชน์ได้ยิ่งมีน้อยและความคลาดเคลื่อนมีสูง
- 3) ในกรณีข้อมูลที่สนใจศึกษามีการกระจายค่อนข้างมาก จะมีค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันค่อนข้างสูง เช่น สูงมากกว่าร้อยละ 20 การประมาณค่าแบบช่วงจะเป็นผลดีต่อผู้ประมาณค่าจะมีโอกาสผิมน้อย และผู้ใช้ประโยชน์ก็สามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่าแบบจุด

สมมติฐานเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย แต่การวิจัยโดยทั่วไปอาจมีการตั้งสมมติฐานหรือไม่ก็ได้ การไม่ปฏิเสธหรือปฏิเสธสมมติฐานไม่ได้แสดงถึงความสำเร็จหรือล้มเหลว แต่อาจเกิดจากตัวอย่างที่ใช้ทดสอบหรืออาจขึ้นอยู่กับวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบก็ได้ สมมติฐานทางการวิจัยคือข้อความหรือการพรรณนาความคาดหวังของนักวิจัย ถ้าเปลี่ยนข้อความดังกล่าวให้เป็นสัญลักษณ์ทางสถิติ เรียกว่าสมมติฐานทางสถิติ มี 2 ชนิดคือ สมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ซึ่งการปฏิเสธสมมติฐานหลัก หมายถึงการไม่ปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก การตั้งสมมติฐานทางการวิจัยมักตั้งให้สอดคล้องกับสมมติฐานทางเลือก (H_1) ของสมมติฐานทางสถิติ ยกเว้นกรณีผู้วิจัยต้องการทดสอบความเชื่อที่แสดงความเท่ากันนั้นจะตั้งให้ความเชื่อที่ต้องการทดสอบเป็นสมมติฐานหลัก (H_0) และตั้งให้สมมติฐานทางเลือก (H_1) เป็นสมมติฐานที่แสดงความไม่เท่ากัน ในการทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติมักมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเสมอไม่มากก็น้อย ความผิดพลาดดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อสมมติฐานหลัก (H_0) เป็นจริง โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดเช่นนี้เรียกว่า ระดับนัยสำคัญ (แทนด้วย α) 2) ความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II Error) เกิดจากการยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) เมื่อ สมมติฐานหลัก (H_0) ไม่เป็นจริง โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดเช่นนี้เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ β นักวิจัยเมื่อมีข้อสงสัยในประเด็นสำคัญ จึงจำเป็นต้องตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบผลว่าควรจะเป็นอย่างไร แล้วดำเนินการด้วยวิธีทางสถิติเพื่อทดสอบว่าถูกต้องหรือไม่ การตั้งสมมติฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นก่อนที่จะเก็บข้อมูลหรือวิเคราะห์ข้อมูล การตั้งสมมติฐานภายหลังการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง เพราะอาจเกิดความลำเอียงในการเปลี่ยนแปลงสมมติฐานให้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลเป็นไปตามที่ผู้วิจัยต้องการ การตั้งสมมติฐานที่ผู้วิจัยต้องเข้าใจรายละเอียดในสมมติฐานที่จะทดสอบเป็นอย่างดี การตั้งสมมติฐานที่ระบุทิศทางกับไม่ระบุทิศทางจะมีความสัมพันธ์กับการกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ สมมติฐานที่ระบุทิศทาง ($H_1: <, >$) จะทำการทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) ส่วนสมมติฐานที่ไม่ระบุทิศทาง ($H_1: \neq$) จะทำการทดสอบแบบสองทาง (Two-tail test) ซึ่งระดับนัยสำคัญ (α) ที่ทดสอบแบบสองทางจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของการทดสอบทางเดียว เช่น กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ ระดับนัยสำคัญของการทดสอบแบบสองทางจะเป็น 0.025 เป็นต้น

ทั้งนี้การกำหนดระดับนัยสำคัญจำเป็นต้องกำหนดก่อนจะทำการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการตั้งเงื่อนไขของการทดสอบทางสถิติไว้ล่วงหน้า ภายใต้การยอมรับให้เกิดความผิดพลาดตามที่กำหนดไว้ในระดับนัยสำคัญ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงระดับนัยสำคัญภายหลังการวิเคราะห์ข้อมูล จะถือว่าผู้วิจัยบิดเบือนข้อเท็จจริงของข้อมูล เช่น การเพิ่มระดับนัยสำคัญจากเดิมที่ตั้งไว้ต่ำ 0.01 โดยเพิ่มให้สูงขึ้นเป็น 0.05 จะทำให้ผลการทดสอบในระดับ 0.01 ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกลับกลายเป็นมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นต้น การกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติว่าควรเป็นเท่าใด ต้องพิจารณาความเหมาะสมของปัญหาการวิจัยนั้น ๆ ว่า จะยินยอมให้เกิดความผิดพลาดได้มากน้อยเพียงใดที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อผู้นำผลวิจัยไปใช้ ปัจจุบันยังไม่มีกำหนดเกณฑ์ที่แน่นอนว่าจะต้องกำหนดระดับนัยสำคัญเป็นเท่าใด ที่นิยมมากคือระดับ 0.01 และ 0.05 ซึ่งในทางปฏิบัติการกำหนดระดับนัยสำคัญผู้วิจัยต้องรวบรวมข้อมูล เช่น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี งานวิจัย หรือข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญมาประกอบการตัดสินใจ



บทที่ 5

การเลือกใช้สถิติเพื่อเปรียบเทียบ (Data Comparison)

จากเนื้อหาในบทที่ 4 เป็นที่เข้าใจกันแล้วว่าข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่เราศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างนั้น เป็นเพียงค่าสถิติเท่านั้น ถ้าหากเราต้องการสรุปอ้างอิงค่าสถิติของกลุ่มตัวอย่างไปยังประชากรทั้งหมดจะต้อง ใช้การประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอนุมานจะมีความถูกต้อง มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับธรรมชาติของตัวอย่าง โดยเฉพาะความเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร ความถูกต้อง ของข้อสรุปโดยวิธีการทางสถิติอนุมานซึ่งแสดงถึงระดับความเชื่อมั่น ($1-\alpha$) หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) หรือระดับความน่าจะเป็น เช่น $p < 0.05$, $p < 0.01$ เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างของสถิติเชิงพรรณนา กับสถิติ เชิงอนุมาน ก็คือ สถิติเชิงพรรณนาจะไม่มีการทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติ แต่สถิติเชิงอนุมานต้องมีการ ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติเพื่อให้ผู้วิจัยสามารถสรุปอ้างอิงหรืออนุมานไปยังกลุ่มประชากรได้ทั้งหมด

5.1 การเลือกใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนั้นการที่เราจะใช้วิธีการทางสถิติแบบใด ขึ้นอยู่กับว่างานวิจัยมีวัตถุประสงค์อย่างไร และ วิธีการทางสถิติที่นำไปใช้ก็ต้องตอบคำถามในการวิจัยได้อย่างเหมาะสม มีความสอดคล้องกับระดับการวัด ของตัวแปรในงานวิจัย ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้สถิติขั้นสูงเมื่อเรามีข้อมูลไม่สอดคล้องและไม่เป็นไปตามข้อตกลง เบื้องต้นของการใช้สถิติดังกล่าว ทั้งนี้วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีอยู่จำนวนมาก จึงไม่สามารถ รวบรวมมาเสนอไว้ในนี้ได้ทั้งหมด ผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือเกี่ยวกับสถิติในการวิเคราะห์ ข้อมูล ทั้งนี้เนื้อหาบรรยายในบทนี้ จะเลือกวิธีการทางสถิติบางวิธีที่นิยมนำมาใช้ในงานวิจัยและไม่ใช่วิธี ที่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก ทั้งนี้ การแบ่งประเภทของสถิติมีอยู่หลายแบบถ้าหากเราแบ่งประเภทของสถิติ เพื่อตอบคำถามการวิจัย (Research question) หรือวัตถุประสงค์ของการวิจัย หากมีวิธีการทางสถิติที่สอดคล้อง เหมาะสม ก็สามารถนำผลการวิเคราะห์ทางสถิติไปตอบคำถามการวิจัยนั้น ๆ ได้ ในที่นี้จะแบ่งประเภทของ การเลือกใช้สถิติตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยเนื้อหาในการบรรยายของบทที่ 5 จะนำเสนอเนื้อหา การเลือกใช้สถิติเพื่อการเปรียบเทียบ (Data comparison) ได้แก่ สถิติ t - test และสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน เท่านั้น ในบทที่ 6 จะเป็นส่วนของการเลือกใช้สถิติเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ด้วยไคสแควร์ และบทที่ 7 จะนำเสนอการเลือกใช้สถิติเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์และทำนายผล ของ 2 ตัวแปร ด้วยสหสัมพันธ์ และความถดถอยอย่างง่าย

5.2 สถิติเพื่อการเปรียบเทียบ (Data comparison)

สถิติเพื่อการเปรียบเทียบ (Data comparison) หรือการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล (Difference analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างในเรื่องใดเรื่องหนึ่งว่ามีความ แตกต่างกันหรือไม่ แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เป็นไปตามความคาดหวังหรือเป็นไปตามที่กำหนดไว้

ในสมมติฐานหรือไม่ การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหรือหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวอย่างมี 2 ลักษณะ คือ การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่ม และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม ทั้งนี้ เนื้อหาในบทที่ 5 นี้ จะบรรยาย 1) การใช้สถิติทดสอบ t-test สำหรับการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่ม และ 2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 ค่าขึ้นไป ซึ่งทุกกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

5.3 สถิติทดสอบ t-test

แนวความคิดการทดสอบโดยใช้ค่าสถิติ t นั้น การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่า กลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดสอบจะต้องสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งจะมีผลทำให้การแจกแจงของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ($\bar{X}_1 - \bar{X}_2$) มีการแจกแจงปกติด้วย ดังนั้น หากทราบความแปรปรวนของประชากรหรือตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ($n \geq 30$) แล้ว เราสามารถใช้สถิติ Z-test ทดสอบได้ แต่โดยทั่วไปแล้วเรามักจะไม่ทราบความแปรปรวนของประชากร ดังนั้น จึงใช้สถิติ t แทนค่าสถิติ Z โดยใช้ S_1, S_2 แทน σ_1, σ_2 ตามลำดับ ทั้งนี้ พิจารณาประเด็นต่อไปนี้ประกอบการนำค่าสถิติทดสอบ t-test มาใช้ในการวิเคราะห์ คือ

1) ในที่นี้ไม่ได้แนะนำการใช้ตัวทดสอบสถิติ Z-test มาประกอบการบรรยาย เนื่องจากตัวสถิติ t-test มีโอกาสใช้มากกว่า Z-test เพราะเงื่อนไขการใช้ Z-test เราต้องทราบค่าความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ซึ่งเราอาจไม่มีโอกาสรู้ค่าความแปรปรวนของประชากร จึงต้องอาศัยความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (S^2) ดังนั้น โอกาสในการใช้ตัวทดสอบสถิติ t-test จะมากกว่าตัวทดสอบสถิติ Z-test และในทางปฏิบัติ ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ จะทำให้ค่าองศาแห่งความเป็นอิสระ (degree of Freedom: df) มีค่ามากขึ้นตามลำดับ ค่าวิกฤตของ t (เขตปฏิเสธ H_0) กับค่าวิกฤตของ Z ก็จะมีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้นตามลำดับ จนในที่สุดองศาแห่งความเป็นอิสระที่ ∞ ค่าวิกฤตของทั้ง t-test และ Z-test ที่ระดับนัยสำคัญเดียวกัน จะมีค่าเท่ากันพอดี เช่น $Z_{(0.5)} = t_{(0.5) (df = \infty)} = 1.645$ เป็นต้น เมื่อตัวทดสอบสถิติ Z-test และ t-test มีความใกล้เคียงกันมาก จึงสามารถใช้ t-test แทนได้ อีกทั้งการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS จะไม่มีคำสั่ง Z-test จะมีเฉพาะคำสั่ง t-test เท่านั้น (สิน พันธุ์พินิจ, 2551: 247)

2) ในทางทฤษฎี การใช้ตัวสถิติ t-test ใช้กับกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ($n_1 < 30, n_2 < 30$) แต่ในทางปฏิบัติ จะใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดใดก็ได้ ถ้าหากกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมา มีการแจกแจงแบบปกติ หรือเข้าใกล้การแจกแจงปกติ (เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง < 30 ควรมีการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ หากข้อมูลไม่ได้มาจากการแจกแจงแบบปกติ จำเป็นต้องใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริก (Non-Parametric) แทน และเมื่อ n มีขนาดใหญ่ ($n \geq 30$) เราสามารถอ้างอิงทฤษฎีลิมิตเข้าสู่ส่วนกลางได้ โดยไม่ต้องตรวจสอบข้อสมมติว่าตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติหรือไม่ (วัฒนา สุนทรชัย, 2546: 51 – 53)

3) ถึงแม้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีขนาด 30 ขึ้นไปก็เป็นตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่พอแล้ว แต่หากเป็นงานวิจัยในทางสังคมศาสตร์ โดยเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคน จะถือว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่นั้นคือกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดตั้งแต่ 100 ขึ้นไป

เงื่อนไขการใช้สถิติทดสอบ t-test

- (1) ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
- (2) ตัวแปรตามมีค่าต่อเนื่อง (มีมาตรวัดระดับ Interval scale และ Ratio scale)
- (3) ตัวแปรอิสระ ที่จะใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบต้องมีการวัดเป็นกลุ่มหรือประเภท (Nominal scale หรือ ordinal scale) หากมีการวัดเป็น Interval scale หรือ Ratio scale จะต้องแบ่งเป็นกลุ่มก่อน และตัวแปรที่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มต้องวัดในสิ่งเดียวกัน
- (4) กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มโดยใช้หลักความน่าจะเป็น
- (5) ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มควรมีขนาดเท่ากันหรือไม่ต่างกันมากนัก

5.3.1 การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าเฉลี่ย 2 ค่า แบบ one sample t-test (1 กลุ่มตัวอย่าง)

โดยมีค่าเฉลี่ยค่าหนึ่งมาจากกลุ่มตัวอย่าง อีกค่าหนึ่งมาจากประชากร หรือเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเกณฑ์ที่กำหนด ใช้ t-test แบบ one sample t-test (1 กลุ่มตัวอย่าง)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

df = n - 1 (5.1)

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

μ ค่าเฉลี่ยที่เป็นจุดเปรียบเทียบ (หรือค่าที่กำหนดเป็นเกณฑ์)

S ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n ขนาดตัวอย่าง

df จำนวนค่าที่มีอิสระ

ในการทดสอบสมมติฐาน 1 ประชากร มักจะเป็นการวิจัยที่มุ่งบรรยายสภาพของประชากรว่าเป็นอย่างไร

ตัวอย่างการคำนวณ การใช้สถิติ t-test แบบ one sample t-test (1 กลุ่มตัวอย่าง)

ตัวอย่างที่ 5.1 นักวิจัยจัดกิจกรรมเพื่อลดน้ำหนัก โดยสุ่มเพศหญิงมาเป็นอาสาสมัครจำนวน 20 คน จัดโปรแกรมลดน้ำหนักด้วยวิธีลดอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลร่วมกับการออกกำลังกายด้วยการเดินวันละ 1 ชั่วโมงทั้งตอนเช้าและตอนเย็น ภายใน 1 เดือนจะสามารถลดน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 2.5 กิโลกรัม หลังจากผ่านไป 1 เดือน พบว่ากลุ่มอาสาสมัครหญิงลดน้ำหนักได้ ดังนี้

คนที่	น้ำหนักลด	คนที่	น้ำหนักลด	คนที่	น้ำหนักลด	คนที่	น้ำหนักลด
1	3.1	6	3.4	11	2.8	16	2.4
2	2.4	7	2.6	12	2.9	17	2.5
3	3.2	8	2.4	13	2.9	18	2.6
4	2.5	9	2.7	14	3.0	19	2.3
5	2.5	10	2.8	15	2.0	20	2.2

ตรวจสอบเงื่อนไขการใช้สถิติทดสอบ t-test

เนื่องจากข้อมูลมีขนาดเล็กเท่ากับ 20 ตัวอย่าง ซึ่ง $n < 30$ จึงต้องตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่ามี การแจกแจงปกติ หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยอาจใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบว่าตัวแปร Body_weight (น้ำหนักที่ ลดลงเป็นกิโลกรัม) มีการแจกแจงปกติ (ผู้วิจัยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือการใช้โปรแกรม SPSS) โดย มีหลักการดังนี้

1) ตั้งสมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ตัวแปร Body_weight (น้ำหนักที่ลดลงเป็นกิโลกรัม) มีการแจกแจงปกติ

H_1 : ตัวแปร Body_weight (น้ำหนักที่ลดลงเป็นกิโลกรัม) ไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3) เลือกเมนูและคำสั่งใน SPSS ตามลำดับดังนี้ Analyze--->Descriptive--->Statistics Explore...

เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Explore ให้เลือกตัวแปร Body_weight ไปไว้ในกล่องของ Dependent List : ขั้นต่อไป เลือกปุ่ม Plots จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกประเภทกราฟ เลือกส่วนที่ระบุว่า “Normality Plots with Test” คลิกปุ่ม Continue เมื่อเลือกเสร็จ และคลิกที่ปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output โดยตรวจสอบที่ตาราง Tests of Normality

ตารางที่ 5.1 ตรวจสอบข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
น้ำหนักที่ลดลง	.125	20	.200*	.983	20	.963

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

สถิติที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย

1) Kolmogorov-Smirnov ควรนำมาใช้เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 50

2) Shapiro-Wilk จะใช้เมื่อขนาดตัวอย่าง ≤ 50

ในตัวอย่างนี้ ขนาดตัวอย่าง = 20 จึงใช้ Shapiro-Wilk เราจะตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้าค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ค่า $\alpha = 0.05$ จากผลลัพธ์ที่ได้ในตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าค่า Sig.

ที่โปรแกรมคำนวณให้คือ 0.963 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.05 จึงตัดสินใจยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าตัวแปร Body_weight มีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงสามารถใช้สถิติ t-test ในการทดสอบสมมติฐานได้ เมื่อตรวจสอบข้อมูลว่าอยู่ในเงื่อนไข “ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ” แล้ว จึงดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

สมมติฐานทางการวิจัย : ถ้าลดอาหารแป้งและน้ำตาลร่วมกับการออกกำลังกายด้วยการเดิน เข้า-เย็น วันละ 1 ชั่วโมง ภายใน 1 เดือน จะลดน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 2.5 กิโลกรัม

ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

$$H_0: \mu = 2.5$$

$$H_1: \mu > 2.5$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

เลือกสถิติทดสอบค่า t ที่ค่าเฉลี่ยค่าหนึ่งมาจากกลุ่มตัวอย่าง อีกค่าหนึ่งมาจากประชากร หรือค่าที่กำหนดเป็นเกณฑ์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ใช้ t-test แบบ one sample t-test (1 กลุ่มตัวอย่าง) จากสูตร (5.1)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

$$df = n - 1$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ในที่นี้จำเป็นต้องคำนวณหาค่า df ก่อน เพื่อนำไปเปิดตาราง ($df = n - 1$ ได้ว่า $20 - 1 = 19$)

เปิดตาราง The t Distribution ที่ $\alpha = 0.05$ เป็นการทดสอบแบบทางเดียว ($1 - 0.05 = 0.95$) เปิดตารางหาค่า t ที่ $df = 19$ และ $t_{0.95}$ จะได้ค่าเท่ากับ 1.7291 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}} \geq 1.7291$ ถ้าไม่มากกว่าจะไม่ปฏิเสธ H_0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งอยู่ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

$$\text{หาค่า } \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\sum x = 3.1+2.4+3.2+2.5+2.5+3.4+.....+2.4+2.5+2.6+2.3+2.2 = 53.2$$

$$\bar{X} = \frac{53.2}{20} = 2.66$$

$$\text{หา } S \text{ จากสูตร } S^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$\text{เมื่อ } \sum x^2 = 143.88 \quad \sum x = 53.2 \quad n = 20$$

$$S^2 = \frac{20(143.88) - (53.2)^2}{20(20-1)} = 0.1246 = S = 0.353$$

ฉะนั้น แทนค่าตามสูตร

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

$$t = \frac{2.66 - 2.5}{0.353 / 4.472} = \frac{0.16}{0.0789} = 2.0268$$

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่าง $t_{\text{คำนวณ}} \geq 1.7291$ จากการคำนวณจะได้ว่า $2.0268 > 1.7291$ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

โปรแกรมการลดอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลร่วมกับการออกกำลังกายด้วยการเดินวันละ 1 ชั่วโมง (เช้า-เย็น) ภายใน 1 เดือน สามารถลดน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 2.5 กิโลกรัม ตามที่นักวิจัยกล่าวอ้างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตัวอย่างที่ 5.2 ผลผลิตข้าวพันธุ์หอมมะลิ 105 ปลูกในพื้นที่ใกล้เคียงกัน 15 แห่ง ปรากฏว่าได้ผลผลิตเฉลี่ย กิโลกรัมต่อไร่ ดังนี้ 360, 400, 375, 395, 425, 450, 475, 480, 500, 525, 380, 390, 495, 385 และ 440 และทางเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรกล่าวว่า พันธุ์ข้าวดังกล่าวให้ผลผลิตเฉลี่ยมากกว่า 450 กิโลกรัมต่อไร่ จงทดสอบความจริงนี้ในระดับนัยสำคัญ 0.01

ตรวจสอบเงื่อนไขการใช้สถิติทดสอบ t-test

เนื่องจากข้อมูลมีขนาดเล็กเท่ากับ 15 ตัวอย่าง ซึ่ง $n < 30$ จึงต้องตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่าการแจกแจงปกติ หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยอาจใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบว่าตัวแปร (ผลผลิตเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่ : rice_kg) มีการแจกแจงปกติ (ผู้วิจัยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากคู่มือการใช้โปรแกรม SPSS) โดยมีหลักการดังนี้

1) ตั้งสมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : ผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่มีการแจกแจงปกติ

H_1 : ผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่ไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3) เลือกเมนูและคำสั่งในโปรแกรม SPSS ตามลำดับดังนี้ Analyze---> Descriptive Statistics---> Explore... เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Explore ให้เลือกตัวแปร rice_kg ไปไว้ในกล่องของ Dependent List : ขึ้นต่อไป เลือกปุ่ม Plots จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกประเภทกราฟ เลือกส่วนที่ระบุว่า “Normality Plots with Test” คลิกปุ่ม Continue เมื่อเลือกเสร็จ และคลิกที่ปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output โดยตรวจสอบที่ตาราง Tests of Normality

ตารางที่ 5.2 ตรวจสอบข้อมูลผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
rice_kg	.192	15	.144	.927	15	.243

a. Lilliefors Significance Correction

สถิติที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย

1) Kolmogorov-Smirnov นำมาใช้เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 50

2) Shapiro-Wilk จะใช้เมื่อขนาดตัวอย่าง ≤ 50 ในตัวอย่างนี้ ขนาดตัวอย่าง = 15 จึงใช้ Shapiro-Wilk เราจะตัดสินใจปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้าค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ค่า $\alpha = 0.05$ จากผลลัพธ์ที่ได้ในตารางที่ 5.2 จะเห็นว่าค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณให้คือ 0.243 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.05 จึงตัดสินใจยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าตัวแปร rice_kg มีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น จึงสามารถใช้สถิติ t-test ในการทดสอบสมมติฐานได้ จึงดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$$H_0 : \mu = 450$$

$$H_1 : \mu > 450$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

เลือกสถิติทดสอบค่า t ที่ค่าเฉลี่ยค่าหนึ่งมาจากกลุ่มตัวอย่าง อีกค่าหนึ่งมาจากประชากร หรือค่าที่กำหนดเป็นเกณฑ์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ใช้ t-test แบบ one sample t-test (1 กลุ่มตัวอย่าง)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

$$df = n - 1$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ในที่นี้จำเป็นต้องคำนวณหาค่า df ก่อน เพื่อนำไปเปิดตาราง ($df = n - 1$ ได้ว่า $15 - 1 = 14$)

เปิดตาราง The t Distribution ที่ $\alpha = 0.01$ เป็นการทดสอบแบบทางเดียว ($1 - 0.01 = 0.99$) เปิดตารางหาค่า t ที่ $df = 14$ และ $t_{0.99}$ จะได้ค่าเท่ากับ 2.624 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}} \geq 2.624$ แต่ถ้าไม่มากกว่าจะไม่ปฏิเสธ H_0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งอยู่ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

$$\text{หาค่า } \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\sum x = 360 + 400 + 375 + 395 + 425 + \dots + 495 + 385 + 440 = 6,475$$

$$\bar{x} = \frac{6,475}{15} = 431.67$$

$$\text{หา } S \text{ จากสูตร } S^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$\text{เมื่อ } \sum x^2 = 2,834,375 \quad \sum x = 6,475 \quad n = 15$$

$$S^2 = \frac{15(2,843,375) - (6,475)^2}{15(15-1)} = 2,809.52 \quad \text{และ } S = 53.005$$

ฉะนั้น แทนค่าตามสูตรในขั้นตอนที่ 3 จะได้

$$t = \frac{431.67 - 450}{53.005 / 3.873} = \frac{-18.333}{13.686} = -1.34$$

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่าง $t_{\text{คำนวณ}} \geq 2.624$ จากการคำนวณจะได้ว่า $-1.34_{\text{คำนวณ}} < 2.624$ ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

จากผลการตัดสินใจทางสถิติพบว่า ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 จึงสรุปผลการทดสอบได้ว่า พันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ไม่น้อยกว่า 450 กิโลกรัมต่อไร่ คำกล่าวอ้างของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจึงไม่เป็นจริง

ตัวอย่างการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS แบบ one sample t-test (1 กลุ่มตัวอย่าง)

จากตัวอย่างเดิม (ตัวอย่างที่ 5.2)

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงปกติ หรือใกล้เคียงปกติ (ได้ทำการทดสอบไว้แล้ว และทราบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ)

ขั้นที่ 2 การทดสอบ (เราสนใจ μ ซึ่งเป็นผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่)

$$H_0 : \mu = 450$$

$$H_1 : \mu > 450$$

ขั้นที่ 3 ใช้คำสั่ง Analyze → Compare Mean → One-Sample t-test ...

เลือกตัวแปรจากข้อมูลที่เราทำการกรอกข้อมูลไว้ใน SPSS แล้ว

3.1 เลือกตัวแปรผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่ (Output rice) ใส่กล่อง Test Variable (s)

3.2 ในส่วนของกล่อง Test value ให้ใส่ตัวเลขที่ต้องการทดสอบ ในที่นี้เราสนใจว่าผลผลิตข้าวเฉลี่ยกิโลกรัมต่อไร่จะมากกว่า 450 หรือไม่ ก็จะกรอก 450 ในช่องนี้

ขั้นที่ 4 เลือก Options

- ในกล่องของ Confidence Interval ให้ใส่ระดับความเชื่อมั่น ในที่นี้ใส่ 99 (เนื่องจากโจทย์กำหนดให้ $\alpha = 0.01$) จากระดับความเชื่อมั่น $= (1 - \alpha) = 99\%$

- เลือก Continue แล้วเลือก OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย One- Sample Test

ผลผลิตข้าวหอมมะลิ105		
Test Value = 450	t	-1.340
	df	14
Significance	One-Sided p	.101
	Two-Sided p	.202
Mean Difference		-18.33333
99% Confidence Interval of the Difference	Lower	-59.0739
	Upper	22.4072

ความหมายของผลลัพธ์ในตารางที่ 5.3

จากตารางที่ 5.3 ค่า Sig One-Side p = 0.101 (เลือกพิจารณาตัวนี้เนื่องจากเป็นการทดสอบด้านเดียว) ค่า sig มากกว่า α ($0.101 > 0.01$) จึงไม่ปฏิเสธ H_0 เมื่อพิจารณาค่า $t = -1.340$ ซึ่งมีค่าติดลบทำให้การทดสอบไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้เลย ดังนั้น ข้อสรุปคือ ความเชื่อของเจ้าหน้าที่ส่งเสริมเกษตรที่เชื่อว่าผลผลิต

ข้าวหอมมะลิ 105 มีผลผลิตเฉลี่ย 450 กิโลกรัมต่อไร่ นั้น ไม่เป็นความจริง นั่นคือ ผลผลิตเฉลี่ยข้าวหอมมะลิ $105 \leq 450$ กิโลกรัมต่อไร่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

สำหรับการทดสอบสมมติฐานเมื่อใช้ผลลัพธ์การวิเคราะห์ของ SPSS เพื่อสรุปผลการทดสอบนั้น คือ การหาข้อสรุปของขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งจะต้องพิจารณาองค์ประกอบให้ครบเงื่อนไข จึงจะถือว่าข้อมูลหรือหลักฐานเพียงพอที่จะปฏิเสธ H_0 หากไม่ครบเงื่อนไขจะไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้

ตารางที่ 5.4 เขตปฏิเสธ H_0 สำหรับการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทั้ง 1 และ 2 ประชากร เมื่อใช้ผลลัพธ์ของ SPSS

แบบการทดสอบ	เงื่อนไขการปฏิเสธสมมติฐาน H_0
1. การทดสอบ 2 ด้าน $H_0 : \mu = \mu_0$ $H_1 : \mu \neq \mu_0$ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \mu_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq \mu_0$	Two-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) < α เมื่อ α เป็นระดับนัยสำคัญที่กำหนด
2. การทดสอบด้านเดียว 2.1 $H_0 : \mu = \mu_0$ $H_1 : \mu > \mu_0$ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 \leq \mu_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 > \mu_0$	1. One-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) < $\frac{\alpha}{2}$ และ 2. ค่า $t > 0$ (t มีค่าบวก)
2.2 $H_0 : \mu = \mu_0$ $H_1 : \mu < \mu_0$ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = \mu_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 < \mu_0$	1. One-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) < $\frac{\alpha}{2}$ และ 2. ค่า $t < 0$ (t มีค่าลบ)

หมายเหตุ : - μ_0 เป็นค่าคงที่ ที่อาจเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ ก็ได้

- การทดสอบแบบด้านเดียว เงื่อนไขทั้ง ข้อ 1 และ ข้อ 2 ครบทั้ง 2 ข้อ ต้องเป็นจริง จึงจะสามารถปฏิเสธ H_0 ได้

ที่มา : (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2551: 222)

5.3.2 ใช้ t-test แบบ Independent Sample t-test) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ค่า มาจาก 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Sample)

กรณีที่กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน คือ กลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเป็นคนละคนกัน จำแนกการวิเคราะห์เป็น 2 กรณี ดังนี้

1) กรณีที่ความแปรปรวนทั้ง 2 กลุ่มเท่ากัน

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ (Pooling Variances)}$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \dots\dots\dots (5.2)$$

และ $df = n_1 + n_2 - 2$

ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างคือ S_1^2 และ S_2^2 จะนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักโดยถ่วงน้ำหนักด้วย $df = (N_i - 1)$ ซึ่งจะเรียกตัวประมาณความแปรปรวนนี้ว่า S_p^2 จากสูตรที่ (5.2) เราจะหา S_p^2 = ความแปรปรวนรวมของสองกลุ่ม หาได้จากสูตร

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \dots\dots\dots (5.3)$$

กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ นี้จะเรียกว่า Pooled t-test ถ้าหาก $n_1 = n_2$ แล้ว สามารถใช้ Pooled t-test ได้เลย ไม่ต้องทดสอบความแปรปรวนก็ได้

2) ในกรณีที่ความแปรปรวนของทั้ง 2 กลุ่มไม่เท่ากัน

$$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \text{ (Non-Pooling Variances)}$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \dots\dots\dots (5.4)$$

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \dots\dots\dots (5.5)$$

จากสูตรที่ (5.5) การประมาณค่า df นี้ จะถูกต้องเมื่อขนาดตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มีค่าตั้งแต่ 5 ขึ้นไป (Moore and McCabe, 2006: 538)

กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ จะเรียกว่า Non-pooled t-test ถ้าหาก $n_1 \neq n_2$ แล้ว ให้ทดสอบด้วย F-test ถ้าค่า F-test ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติให้ใช้ Pooled t-test แต่ถ้าหากมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับที่ตั้งไว้ ให้ใช้ Non-pooled t-test

โดยที่ $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ คือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2
 S_1^2, S_2^2 คือค่าความแปรปรวนกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2
 n_1, n_2 คือขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ 1 และกลุ่มที่ 2
 S_p^2 คือค่าความแปรปรวนร่วม (Pooled Variance)
df จำนวนค่าที่มีอิสระ

ในการเลือกใช้สูตรให้ถูกต้อง ต้องรู้ว่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองกลุ่มเท่ากันหรือไม่ นั้น วิธีที่จะทราบว่าความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ สถิติที่นิยมนำมาทดสอบคือ **F-test** ดังนั้นวิธีการทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน มีดังนี้

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \dots\dots\dots 5.6$$

โดยที่ $df_1 = n_1 - 1$ และ $df_2 = n_2 - 1$

$S_1^2 =$ คือความแปรปรวนของตัวอย่างที่มีค่าความแปรปรวนมากกว่า (หมายถึง นำค่าความแปรปรวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวเศษหรือเป็นตัวตั้ง)

$S_2^2 =$ คือความแปรปรวนของตัวอย่างที่มีค่าความแปรปรวนน้อยกว่า (หมายถึง นำค่าความแปรปรวนที่มีค่าน้อยกว่าเป็นตัวส่วนหรือเป็นตัวหาร)

ทั้งนี้ เมื่อต้องทดสอบค่า F หรือ F-test ตั้งสมมติฐาน ดังนี้

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

วิธีการใช้สูตร คือ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ เมื่อ $S_1^2 > S_2^2$ โดยมี $df_1 = n_1 - 1$ และ $df_2 = n_2 - 1$

หรือ $F = \frac{S_2^2}{S_1^2}$ เมื่อ $S_2^2 > S_1^2$ โดยมี $df_1 = n_2 - 1$ และ $df_2 = n_1 - 1$

จะเห็นได้ว่า ต้องนำเอาความแปรปรวนที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้งหรือตัวเศษ และให้ df ของตัวตั้งหรือตัวเศษเป็น df_1 ให้ df ของตัวหารหรือตัวส่วนเป็น df_2 เสมอ ยกตัวอย่าง หากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 มี $n_1 = 12$ กลุ่มตัวอย่างที่ 2 มี $n_2 = 7$ จะมีวิธีการหาค่า F และการแทนค่า df เพื่อนำไปเปิดตารางสถิติ The F-Distribution ซึ่งต้องกระทำอย่างถูกต้อง ดังนี้

1) หากการคำนวณหา S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ได้ค่ามากกว่า S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 คือ $S_1^2 > S_2^2$ ให้เอา S_1^2 เป็นตัวเศษ เอา S_2^2 เป็นตัวส่วน ซึ่งตัวเศษ มี $n_1 = 12$ ดังนั้น

$$df_1 = 12 - 1 = 11 \text{ โดยตัวส่วนมี } n_2 = 7 \text{ ดังนั้น } df_2 = 7 - 1 = 6$$

2) หากการคำนวณหา S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ได้ค่ามากกว่า S^2 ของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 คือ $S_2^2 > S_1^2$ ให้เอา S_2^2 เป็นตัวเศษ เอา S_1^2 เป็นตัวส่วน ซึ่งตัวเศษ มี $n_2 = 7$ ดังนั้น

$$df_1 = 7 - 1 = 6 \text{ โดยตัวส่วนมี } n_1 = 12 \text{ ดังนั้น } df_2 = 12 - 1 = 11$$

3) เมื่อต้องนำค่า df_1 และ df_2 ไปเปิดตารางสถิติ The F Distribution เช่น จาก ข้อ 2) ถ้า $S_2^2 > S_1^2$ จะได้ว่า $df_1 = 6$ และ $df_2 = 11$ เราจะไปเปิดตาราง ดังนี้

ตารางที่ 5.5 ตัวอย่างวิธีการหาค่าสถิติ F จากการเปิดตาราง The F Distribution

$P = 0.05$

df ₁ (degrees of freedom ของตัวเศษ)								
df ₂ (degrees of Freedom ของตัวส่วน)		2		6			24	∞
	1							
	∴							
	11			3.09				
	∴							
	120							
	∞							

จากตาราง The F Distribution ดังตารางที่ 5.5 เมื่อ $df_1 = 6$ (df ของตัวเศษ) และ $df_2 = 11$ (เป็น df ของตัวส่วน) ได้ค่าสถิติ F จากการเปิดตาราง คือ 3.09 ซึ่งจะสรุป การนำค่า F ที่คำนวณได้จาก สูตรไปเปรียบเทียบกับค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง (3.09) ดังนี้

(1) หากค่า F ที่ได้จากการคำนวณ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง ถ้า ค่า F ที่คำนวณได้ $\geq$ ค่า F จากการเปิดตาราง แสดงว่าความแปรปรวนทั้งสองกลุ่มไม่เท่ากัน หรือแตกต่างกัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) จะต้องใช้สูตรที่ (5.4) เรียกว่า Nonpooled t-test หรือ Separate Variance t-test

(2) แต่ถ้าหาก F ที่ได้จากการคำนวณ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง ถ้าค่า F ที่คำนวณได้ $<$ ค่า F จากการเปิดตาราง แสดงว่าความแปรปรวนทั้งสองกลุ่มเท่ากัน หรือไม่แตกต่างกัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) จะต้องใช้สูตรที่ (5.2) เรียกว่า pooled t-test หรือ pooled Variance t-test

5.3.3 ตัวอย่างคำนวณ Independent Sample t-test การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ค่า มาจาก 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

ตัวอย่างที่ 5.3 มีการสงสัยกันว่าถั่วลิสงดิบและถั่วลิสงคั่วมีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน ดังนั้น จึงทดลองเลี้ยงหนูอย่างละ 9 ตัว เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้น้ำหนักเพิ่มเป็นกรัมดังนี้

ถั่วลิสงคั่ว (X_1)	55	54	47	59	51	61	57	62	58
ถั่วลิสงดิบ (X_2)	61	60	56	63	56	63	59	55	61

จงทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ ว่าถั่วลิสงคั่วมีคุณภาพต่ำกว่าถั่วลิสงดิบ

ตรวจสอบเงื่อนไขการใช้สถิติทดสอบ t-test

เนื่องจากข้อมูลมีขนาดเล็ก 9 ตัวอย่าง ซึ่ง $n < 30$ จึงต้องตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลว่ามีการแจกแจงปกติ หรือไม่ ผู้วิจัยอาจใช้โปรแกรม SPSS เพื่อทดสอบการแจกแจงของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และถั่วลิสงดิบ ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

1) การตรวจสอบการแจกแจงน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว

- 1.1) H_0 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่วมีการแจกแจงปกติ
 H_1 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่วไม่ได้มีการแจกแจงปกติ
- 1.2) H_0 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบมีการแจกแจงปกติ
 H_1 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

3) เลือกเมนูและคำสั่งในโปรแกรม SPSS ตามลำดับดังนี้ Analyze--->Descriptive Statistics---> Explore... เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Explore ให้เลือกตัวแปรน้ำหนักหนู ไปไว้ในกล่องของ Dependent List : และเลือกตัวแปรถั่วลิสง ใส่ไว้ในกล่องของ Factor List และเลือก Statistic เลือก Descriptive ให้ Confidence Interval for mean เป็น 99% ขึ้นต่อไป เลือกปุ่ม Plots จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกประเภทกราฟ เลือกส่วนที่ระบุว่า “Normality Plots with Test” คลิกปุ่ม Continue เมื่อเลือกเสร็จ และคลิกที่ปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output โดยตรวจสอบที่ตาราง Tests of Normality ตารางที่ 5.6 ทั้งนี้ในหัวข้อนี้จะเพิ่มการทดสอบความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม โดยใช้โปรแกรม SPSS เลือกเมนูต่อเนื่องจากการทดสอบการแจกแจงปกติ ซึ่งในปุ่ม Plots จะมีกล่องของ Spread vs. Level with Levene Test ให้เลือก Untransformed (ผลการทดสอบความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 5.7)

ตารางที่ 5.6 ตรวจสอบข้อมูลน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

		Tests of Normality					
ถั่วลิสง		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
น้ำหนักหนู	ถั่วคั่ว	.138	9	.200*	.958	9	.778
	ถั่วดิบ	.197	9	.200*	.900	9	.251

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากตารางที่ 5.6 ผลการตรวจสอบข้อมูลโดยใช้ค่า Shapiro-Wilk จะสรุปได้ว่า

(1) H_0 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่วมีการแจกแจงปกติ

H_1 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่วไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

ผลการตรวจสอบข้อมูลจากตารางที่ 5.6 โดยใช้ค่า Shapiro-Wilk จากผลลัพธ์ที่ได้ค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณ คือ 0.778 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.01 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าตัวแปรน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่วมีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จึงสามารถใช้สถิติ t-test ในการทดสอบสมมติฐานได้

(2) H_0 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบมีการแจกแจงปกติ

H_1 : น้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

จากตารางที่ 5.6 จะใช้ค่า Shapiro-Wilk จากผลลัพธ์ที่ได้ค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณ คือ 0.251 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.01 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าตัวแปรน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบมีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จึงสามารถใช้สถิติ t-test ในการทดสอบสมมติฐานได้

การตรวจสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่วและน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบว่าแตกต่างกันหรือไม่

ตารางที่ 5.7 ตรวจสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบว่าแตกต่างกันหรือไม่

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
น้ำหนักหนู	Based on Mean	1.533	1	16	.234
	Based on Median	1.095	1	16	.311
	Based on Median and with adjusted df	1.095	1	12.730	.315
	Based on trimmed mean	1.465	1	16	.244

จากตารางที่ 5.7 เป็นการทดสอบความแปรปรวนของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่วกับน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Levene Statistic

$$H_0 : \sigma^2_{\text{น้ำหนักหนูกินถั่วคั่ว}} = \sigma^2_{\text{น้ำหนักหนูกินถั่วดิบ}}$$

$$H_1 : \sigma^2_{\text{น้ำหนักหนูกินถั่วคั่ว}} \neq \sigma^2_{\text{น้ำหนักหนูกินถั่วดิบ}}$$

จากตารางที่ 5.7 ค่า Sig. (Significance) ของการทดสอบเท่ากับ 0.234 มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.01 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 นั่นคือ ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่วและน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบไม่แตกต่างกัน

ทำการทดสอบการคำนวณในขั้นตอนต่อไปดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$$H_0 : \mu_{\text{ถั่วลิสงคั่ว}} = \mu_{\text{ถั่วลิสงดิบ}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{ถั่วลิสงคั่ว}} < \mu_{\text{ถั่วลิสงดิบ}}$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

$$\text{กำหนดระดับนัยสำคัญ } \alpha = 0.01$$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

จากโจทย์ขนาดตัวอย่าง $n_1 = 9$ และ $n_2 = 9$ ซึ่งมีขนาดเท่ากัน เราทราบว่าถ้าหาก $n_1 = n_2$ แล้วสามารถใช้สูตร Pooled t-test (กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) ได้เลย ไม่ต้องทดสอบความแปรปรวน แต่ในที่นี้จะยกตัวอย่างการทดสอบค่า F-test เพื่อพิสูจน์ว่าทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ พิสูจน์ดังนี้

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มที่ 1 (หนู) (n ₁)	ถั่วลิสงคั่ว (X ₁)	X ₁ ²	กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มที่ 2 (หนู) (n ₂)	ถั่วลิสงดิบ (X ₂)	X ₂ ²
1	55	3,025	1	61	3,721
2	54	2,916	2	60	3,600
3	47	2,209	3	56	3,136
4	59	3,481	4	63	3,969
5	51	2,601	5	56	3,136
6	61	3,721	6	63	3,969
7	57	3,249	7	59	3,481
8	62	3,844	8	55	3,025
9	58	3,364	9	61	3,721
	$\sum x_1 = 504$	$\sum x_1^2 = 28,410$		$\sum x_2 = 534$	$\sum x_2^2 = 31,758$
	$\bar{x}_1 = 56$			$\bar{x}_2 = 59.33$	

จากสูตร $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ หาค่า S_1^2 และ ค่า S_2^2 (โดยให้ค่ามากกว่าเป็น S_1 ค่าน้อยกว่าเป็น S_2)

$$\text{จากสูตร } S^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$\text{หาค่า } S_1^2 = \frac{9(28,410) - (504)^2}{9(9-1)} = 23.25$$

$$\text{หาค่า } S_2^2 = \frac{9(31,758) - (534)^2}{9(9-1)} = 9.25$$

$$\text{ทดสอบความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม ด้วยสูตร } F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

$$F = \frac{23.25}{9.25} = 2.514$$

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า F ในตาราง F ที่ $\alpha = 0.01$ และ $df_{n_1} = 8$ และ $df_{n_2} = 8$ ซึ่งมีค่า F = 6.03 (ค่า F ในตาราง) พบว่า ค่า F ที่คำนวณได้ 2.514 ไม่มากกว่า F ในตาราง จึงสรุปได้ว่า ความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มเท่ากัน ดังนั้นจากโจทย์ในข้อนี้ จึงใช้สูตรที่ (5.2)

$$\text{กรณี } \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \text{ ใช้สูตรที่ (5.2) } t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

และ $df = n_1 + n_2 - 2$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ในที่นี้จำเป็นต้องคำนวณหาค่า df ก่อน เพื่อนำไปเปิดตาราง ($df = n_1 + n_2 - 2$ ได้ $df = 16$)

เปิดตาราง The t Distribution ที่ $\alpha = 0.01$ เป็นการทดสอบแบบทางเดียว ($1 - 0.01 = 0.99$) เปิดตาราง หาค่า t ที่ $df = 16$ และ $t_{0.99}$ จะได้ค่าเท่ากับ 2.583 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}} \geq 2.583$ แต่ถ้าไม่มากกว่าจะไม่ปฏิเสธ H_0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งอยู่ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

$$\text{จากสูตรที่ (5.2) } t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

และ $df = n_1 + n_2 - 2$

และต้องหาค่าความแปรปรวนร่วม s_p^2 ก่อนด้วยสูตรที่ (5.3) ดังนี้

$$\text{จากสูตร } s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$s_p^2 = \frac{(9 - 1)23.25 + (9 - 1)9.25}{9 + 9 - 2}$$

$$s_p^2 = 16.25$$

$$\text{จากสูตรที่ (5.2) } t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

และ $df = n_1 + n_2 - 2$

$$\text{แทนค่าในสูตร จะได้ } t = \frac{56 - 59.33}{\sqrt{16.25 \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right)}} = -1.754$$

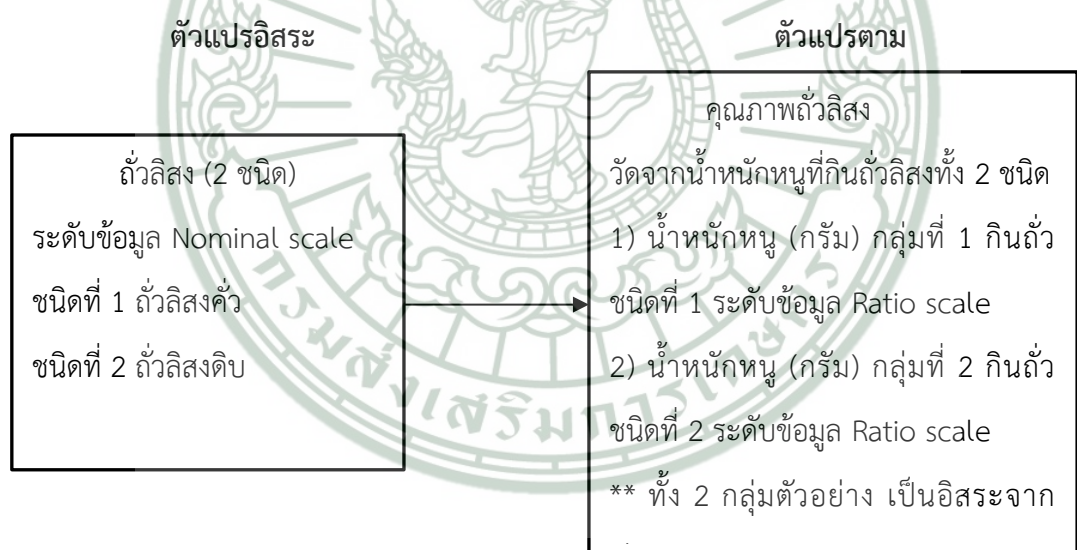
ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่าง $t_{\text{คำนวณ}} \geq 2.583$ จากการคำนวณจะได้ว่า $-1.754_{\text{คำนวณ}} < 2.583$ ดังนั้น จึงยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ว่าเป็นจริง

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

จากผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 จึงสรุปผลการทดสอบว่าไม่สามารถยืนยันความเชื่อได้ว่าถั่วลิสงคั่วมีคุณภาพต่ำกว่าถั่วลิสงดิบที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

จากโจทย์ตัวอย่างที่ 5.3 เป็นการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากร เมื่อสุ่มตัวอย่างจากแต่ละประชากรที่เป็นอิสระกัน (Independent Sample) และตามเงื่อนไขของการทดสอบค่าทางสถิติ นั้น ข้อมูลตัวแปรตามต้องมีค่าต่อเนื่อง (มีมาตรวัดระดับ Interval scale และ Ratio scale) และตัวแปรอิสระ ที่จะใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบต้องมีระดับการวัดเป็นกลุ่มหรือประเภท (Nominal scale หรือ ordinal scale) หากมีระดับเป็น Interval scale หรือ Ratio scale จะต้องแบ่งเป็นกลุ่มก่อน และตัวแปรที่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มต้องวัดในสิ่งเดียวกัน ดังนั้น จากตัวอย่างที่ 5.3 จำแนกตัวแปรได้ดังนี้



ภาพที่ 5.1 แสดงตัวแปรอิสระและตัวตาม ในโจทย์ตัวอย่างที่ 5.3

5.3.4 ตัวอย่างการใช้ SPSS สำหรับสถิติทดสอบ Independent sample t-test

(2 กลุ่มตัวอย่างอิสระจากกัน) กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (จากตัวอย่างที่ 5.3)

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงปกติ หรือใกล้เคียงปกติ (ได้ทำการทดสอบไว้แล้ว และทราบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติ)

ขั้นที่ 2 การทดสอบ

$$H_0 : \mu_{\text{ถั่วลิสงคั่ว}} = \mu_{\text{ถั่วลิสงดิบ}}$$

$$H_1 : \mu_{\text{ถั่วลิสงคั่ว}} < \mu_{\text{ถั่วลิสงดิบ}} \text{ หรือ } H_1 : \mu_{\text{ถั่วลิสงคั่ว}} - \mu_{\text{ถั่วลิสงดิบ}} < 0$$

ขั้นที่ 3 ใช้คำสั่ง Analyze → Compare Mean → Independent Sample t-test ...

เลือกตัวแปรจากข้อมูลที่เราทำการกรอกข้อมูลไว้ใน SPSS แล้ว

3.1 เลือกตัวแปรตาม (น้ำหนักของหนูกลุ่มตัวอย่าง) ใส่ในกล่องของ Test Variable (s)

3.2 ในส่วนของกล่อง Grouping variable ให้ใส่ตัวแปรที่ใช้แบ่งน้ำหนักหนูเป็น 2 กลุ่ม คือตัวแปรชนิดของถั่ว คือ ถั่วลิสงคั่ว (ให้รหัสเป็น 1) และ ถั่วลิสงดิบ (ให้รหัสเป็น 2) โดยคลิกที่ Define Group แล้วกรอกในช่อง Group 1 ใส่ 1 (เราให้รหัสถั่วลิสงคั่วไว้เป็น 1) ส่วนช่อง Group 2 กรอก 2 (ใส่รหัสถั่วลิสงดิบไว้เป็น 2) ทั้งนี้เราให้ถั่วลิสงคั่วเป็นตัวตั้ง แล้วให้ถั่วลิสงดิบเป็นตัวลบ (จากการตั้งสมมติฐาน)

ขั้นที่ 4 เลือก Options

- ในกล่องของ Confidence Interval ให้ใส่ระดับความเชื่อมั่น ในที่นี้ใส่ 99 (เนื่องจากโจทย์กำหนดให้ $\alpha = 0.01$) จากระดับความเชื่อมั่น $= (1 - \alpha) = 99\%$

- เลือก Continue แล้วเลือก OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Independent Sample Test

		Levene 's test for equality of Variances		t-test for equality of Mean						
		F	1 Sig	t	df	2 Sig One-sided p	Mean difference	Std. Error difference	99% confidence interval of the difference	
									Lower	Upper
น้ำหนัก หนูกินถั่ว ลิสงคั่ว	Equal Variances Assumed	1.533	.234	-1.754	16	0.49	-3.333	1.900	-8.884	2.217
	Equal Variances Not Assumed			-1.754	13.496	0.51	-3.333	1.900	-9.023	2.356

ความหมายของผลลัพธ์ในตารางที่ 5.8

ขั้นที่ 1 จาก 1 ในช่องของ Levene 's test for equality of Variances เป็นการตรวจสอบความแปรปรวนของน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่วและถั่วลิสงดิบ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่ง ค่า Sig = 0.234 จะอยู่ใน

ช่องของ Equal Variances Assumed มีความหมายว่า ยอมรับสมมติฐาน H_0 ว่า 2 กลุ่มตัวอย่างมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน (Sig 0.234 > 0.01 จึงยอมรับ H_0)

ขั้นที่ 2 จาก 2 เนื่องจากขั้นที่ 1 สรุปว่า Equal Variances Assumed ทำให้ในขั้นที่ 2 นี้ ต้องใช้การทดสอบด้วยค่าสถิติ t ของ Equal Variances Assumed ซึ่งได้ค่าสถิติ t = -1.754 ได้ค่า Sig One-sided p = 0.49 มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.01$ จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ไม่สามารถยืนยันได้ว่าคุณภาพของถั่วลิสงคั่วต่ำกว่าถั่วลิสงดิบ

5.3.5 ตัวอย่างการคำนวณ สถิติทดสอบ t-test for Independent Samples ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ค่า จาก 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Sample)

ตัวอย่างที่ 5.4 เปรียบเทียบน้ำหนักสุกรขุน (ก่อนขาย) เมื่อทดลองให้สุกรกินอาหารโปรตีนสูงกับอาหารโปรตีนต่ำ ดังนั้นจึงทดลองเลี้ยงสุกรขุนด้วยอาหารโปรตีนสูงจำนวน 12 ตัว และเลี้ยงด้วยอาหารโปรตีนต่ำจำนวน 7 ตัว เมื่อเลี้ยงจนครบกำหนดก่อนขายสุกรขุนได้ชั่งน้ำหนักสุกรขุน ได้น้ำหนักเป็นกิโลกรัม ดังนี้

สุกรขุน กลุ่ม 1 (ให้อาหารโปรตีนสูง) (n_1)	น้ำหนักสุกรที่ให้อาหาร โปรตีนสูง (X_1) กิโลกรัม	สุกรขุน กลุ่ม 2 (ให้อาหารโปรตีนต่ำ) (n_2)	น้ำหนักสุกรที่ให้อาหาร โปรตีนต่ำ (X_2) กิโลกรัม
1	110	1	85
2	110	2	85
3	100	3	105
4	105	4	80
5	120	5	90
6	115	6	105
7	100	7	115
8	115		
9	110		
10	100		
11	120		
12	110		

นักวิชาการเกษตรอยากราบว่าหากทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลจากการให้อาหารสุกรขุนด้วยอาหารทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างกันหรือไม่

ตัวอย่างที่ 5.4 นี้ ในขั้นตอนของการตรวจสอบเงื่อนไขว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติหรือไม่ และการตรวจสอบข้อมูลว่ามีความแปรปรวนแตกต่างกันหรือไม่ นั้น จะยกตัวอย่างไปอยู่ในการคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS ซึ่งจะอยู่ลำดับถัดไปจากการคำนวณด้านล่างนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ โดยที่ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูง

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

จากโจทย์ขนาดตัวอย่าง $n_1 = 12$ และ $n_2 = 7$ ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน จึงต้องทำการทดสอบว่าทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่

สุกรขุน กลุ่ม 1 (ให้อาหาร โปรตีนสูง) n_1	น้ำหนักสุกรที่ให้ อาหารโปรตีนสูง (X_1) กิโลกรัม	X_1^2	สุกรขุน กลุ่ม 2 (ให้อาหาร โปรตีนต่ำ) n_2	น้ำหนักสุกรที่ ให้อาหาร โปรตีนต่ำ (X_2) กิโลกรัม	X_2^2
1	110	12,100	1	85	7,225
2	110	12,100	2	90	8,100
3	100	10,000	3	100	10,000
4	105	11,025	4	90	8,100
5	120	14,400	5	85	7,225
6	115	13,225	6	105	11,025
7	100	10,000	7	115	13,225
8	115	13,225			
9	110	12,100			
10	100	10,000			
11	120	14,400			
12	110	12,100			
	$\sum x_1 = 1,315$	$\sum x_1^2 = 144,675$		$\sum x_2 = 665$	$\sum x_2^2 = 64,225$
	$\bar{x}_1 = 109.583$			$\bar{x}_2 = 95$	

หา S^2 จากสูตร
$$S^2 = \frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

หาค่า $S_1^2 = \frac{7(64,225) - (665)^2}{7(7-1)} = 175$

หาค่า $S_2^2 = \frac{12(144,675) - (1,315)^2}{12(12-1)} = 52.083$

ทดสอบความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม ด้วยสูตร $F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$

$$F = \frac{175}{52.083} = 3.36$$

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่า F ในตาราง F ที่ $\alpha = 0.05$ และ $df_{n_1} = 6$ (df ของตัวเศษ) และ $df_{n_2} = 11$ (df ของตัวส่วน) ซึ่งได้ค่า $F = 3.09$ (ค่า F ในตาราง) พบว่า ค่า F ที่คำนวณได้ 3.36 ซึ่งมากกว่าค่า F ในตาราง จึงสรุปได้ว่า ความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่มไม่เท่ากันหรือแตกต่างกัน ดังนั้นจากโจทย์ในข้อนี้ จึงใช้สูตรที่ (5.4 และ 5.5)

สูตรที่ (5.4 และ 5.5) ในกรณีที่ความแปรปรวนของทั้ง 2 กลุ่มไม่เท่ากัน $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (Non-Pooling Variances)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$\text{และ } df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ในที่นี้จำเป็นต้องคำนวณหาค่า df ก่อน เพื่อนำไปเปิดตาราง

$$\text{และ } df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

แทนค่าในสูตร

$$df = \frac{\left(\frac{175}{7} + \frac{52.08}{12}\right)^2}{\frac{\left(\frac{175}{7}\right)^2}{7 - 1} + \frac{\left(\frac{52.08}{12}\right)^2}{12 - 1}}$$

$$df = 8.13 \text{ หรือ } 8$$

เปิดตาราง The t Distribution ที่ $\alpha = 0.05$ เป็นการทดสอบแบบสองทาง ($1 - 0.025 = 0.975$) เปิดตารางหาค่า t ที่ $df = 8$ และ $t_{0.975}$ จะได้ค่าเท่ากับ 2.306 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}}$ ไม่อยู่ระหว่าง ± 2.306 แต่หากอยู่ระหว่าง ± 2.306 จะยอมรับสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งเลือกไว้ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

$$t = \frac{109.58 - 95}{\sqrt{\frac{175}{7} + \frac{52.08}{12}}} = 2.692$$

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

จากการคำนวณจะได้ว่า 2.692 ไม่อยู่ระหว่าง ± 2.306 ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ยอมรับสมมติฐานทางเลือก H_1 ว่าเป็นจริง

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

จากผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 จึงสรุปผลการทดสอบว่า ผลทดลองจากการให้สูตรอาหารโปรตีนต่ำและโปรตีนสูงกับสุกรขุนให้ผลแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3.6 ตัวอย่างการใช้ SPSS สถิติทดสอบ Independent sample t-test

(2 กลุ่มตัวอย่างอิสระจากกัน) กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (จากตัวอย่างที่ 5.4)

ในโจทย์ตัวอย่างที่ 5.4 นี้ หากนำข้อมูลไปทดสอบหาค่าสถิติในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS จะต้องดำเนินขั้นตอนตรวจสอบเงื่อนไขข้อมูลก่อน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ต้องตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงปกติ หรือใกล้เคียงปกติ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่าง $n < 30$

1) ตรวจสอบการแจกแจงของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำ และที่กินอาหารโปรตีนสูง

1.1) H_0 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำมีการแจกแจงปกติ

H_1 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

1.2) H_0 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงมีการแจกแจงปกติ

H_1 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3) เลือกเมนูและคำสั่งในโปรแกรม SPSS ตามลำดับดังนี้ Analyze---> Descriptive Statistics---> Explore... เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Explore ให้เลือกตัวแปรน้ำหนักของสุกรขุนไปไว้ในกล่องของ Dependent List : และเลือกตัวแปรอาหารโปรตีนต่ำ และอาหารโปรตีนสูง ใส่ไว้ในกล่องของ Factor List และเลือก Statistic เลือก Descriptive ให้ Confidence Interval for mean เป็น 95% ขึ้นต่อไป เลือก Plots จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกประเภทกราฟ เลือกส่วนที่ระบุว่า “Normality Plots with Test”

คลิกปุ่ม Continue เมื่อเลือกเสร็จ และคลิกที่ปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output โดยตรวจสอบที่ตาราง Tests of Normality ทั้งนี้ในหัวข้อนี้จะเพิ่มการทดสอบความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม โดยใช้โปรแกรม SPSS เลือกเมนูต่อเนื่องจากการทดสอบการแจกแจงปกติ ซึ่งในปุ่ม Plots จะมีกล่องของ Spread vs. Level with Levene Test ให้เลือก Untransformed (ผลการทดสอบความแปรปรวนของประชากร 2 กลุ่ม จะแสดงในตารางที่ 5.10)

ตารางที่ 5.9 ตรวจสอบข้อมูลน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงคั่ว และน้ำหนักหนูที่กินถั่วลิสงดิบว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

		Tests of Normality					
อาหารสุกรขุน		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
น้ำหนักสุกรขุน	โปรตีนต่ำ	.219	7	.200*	.897	7	.314
	โปรตีนสูง	.190	12	.200*	.900	12	.158

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

จากตารางที่ 5.9 ผลการตรวจสอบข้อมูลการแจกแจงปกติ โดยใช้ค่า Shapiro-Wilk จะสรุปได้ว่า

(1) H_0 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำมีการแจกแจงปกติ

H_1 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

ค่า Shapiro-Wilk จากผลลัพธ์ที่ได้ค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณ คือ 0.314 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าตัวแปรน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงคั่วมีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสามารถใช้สถิติ t-test ในการทดสอบสมมติฐานได้

(2) H_0 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงมีการแจกแจงปกติ

H_1 : น้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงไม่ได้มีการแจกแจงปกติ

จากตารางที่ 5.9 จะใช้ค่า Shapiro-Wilk จากผลลัพธ์ที่ได้ค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณ คือ 0.158 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าตัวแปรน้ำหนักของหนูที่กินถั่วลิสงดิบมีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสามารถใช้สถิติ t-test ในการทดสอบสมมติฐานได้

ขั้นที่ 2 ทำการตรวจสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำ และอาหารโปรตีนสูงว่าแตกต่างกันหรือไม่

ตารางที่ 5.10 ตรวจสอบค่าความแปรปรวนของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำ และน้ำหนักของสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงว่าแตกต่างกันหรือไม่

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
น้ำหนักสุกรขุน	Based on Mean	7.664	1	17	.013
	Based on Median	3.274	1	17	.088
	Based on Median and with adjusted df	3.274	1	12.169	.095
	Based on trimmed mean	7.414	1	17	.014

จากตารางที่ 5.10 เป็นการทดสอบความแปรปรวนของน้ำหนักหมูที่กินถั่วลิสงคั่วกับน้ำหนักของหมูที่กินถั่วลิสงดิบ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Levene Statistic

$$H_0 : \sigma^2_{\text{น้ำหนักสุกรกินโปรตีนต่ำ}} = \sigma^2_{\text{น้ำหนักสุกรกินโปรตีนสูง}}$$

$$H_1 : \sigma^2_{\text{น้ำหนักสุกรกินโปรตีนต่ำ}} \neq \sigma^2_{\text{น้ำหนักสุกรกินโปรตีนสูง}}$$

จากตารางที่ 5.10 ค่า Sig. (Significance) ของการทดสอบเท่ากับ 0.013 น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 นั่นคือ ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักสุกรที่กินอาหารโปรตีนต่ำ และน้ำหนักสุกรที่กินอาหารโปรตีนสูงแตกต่างกัน

5.3.6 วิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS สถิติทดสอบ Independent sample t-test

(2 กลุ่มตัวอย่างอิสระจากกัน) กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad \text{โดยที่ } \mu_1 \text{ คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูง}$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad \mu_2 \text{ คือ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนต่ำ}$$

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS ดังนี้

ใช้คำสั่ง Analyze ---> Compare Mean Independent Sample t-test ...

เลือกตัวแปรจากข้อมูลที่เราทำการกรอกข้อมูลไว้ใน SPSS แล้ว

3.1 เลือกตัวแปรตาม (น้ำหนักของสุกรขุนกลุ่มตัวอย่าง) ใส่ในกล่องของ Test Variable (s)

3.2 ในส่วนของกล่อง Grouping variable ให้ใส่ตัวแปรที่ใช้แบ่งน้ำหนักสุกรขุนออกเป็น 2 กลุ่ม คือตัวแปรอาหารโปรตีนต่ำ (ให้รหัสเป็น 0) และ อาหารโปรตีนสูง (ให้รหัสเป็น 1) โดยคลิกที่ Define Group แล้วกรอกในช่อง Group 1 ใส่ 1 ส่วนช่อง Group 2 เราจะกรอก 0

เลือก Options

- ในกล่องของ Confidence Interval ให้ใส่ระดับความเชื่อมั่น ในที่นี้ใส่ 95 เนื่องจากโจทย์กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ จากระดับความเชื่อมั่น $= (1 - \alpha) = 95\%$
- เลือก Continue แล้วเลือก OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าสถิติจากการวิเคราะห์ด้วย Independent Sample Test

กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Independent Samples Test			
		น้ำหนักสุกรขุน	
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed
Levene's Test for Equality of Variances	1	7.664	
	Sig.	.013	
t-test for Equality of Means	t	3.138	2.692
	df	17	8.131
	Significance		
	One-Sided p	.003	.014
	2 Two-Sided p	.006	.027
	Mean Difference	14.58333	14.58333
	Std. Error Difference	4.64687	5.41667
	95% Confidence Interval of the Difference		
	Lower	4.77929	2.12729
	Upper	24.38738	27.03938

ความหมายของผลลัพธ์ในตารางที่ 5.11

ขั้นที่ 1 จาก 1 ในช่องของ Levene 's test for equality of Variances เป็นการตรวจสอบความแปรปรวนของน้ำหนักสุกรขุนที่กินอาหารโปรตีนสูงและกินอาหารโปรตีนต่ำว่าแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่ง ค่า Sig = 0.013 จะอยู่ในช่องของ Equal Variances Assumed มีความหมายว่า ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือ 2 กลุ่มตัวอย่างมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน (Sig 0.013 < 0.05 จึงปฏิเสธ H_0)

ขั้นที่ 2 จาก 2 เนื่องจากขั้นที่ 1 สรุปว่า Equal Variances not Assumed ทำให้ในขั้นที่ 2 นี้ ต้องใช้การทดสอบด้วยค่าสถิติ t ของ Equal Variances not Assumed ซึ่งได้ค่าสถิติ $t = 2.692$ ได้ค่า Sig Two-sided $p = 0.027$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ในที่นี้จะสรุปได้ว่า H_1 เป็นจริง เนื่องจากสามารถพิจารณาค่า Sig. ได้เลย เพราะเป็นการทดสอบสองด้าน (ได้ค่า Sig Two-sided $p = 0.027$ ซึ่ง น้อยกว่า α ที่กำหนดไว้ 0.05) นั่นคือ การให้อาหารกับสุกรขุนด้วยอาหารโปรตีนสูง และอาหารโปรตีนต่ำนั้นส่งผลต่อน้ำหนักของสุกรขุนแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3.7 ใช้ t-test แบบ Paired Sample t-test ค่าเฉลี่ย 2 ค่า มาจาก 1 กลุ่ม แต่วัด 2 ครั้ง

ในระยะเวลาแตกต่างกันที่เรียกว่า Pretest-Posttest หรือ Re-test

กรณีตัวอย่างสองกลุ่มสัมพันธ์กัน (Related Sample) หรือกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent samples) คือ กลุ่มตัวอย่างจะสัมพันธ์กันเมื่อตัวอย่าง (Subjects) เป็นคนเดียวกัน (Pairs) หรือจับคู่ (Matched) ให้มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกัน โดยค่าเฉลี่ยแบบเกี่ยวข้องกัน จะหมายถึงคะแนนของกลุ่มหนึ่งเกี่ยวข้องกับคะแนนของอีกกลุ่มหนึ่ง

ในกรณีของกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (Related Samples) จำแนกรูปแบบของความสัมพันธ์กัน ดังนี้

1) ในแง่ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง มีลักษณะดังนี้

1.1) กลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเป็นคนเดียวกัน วัดซ้ำจากคน หรือหน่วยที่ต้องการศึกษาเดียวกัน (Repeated Measure) เช่น การลดน้ำหนัก จากคนเดียวกันมีการวัดก่อนการลดน้ำหนัก 1 ครั้ง แล้ววัดหลังลดน้ำหนักอีก 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยของก่อนลดและค่าเฉลี่ยหลังลดจะเกี่ยวข้องกัน (คนเดียวกัน) ตัวแปรที่ใช้เปรียบเทียบกันคือ น้ำหนัก

1.2) กลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเกิดจากการจับคู่กันด้วยตัวแปรคุณลักษณะต่าง ๆ (Matched Pairs) เช่น การสุ่มเข้าการทดลองเป็นแบบการจัดคู่ (Matching) หรือการสุ่มจากบล็อก (Randomized Block Design) ตัวอย่างเช่น ทดลองวิธีการสอนวิชาการประยุกต์ใช้สถิติในการวิจัย 2 แบบ โดยควบคุมตัวแปรความรู้พื้นฐานด้านสถิติก่อนเข้าเรียน ตัวอย่างดังภาพที่ 5.2

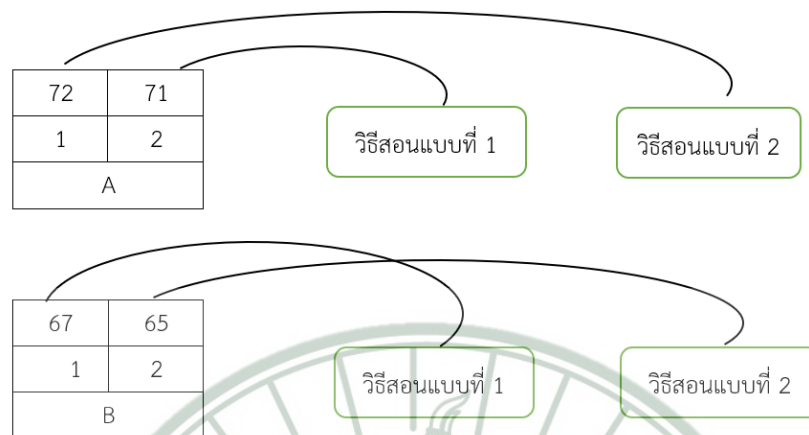
ขั้นตอนที่ 1 นำตัวแปรควบคุมมาเรียงก่อน (ในที่นี้คือ คะแนนพื้นฐานด้านสถิติ)

72	71	67	65	64	64	62	60	56	54
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

ขั้นตอนที่ 2 จับคู่ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (จับคู่คะแนนที่ใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน)

72	71	67	65	64	64	62	60	56	54
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
A		B		C		D		E	

ขั้นตอนที่ 3 นำผู้เรียนภายในแต่ละคู่ สุ่มเข้าเงื่อนไข ดังนี้ (วิธีสอนแบบที่ 1 และวิธีสอนแบบที่ 2 ตัวแปรที่ใช้เปรียบเทียบ คือ คะแนนสอบวิชาประยุกต์ใช้สถิติในงานวิจัย)



ภาพที่ 5.2 การสุ่มเข้าการทดลองเป็นแบบการจัดคู่ (Matching) หรือการสุ่มจากบล็อก (Randomized Block Design)

- 1.3) การจับคู่ตามธรรมชาติ เช่น คู่แข่งทางการค้า สามภรรยา ญาติ
- 1.4) กลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเป็นฝาแฝดกัน (Twin Studies)
- 2) ในแง่แบบแผนการวิจัย

2.1) แบบแผนวิจัยเชิงทดลอง แบ่งเป็น

(1) แบบทดลองซ้ำ กรณีที่เป็นแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างแต่ละคนได้รับตัวแปรทดลอง (Treatments) ครบทุกตัวแปร ข้อดี ใช้กลุ่มตัวอย่างน้อย มีอำนาจทดสอบ (Power) สูงกว่าข้อควรระวัง คือ Carryover Effect (หมายความว่ากลุ่มตัวอย่างเดิมได้รับตัวแปรทดลอง Treatment หลาย ๆ ตัวติดต่อกัน ผลการกระทำจากตัวแปรแรกยังไม่ทันหมดไปก็ได้รับผลตัวแปรทดลองตัวใหม่เข้าไปอีก เป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ผลสรุปของการเปรียบเทียบจึงไม่แน่ใจว่าเป็นผลที่ได้รับจากการได้รับตัวแปรทดลองที่แตกต่างกันอย่างแท้จริง เพราะการวัดตัวแปรตามตอนท้าย ๆ อาจได้รับอิทธิพลจากตัวแปรทดลองในตอนแรก) และ Order Effect (หมายถึง อันดับที่เข้ามาของตัวแปรทดลองก็มีความสำคัญ ตัวอย่างเช่น ความจำของคนเรามักจะจำสิ่งที่นำเสนอไปตอนต้น ๆ หรือตอนท้าย ได้มากกว่า)

(2) แบบวัดตัวแปรซ้ำ กรณีที่เป็นแบบแผนการวิจัยเชิงทดลอง มีการวัดตัวแปรผลการทดลองซ้ำมากกว่า 1 ครั้ง

2.2) การวิเคราะห์ Profile กรณีที่เป็นการเปรียบเทียบคะแนนของตัวแปรหรือแบบทดสอบที่แตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง (Profile Analysis)

2.3) แบบแผนการวิจัยระยะยาว (Longitudinal Design)

- มีการวัดตัวแปรเดียวกันซ้ำมากกว่า 1 ช่วงเวลา
- ต้องการศึกษากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่วัดซ้ำว่ามีอัตราและทิศทางการเปลี่ยนแปลงอย่างไร อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของเวลา
- ใช้การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) หรือ โค้งพัฒนาการ Growth Curve Analysis)

เหตุผลของการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มสัมพันธ์กัน เพื่อควบคุมตัวแปรภายนอกให้ได้มากที่สุดเพื่อไม่ให้มีอิทธิพลต่อผลการทดลอง โดยการพยายามทำให้ตัวแปรภายนอกเหมือนกันมากที่สุด (Equalization) และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกรณีตัวอย่างสองกลุ่มสัมพันธ์กัน (Related Sample) หรือ กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent samples) จะไม่นำค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน แต่จะวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลหรือคะแนนแต่ละคู่ และนำผลต่างไปคำนวณเปรียบเทียบกับ t-test สูตรสัมพันธ์กันหรือที่เรียกว่า Paired t-test มีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_{\bar{D}}}{s_{\bar{D}}} \dots\dots\dots (5.7)$$

$$Df = n-1$$

- D คือผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่
- $\bar{D}$ คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม
- $\mu_{\bar{D}}$ คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างประชากร 2 กลุ่ม
- $s_{\bar{D}}$ คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม
- n คือจำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง
- df คือ จำนวนค่าที่มีอิสระ = n-1

อาจปรับใช้สูตรที่ไม่ต้องปรับทศนิยมมากนัก ดังนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}} \dots\dots\dots (5.8)$$

$$Df = n-1$$

เนื่องจากการจับคู่ จะต้องเลือกตัวอย่างในแต่ละคู่ให้มีลักษณะหรือปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อตัวแปรที่จะนำมาทดสอบเหมือนกันหรือคล้ายกันมากที่สุด จึงเป็นการยากที่จะได้ขนาดตัวอย่าง (n) ที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้น ส่วนใหญ่ n จะมีค่าน้อยและไม่ทราบค่าความแปรปรวน จึงใช้สถิติทดสอบ t-test

การใช้วิธีสองกลุ่มสัมพันธ์กันมีข้อจำกัด เช่น ในเรื่องของเวลา ค่าใช้จ่าย และการหาตัวแปรภายนอกที่เหมือนกัน ถ้าใช้ตัวอย่างคนเดียววัดผลซ้ำ เวลาห่างระหว่างวัดผลครั้งแรกกับครั้งหลังจะมีอิทธิพลต่อผลการทดลอง ถ้ามีระยะห่างน้อยก็มีผลมาก แต่ถ้าใช้เวลาห่างมากก็จะค่อนข้างใช้เวลามากและเสียค่าใช้จ่ายสูง และถ้าใช้ตัวอย่างต่างกันก็เป็นปัญหาการจับคู่ที่จะต้องหาตัวอย่างให้มีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งหาได้ยาก นอกจากนั้นการใช้กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กันจะทำให้ df หายไป ถ้า 2 กลุ่มไม่สัมพันธ์กันหรือกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน $df = 2n - 2$ แต่ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน df จะหายไปครึ่งหนึ่ง ซึ่งจะมีผลต่อค่าวิกฤต (ค่าเปรียบเทียบตารางเพื่อหาขอบเขตปฏิเสธ H_0) (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2546:143)

เงื่อนไขการใช้สถิติทดสอบ Pair Sample t-test

- (1) ข้อมูล 2 ชุด ได้มาจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกันหรือมีความสัมพันธ์กัน นั่นคือการทดสอบนี้ กลุ่มข้อมูลจะต้องมีความสัมพันธ์กัน
- (2) ค่าของตัวแปรตามแต่ละหน่วยเป็นอิสระต่อกัน
- (3) การวัดค่าตัวแปรตามมีค่าต่อเนื่อง (มาตราวัดระดับ Interval scale และ Ratio scale)
- (4) กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ
- (5) การแจกแจงของความแตกต่างระหว่างข้อมูลหรือคะแนนแต่ละคู่เป็นแบบปกติ
- (6) ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร

สำหรับการสร้างตัวแปรเพื่อทดสอบแบบจับคู่ Pair t-test นั้น จะแตกต่างจากแบบ t-test ที่เป็นอิสระกัน (Independent Samples) คือ

(1) การเลือกตัวอย่างแบบเป็นอิสระกัน (Independent Samples) จะต้องมีตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล เมื่อต้องการทดสอบความแตกต่างระหว่างรายได้เฉลี่ยของชายและหญิง ตัวแปร จะมี 2 ตัว คือ รายได้ และ เพศ โดยตัวแปรเพศ เป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (Nominal Scale) ขณะที่ตัวแปรรายได้เป็นเชิงปริมาณ (Interval หรือ Ratio Scale) ซึ่งตัวแปรเพศ จะเป็นตัวแปรแบ่งกลุ่มรายได้เป็น 2 กลุ่ม คือ รายได้ของเพศชาย และรายได้ของเพศหญิง

(2) การทดสอบแบบจับคู่ (Pair t-test หรือ dependent Samples) ไม่จำเป็นต้องมีตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งกลุ่ม คือ ถ้าต้องการทดสอบความแตกต่างระหว่างรายได้เฉลี่ยของพนักงานชายและพนักงานหญิง โดยตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ จะสามารถหาค่าแตกต่างได้ โดยที่ค่าแตกต่างเท่ากับ $d = \text{รายได้พนักงานชาย} - \text{รายได้ของพนักงานหญิง}$

5.3.8 ตัวอย่างการคำนวณ การใช้สถิติ t-test แบบ Paired Sample t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มสัมพันธ์กัน

ตัวอย่างที่ 5.5 นักวิจัยจัดกิจกรรมเพื่อลดน้ำหนัก โดยสุ่มเพศหญิงมาเป็นอาสาสมัครจำนวน 20 คน จัดโปรแกรมลดน้ำหนักด้วยวิธีลดอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลร่วมกับการออกกำลังกายด้วยการเดินวันละ 1 ชั่วโมงทั้งตอนเช้าและตอนเย็น ภายใน 1 เดือน อยากทราบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การเข้าร่วมโปรแกรมลดน้ำหนักของอาสาสมัครหญิงกลุ่มนี้มีน้ำหนักลดลงได้หรือไม่ ซึ่งหลังจากผ่านไป 1 เดือน พบว่ากลุ่มอาสาสมัครหญิงลดน้ำหนักได้ดังนี้

อาสาสมัครหญิง (คนที่)	น้ำหนักก่อนเข้าโปรแกรม ออกกำลังกาย (กิโลกรัม)	น้ำหนักหลังเข้าโปรแกรม ออกกำลังกาย (กิโลกรัม)
1	117	113.9
2	111	108.6
3	98	94.8
4	104	101.5
5	105	102.5
6	100	96.6
7	82	79.4
8	89	86.6
9	78	75.3
10	102	99.2
11	104	101.2
12	90	87.1
13	86	83.1
14	98	95
15	83	81
16	103	100.6
17	97	94.5
18	96	93.4
19	112	109.7
20	89	86.8

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$H_0: \mu_1 - \mu_2 = d_0$; d_0 คือ ค่าคงที่, $\mu_1 =$ น้ำหนักก่อนเข้าร่วมโปรแกรมลดน้ำหนัก

$H_1: \mu_1 - \mu_2 > d_0$ $\mu_2 =$ น้ำหนักหลังเข้าร่วมโปรแกรมลดน้ำหนัก

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

เลือกสถิติทดสอบค่า t แบบ Paired Sample t-test ที่ จากสูตร (5.8)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n \Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n - 1}}}$$

$$Df = n - 1$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ค่า df $n_1 - 1$ ได้ $df = 20 - 1 = 19$ เปิดตาราง The t Distribution ที่ $\alpha = 0.05$ เป็นการทดสอบแบบทางเดียว ($1 - 0.05 = 0.95$) เปิดตารางหาค่า t ที่ $df = 19$ และ $t_{0.95}$ จะได้ค่าเท่ากับ 1.7291 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างเป็นดังนี้ $t_{\text{คำนวณ}} \geq 1.7291$ แต่ถ้าไม่มากกว่าจะไม่ปฏิเสธ H_0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งอยู่ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

อาสาสมัครหญิง (คนที่)	น้ำหนักก่อน เข้าร่วมโปรแกรมฯ (กิโลกรัม)	น้ำหนักหลัง เข้าร่วมโปรแกรมฯ (กิโลกรัม)	D (ผลต่างน้ำหนัก ก่อน - หลัง)	D^2
1	117	113.9	3.1	9.61
2	111	108.6	2.4	5.76
3	98	94.8	3.2	10.24
4	104	101.5	2.5	6.25
5	105	102.5	2.5	6.25
6	100	96.6	3.4	11.56
7	82	79.4	2.6	6.76
8	89	86.6	2.4	5.76
9	78	75.3	2.7	7.29
10	102	99.2	2.8	7.84
11	104	101.2	2.8	7.84
12	90	87.1	2.9	8.41

อาสาสมัครหญิง (คนที่)	น้ำหนักก่อน เข้าร่วมโปรแกรมฯ (กิโลกรัม)	น้ำหนักหลัง เข้าร่วมโปรแกรมฯ (กิโลกรัม)	D (ผลต่างน้ำหนัก ก่อน – หลัง)	D ²
13	86	83.1	2.9	8.41
14	98	95	3	9
15	83	81	2	4
16	103	100.6	2.4	5.76
17	97	94.5	2.5	6.25
18	96	93.4	2.6	6.76
19	112	109.7	2.3	5.29
20	89	86.8	2.2	4.84
รวม			53.20	143.88

จากสูตรที่ (5.8)

$$t = \frac{53.2}{\frac{\sqrt{20(143.88) - (2,830.24)}}{19}}$$

$$t = 33.696$$

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่าง $t_{\text{คำนวณ}} \geq 1.7291$ จากการคำนวณจะได้ว่า $33.696_{\text{คำนวณ}} > 1.7291$ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 ว่าเป็นจริง

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

จากผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ยอมรับสมมติฐาน H_1 จึงสรุปผลการทดสอบว่า อาสาสมัครหญิงที่เข้าร่วมโปรแกรมลดน้ำหนักด้วยวิธีลดอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลร่วมกับการออกกำลังกายด้วยการเดินวันละ 1 ชั่วโมงทั้งตอนเช้าและตอนเย็น ภายใน 1 เดือน มีน้ำหนักลดลงได้จริง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการเปรียบเทียบการลดน้ำหนักก่อนและหลังการเข้าร่วมโปรแกรมลดน้ำหนัก

	น้ำหนักเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเฉลี่ยผลลบก่อนกับหลัง ($\bar{D}$)	S_d	t	p
ก่อนเข้าร่วมฯ	89.00	2.66	0.353	33.696	<0.05
หลังเข้าร่วมฯ	86.80				

ตารางที่ 5.12 เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ของการทดสอบแบบจับคู่ (Pair t-test)

การทดสอบแบบทางเดียว	การทดสอบแบบ 2 ทาง
(ก) $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$; d_0 เป็นค่าคงที่ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0$ (ข) $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$; d_0 เป็นค่าคงที่ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0$ สถิติทดสอบ : t_{n-1} เขตปฏิเสธ : จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $t_{n-1} > t_{1-\alpha, n-1}$ สำหรับการทดสอบ (ก) $t_{n-1} < t_{1-\alpha, n-1}$ สำหรับการทดสอบ (ข)	$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$ สถิติทดสอบ : t_{n-1} เขตปฏิเสธ : จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $t_{n-1} > t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}$ หรือ $t < -t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}$ หรือจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้ไม่อยู่ระหว่าง $\pm t$ ที่เปิดตาราง

หมายเหตุ : - μ_0 เป็นค่าคงที่ ที่อาจเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ ก็ได้

ที่มา : กัลยา วาณิชยปัญญา, 2551: 231

ตารางที่ 5.13 เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ของการทดสอบแบบ Pair t-test เมื่อใช้ผลลัพธ์ SPSS

สมมติฐานทางเลือก (H_1)	เขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (ยอมรับ H_1)
$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	- Two-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) $< \alpha$
$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0$	- One-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) $< \frac{\alpha}{2}$; t เป็นค่าบวก
$H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0$	- One-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) $< \frac{\alpha}{2}$; t เป็นค่าลบ

หมายเหตุ : - μ_0 เป็นค่าคงที่ ที่อาจเป็นบวก ลบ หรือศูนย์ ก็ได้

ที่มา : กัลยา วาณิชยปัญญา, 2551: 231

ตัวอย่างที่ 5.6 ในการทดสอบผลของไวรัส 2 ชนิด บนใบมันสำปะหลัง โดยทาไวรัส ชนิด A ลงบนซีกด้านซ้ายของใบ และทาไวรัสชนิด B ลงในซีกด้านขวาของใบ ทาจำนวนทั้งหมด 10 ใบ เมื่อครบ 1 สัปดาห์ นับจุดแผลไวรัสในใบมันสำปะหลัง ได้ดังนี้

ใบมันสำปะหลัง	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ไวรัส A	18	17	10	14	24	7	8	9	20	31
ไวรัส B	14	11	5	10	16	6	7	10	17	18

นักวิชาการเกษตรต้องการทดสอบความแตกต่างของผลไวรัสทั้ง 2 ชนิดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดสมมติฐานทางสถิติ

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

μ_1 = จำนวนจุดไวรัส A

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

μ_2 = จำนวนจุดไวรัส B

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการทดสอบ

กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการทางสถิติ/ตัวสถิติที่เหมาะสม

เลือกสถิติทดสอบค่า t แบบ Paired Sample t-test ที่ จากสูตร (5.7)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n \Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}}$$

ขั้นตอนที่ 4 สร้างขอบเขตของการตัดสินใจ

หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ค่า df $n_1 - 1$ จะได้ว่า $df = 10 - 1 = 9$ นำไปเปิดตาราง The t Distribution ที่ $\alpha = 0.05$ เป็นการทดสอบแบบสองทาง ดังนั้น $\alpha/2 = 0.025$ ($1 - 0.025 = 0.975$) เปิดตารางหาค่า t ที่ $df = 9$ และ $t_{0.975}$ จะได้ค่าเท่ากับ 2.262 เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ถ้าค่า t ที่คำนวณได้ไม่อยู่ระหว่าง ± 2.262 แต่ถ้าหากอยู่ระหว่าง ± 2.262 จะยอมรับสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าสถิติจากข้อมูลตัวอย่าง

แทนค่าในสูตรซึ่งอยู่ในขั้นตอนที่ 3 ดังนี้

ใบมันสำปะหลัง	จุดไวรัส A (ด้านซ้ายของใบ)	จุดไวรัส B (ด้านขวาของใบ)	D ผลต่างจุดไวรัสทั้ง 2 ชนิด (A-B)	D ²
1	18	14	4	16
2	17	11	6	36
3	10	5	5	25
4	14	10	4	16
5	24	16	8	64

ไขมันสำปะหลัง	จุดไวรัส A (ด้านซ้ายของใบ)	จุดไวรัส B (ด้านขวาของใบ)	D ผลต่างจุดไวรัสทั้ง 2 ชนิด (A-B)	D ²
6	7	6	1	1
7	8	7	1	1
8	9	10	-1	1
9	20	17	3	9
รวม			44	338

จากสูตรที่ (5.7)

$$t = \frac{44}{\frac{\sqrt{10(338) - (1,936)}}{9}}$$

$$t = 3.474$$

ขั้นตอนที่ 6 ตัดสินใจ ปฏิเสธ หรือยอมรับสมมติฐาน

ค่า t ที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่าง คือ 3.474 ไม่อยู่ระหว่าง ± 2.262 ดังนั้น เราจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 และยอมรับสมมติฐานทางเลือก H_1

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผล

จากผลการทดสอบทางสถิติพบว่า ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 จึงสรุปผลการทดสอบว่าผลของไวรัสทั้งสองชนิดบนไขมันสำปะหลังให้ผลแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.3.9 ตัวอย่างการใช้ SPSS ทดสอบ t-test แบบ Paired Sample t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มสัมพันธ์กัน

จากโจทย์ตัวอย่างที่ 5.6 จะนำข้อมูลไปทดสอบหาค่าสถิติในโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างแฟ้มข้อมูลใน SPSS เพื่อนำไปทดสอบ

Name	Type	Width	Decimals	Label	Measure
Virus A	Numeric	2	0	จุดไวรัส A บนไขมันสำปะหลัง	Scale
Virus B	Numeric	2	0	จุดไวรัส B บนไขมันสำปะหลัง	scale

ขั้นที่ 2 ตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$\mu_1 = \text{จำนวนจุดไวรัส A}$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$\mu_2 = \text{จำนวนจุดไวรัส B}$$

ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

ขั้นที่ 4 ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรม SPSS

4.1) เลือกเมนูและคำสั่งในโปรแกรม SPSS ตามลำดับดังนี้ Analyze → Compare Mean → Pair-Sample T-Test เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Pair-Sample T-Test ผู้วิเคราะห์ต้องเลือกตัวแปร 2 ตัวที่จะทดสอบ โดยเลือกครั้งละ 1 ตัว ตัวแปรตัวที่ 1 (Virus_A) ที่ถูกเลือกจะไปอยู่ใน Variable 1 และตัวแปรตัวที่ 2 (Virus_B) จะไปอยู่ใน Variable 2 ซึ่งทั้ง 2 ตัวแปร จะอยู่ในกล่องของ Pair Variables: ให้เลือกปุ่ม Options เลือก Confidence Interval for mean เป็น 95% ขึ้นต่อไปคลิกที่ปุ่ม Continue แล้วเลือกปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output ดังตารางที่ 5.14 – 5.16

ขั้นที่ 5 สรุปผลการทดสอบจากผลลัพธ์

ตารางที่ 5.14 ค่าเฉลี่ย ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวแปร สำหรับ Paired Samples t-test

		Paired Samples Statistics			
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	จุดไวรัส A บนใบมันสำปะหลัง	15.80	10	7.772	2.458
	จุดไวรัส B บนใบมันสำปะหลัง	11.40	10	4.671	1.477

จากตารางที่ 5.14 แสดงค่าเฉลี่ยของจุดไวรัส A บนใบมันสำปะหลัง มีค่า Mean = 15.80 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 7.772 และค่าเฉลี่ยของจุดไวรัส B บนใบมันสำปะหลัง มีค่า Mean = 11.40 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 4.671

ตารางที่ 5.15 แสดงค่า Correlation เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร

			Paired Samples Correlations			
			N	Correlation	Significance	
					One-Sided p	Two-Sided p
Pair 1	จุดไวรัส A บนใบมันสำปะหลัง & จุดไวรัส B บนใบมันสำปะหลัง	10		.911	<.001	<.001

จากตารางที่ 5.15 เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) ของจุดไวรัส A และ B บนใบมันสำปะหลัง และใช้ทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปร Virus_A และ Virus_B ดังนี้

H₀: ตัวแปร Virus_A และ Virus_B ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H₁: ตัวแปร Virus_A และ Virus_B มีความสัมพันธ์กัน

โดยที่ $-1 \leq \text{Correlation} \leq 1$

จากตารางที่ 5.15 ค่า Sig. < 0.01 ซึ่ง < 0.05 (α) จึงปฏิเสธ H₀ สรุปได้ว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน และสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน คือ ทิศทางบวก เพราะค่า Correlation เป็นบวก มีค่าเท่ากับ 0.911 นั่นคือ หากจุดไวรัส A มีจำนวนมาก จุดไวรัส B ก็จะมีจำนวนมากด้วย

ตารางที่ 5.16 แสดงค่าการทดสอบ Pair-Sample T-Test

		Paired Samples Test
		Pair 1
		จุดไวรัส A และ B
		บนไขมันสำหรับหลัง
Paired Differences	Mean	4.400
	Std. Deviation	4.006
	Std. Error Mean	1.267
	95% Confidence Interval of	
	the Difference	Lower 1.535 Upper 7.265
t		3.474
df		9
Significance	One-Sided p	.004
	Two-Sided p	.007

จากตารางที่ 5.16 ค่า $t = 3.474$ มากกว่าค่า $t_{0.95,9}$ ที่เปิดได้จากตาราง และ ค่า Two-Sided p หรือ Sig. (2-tailed) มีค่า = 0.007 ซึ่งน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ ($0.007 < 0.05$) เป็นการทดสอบสองด้านหรือสองทาง จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับสมมติฐาน H_1 ว่า ผลการทดสอบความแตกต่างของจุดไวรัส A และ B มีความแตกต่างกันจริงที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)

ความแปรปรวน หมายถึง ค่าของข้อมูลที่มีค่าต่าง ๆ กัน เช่น เมื่อชั่งน้ำหนักของบุคลากรศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมเกษตร จำนวน 50 คน น้ำหนักของแต่ละคนมีค่าแตกต่างกัน หากน้ำหนักแต่ละคนมีค่าที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยมาก ค่าความแปรปรวนก็จะสูง สูตรคำนวณ ความแปรปรวน คือ

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n} \quad \text{โดยที่}$$

- ค่าความแปรปรวนที่คำนวณจากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างภายในกลุ่ม เรียกว่าค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within Group Variance) โดยที่ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม เป็นค่ากำลังสองของแต่ละค่าที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยรวมกับค่าความคลาดเคลื่อน (Error)

- ค่าความแปรปรวนที่คำนวณจากข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่ม เรียกว่า ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between Group Variance) โดยที่ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม เป็นค่ากำลังสองของผลรวมของค่าแต่ละค่าที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยรวมกับค่าความคลาดเคลื่อน (Error) และค่าผลของสิ่งทดลอง (Treatment effect)

หัวข้อที่ผ่านมาเป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม สามารถทดสอบสมมติฐานโดยใช้ตัวสถิติ t แต่ถ้าหากมีประชากรมากกว่าสองกลุ่มนั้น การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะถูกนำมาใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป โดยมีสมมติฐานหลักว่า ค่าเฉลี่ยของประชากรทุกค่าเท่ากัน

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_b$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \dots \neq \mu_b \quad ; \quad b = \text{จำนวนประชากร}$$

ลักษณะของข้อมูล

X_{11}	X_{21}	X_{31}	$\dots$	X_{b1}
X_{12}	X_{22}	X_{32}		X_{b2}
X_{1n1}	X_{2n2}	X_{3n3}		X_{bnn}

ถ้าข้อมูลตัวอย่างจากประชากร 3 กลุ่ม

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	2	4	6
	2	4	6
	2	4	6
		4	6
			6
ค่าเฉลี่ย	2	4	6
ความแปรปรวน	0	0	0

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าแต่ละกลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันภายในกลุ่ม (Within variance = 0) แต่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม (Between variance $\neq$ 0) อาจสรุปได้ว่าถ้าความแปรปรวนภายในกลุ่มมีค่าน้อย และความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมีค่ามากนั้น ค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม มีความจำเป็นจะต้องใช้วิธีทางสถิติในการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวเพื่อความแน่ใจ ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะถูกใช้ในการทดสอบสมมติฐานที่เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรที่มีจำนวนประชากรมากกว่า 2 ประชากร ดังนั้น สถิติที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่มีรูปแบบการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ค่า ขึ้นไป และตัวแปรทุกกลุ่มเป็นอิสระจากกัน เรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) โดยมีลักษณะ

1) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม แยกตามกลุ่มของตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป เพื่อที่จะวิเคราะห์ว่า การที่กลุ่มตัวอย่างมีค่าของตัวแปรตามแตกต่างกันไปนั้น ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระหรือไม่อย่างไร

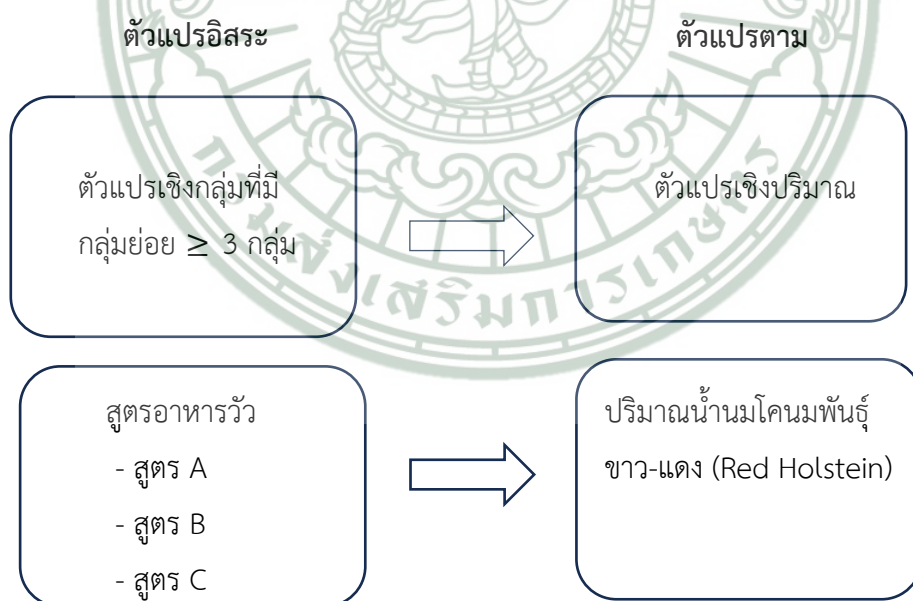
2) ใช้หลักการของการแยกแยะความแปรปรวนรวม (Total Variance) ออกเป็นส่วน ๆ ตามคุณลักษณะของตัวแปรอิสระ (Treatment/Main effects)

3) เปรียบเทียบความแปรปรวนของตัวแปรตาม อันเนื่องมาจากตัวแปรอิสระ (Main effect) กับความแปรปรวนของตัวแปรตามที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระ (errors) โดยใช้การหาร ทำให้ได้ค่าสถิติ F (F-ratio)

ทั้งนี้ ตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเรียกว่า ปัจจัย (Factor) อย่างเช่นในงานวิจัยเชิงสำรวจ แต่หากเป็นงานวิจัยเชิงทดลองจะเรียกว่า สิ่งทดลอง (Intervention) ซึ่งสิ่งทดลองหรือปัจจัย จะเป็นประเด็นสำคัญ (Keyword) ของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

5.5 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

วัตถุประสงค์หลักของการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ การศึกษาว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระหรือไม่ อธิบายได้ดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 ความสัมพันธ์ตัวแปรเชิงปริมาณกับตัวแปรเชิงกลุ่มของ ANOVA

จากภาพที่ 5.3 ตั้งสมมติฐานได้ว่า

H_0 : สูตรอาหาร 3 สูตร (A, B, C) ไม่มีผลต่อการผลิตนํ้านมโค

H_1 : สูตรอาหาร 3 สูตร (A, B, C) มีผลต่อการผลิตนํ้านมโคแตกต่างกัน

หรือ $H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C$

H_1 : มี μ อย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน

โดยที่ μ_A, μ_B, μ_C เป็นปริมาณนํ้านมเฉลี่ยประชากรของกลุ่มโคที่ได้รับอาหารสูตร A, B และ C ตามลำดับ

5.6 หลักการของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

หลักเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากร หรือ 3 กลุ่มขึ้นไป คือ การแยกความแปรปรวนหรือความผันแปรทั้งหมดของข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) ความแปรปรวน หรือความผันแปรระหว่างกลุ่ม หรือระหว่างประชากร (Between-Group Variability)

2) ความแปรปรวน หรือความผันแปรภายในกลุ่ม หรือภายในประชากร (Within-Group Variability)

หรือ $\text{Total Variability} = \text{Between-Group Variability} + \text{Within-Group Variability}$

การที่ข้อมูลแต่ละกลุ่มหรือแต่ละประชากรแตกต่างกัน เช่น ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยต่อระยะการให้นํ้านมของโค 4 สายพันธุ์แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากปัจจัยทางด้านสายพันธุ์ การเลี้ยงดู อายุ น้ำหนัก ความแข็งแรงทนทานต่อสภาพอากาศ เป็นต้น โดยทั่วไปปัจจัยหรือตัวแปรที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกันอาจจะมีหลายปัจจัย หรืออาจจะมีเพียงปัจจัยเดียว หรือการที่ข้อมูลแตกต่างกัน เนื่องจากหน่วยตัวอย่างที่ทำการศึกษ ได้รับปัจจัยคนละระดับ เช่น โคนมสายพันธุ์ขาว-แดง (Red Holstein) ได้รับอาหารคนละชนิดกัน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อทดสอบความแตกต่างของข้อมูลที่ได้รับปัจจัยที่ต่างระดับกัน จะทำโดยการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance Table) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างระดับปัจจัย โดยตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความแปรปรวนต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และปัจจัยจะต้องเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม เช่น เปรียบเทียบปริมาณผลผลิตนํ้านมเฉลี่ยตามสายพันธุ์โคนม 4 สายพันธุ์ ในที่นี้ปริมาณผลผลิตนํ้านมเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และสายพันธุ์โคนมเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม มีได้ 4 ค่า (4 สายพันธุ์)

5.7 ประเภทของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

(1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนในกรณีมีตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือมี Treatment เดียว ได้แก่การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance: One-Way ANOVA)

(2) การวิเคราะห์ความแปรปรวนในกรณีที่มีตัวแปรอิสระหรือ Treatment มากกว่า 1 ตัว ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายทาง (Multiway Analysis of Variance/Factorial ANOVA)

(3) การวิเคราะห์ที่มีการวัดซ้ำค่าของตัวแปรตามหลาย ๆ ครั้ง (ANOVA with Repeated Measures)

(4) การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ใช้วิธีการทางสถิติมาควบคุมตัวแปรอื่น ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์ ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance: ANCOVA)

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Variance: One-Way ANOVA)

ตารางที่ 5.17 รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง

Statistics	Independent Variable/Treatment (ตัวแปรอิสระ)		dependent Variable (ตัวแปรตาม)	
	จำนวน	Scale การวัด	จำนวน	Scale การวัด
One-Way ANOVA	1	Nominal มีมากกว่า 2 ค่า	1	Interval, Ratio
Two-Way ANOVA	2	Nominal ทุกตัวแปร มีมากกว่า 1 ค่า	1	Interval, Ratio

5.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หรือแบบมีปัจจัยเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เป็นการวิเคราะห์ที่คาดว่าจะมีเพียงปัจจัยเดียวที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน หรือเป็นการวิเคราะห์ความแตกต่างกันของระดับที่ต่างกันของปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อข้อมูล ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว คือ การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรที่รับปัจจัยที่ต่างระดับกันตั้งแต่ 3 ระดับขึ้นไป นั่นคือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากร/กลุ่มขึ้นไป โดยถือว่าหน่วยที่ได้รับปัจจัยระดับเดียวกันเป็นประชากรเดียวกันหรือกลุ่มประชากรเดียวกัน และหน่วยที่ได้รับปัจจัยต่าง ๆ กัน เป็นคนละประชากรหรือคนละกลุ่ม เช่น คาดว่าปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้รายได้เฉลี่ยแตกต่างกันคือ อาชีพ จึงแบ่งคนแยกตามอาชีพ ถ้าแบ่งเป็น 5 อาชีพ แสดงว่ามี 5 กลุ่มหรือ 5 ประชากร แล้วนำรายได้เฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน เป็นต้น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3 ประชากร/กลุ่มนั้น จะต้องเก็บข้อมูลตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มแล้วนำข้อมูลตัวอย่างมาทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร

5.8.1 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)

- (1) การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจะต้องสุ่มอย่างเป็นอิสระกัน
- (2) สุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ
- (3) ค่าความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มต้องเท่ากัน

เช่น ถ้าคิดว่าการปัจจัยที่ทำให้มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ยน้ำนมโคแตกต่างกันมีเพียงปัจจัยเดียวคือสายพันธุ์โคนม ซึ่งนิยมเลี้ยงในประเทศไทยนำมา 5 สายพันธุ์หรือ 5 ระดับ เท่ากับมี 5 ประชากร เมื่อต้องการทดสอบ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_5 \text{ และ } H_1 : \text{มี } \mu_i \neq \mu_j \text{ อย่างน้อย 1 คู่ที่ } i \neq j$$

โดยที่ μ_i = ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยน้ำนมโคสายพันธุ์ที่ i ; $i = 1, 2, 3 \dots 5$ จะต้องมีเงื่อนไขดังนี้

- (1) สุ่มตัวอย่างมาจากรายการที่ i มาขนาด n_i (n_i จะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้) อย่างเป็นอิสระกัน
- (2) ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยน้ำนมของแต่ละประชากร (แต่ละสายพันธุ์) มีการแจกแจงปกติ
- (3) $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_5^2$ โดยที่ σ_i^2 = ความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตเฉลี่ยน้ำนมโคของประชากรที่ i

5.8.2 ตารางรูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

ในรูปทั่วไปถ้าปัจจัยที่สนใจมี k ระดับ เช่น เปรียบเทียบชนิดปุ๋ย 5 ชนิด ในที่นี้ k คือ = 5 จะต้องสุ่มตัวอย่าง k ชุดที่เป็นอิสระกันจาก k ประชากร โดยที่ X_{ij} = ข้อมูลตัวอย่างหน่วยที่ j ที่ได้รับปัจจัยระดับที่ i ; $i = 1, 2, 3, \dots, k$; $j = 1, 2, 3, \dots, n_i$

$$\text{ค่าเฉลี่ยตัวอย่างชุดที่ } i = \bar{x}_i = \frac{\sum x_{ij}}{n_i} \text{ ขนาดตัวอย่างทั้งหมด } n = \sum_{i=1}^k n_i$$

ความผันแปรทั้งหมด SST	= ความผันแปรระหว่างกลุ่ม + ความผันแปรภายในกลุ่ม = SSB (หรือ SSTrt) + SSW (หรือ SSE)
--------------------------	--

โดยที่ SST = ความผันแปรทั้งหมด (Total Sum Square)

Df_t = ชั้นความเป็นอิสระของ SST = $n_t - 1$

SSB = SSTrt = ความผันแปรระหว่างกลุ่ม (Between-Groups Sum Square)
หรือ คือผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม

Df_b = ชั้นความเป็นอิสระของ $SSB = k - 1$

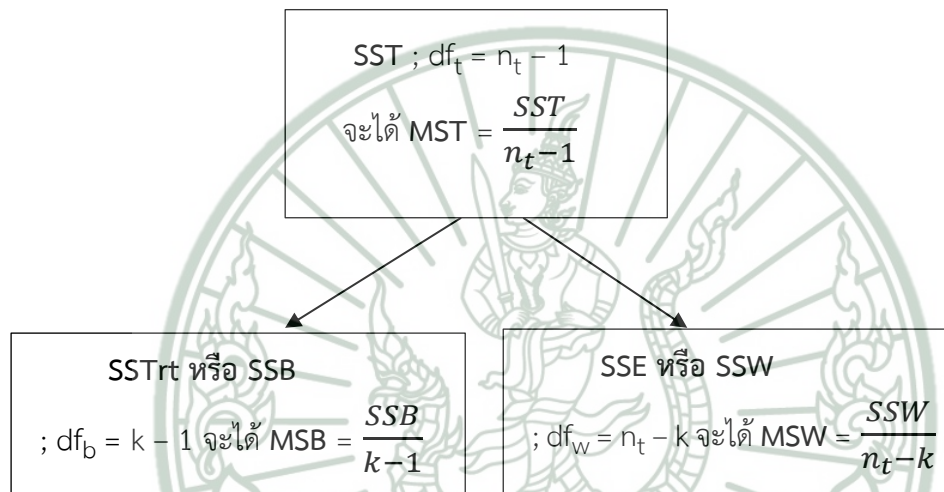
$SSW = SSE$ = ความผันแปรภายในกลุ่ม (Within-Groups Sum Square หรือ Residual Sum Square) หรือ คือผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม

Df_w = ชั้นความเป็นอิสระของ $SSW = n_t - k$

และ k = จำนวนกลุ่ม

n = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

เขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 5.4 รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA)

สรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_k$

H_1 : มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ที่ $i \neq j$

สถิติทดสอบ $F = \frac{MST_{rt}}{MSE} = \frac{MSB}{MSw}$

ตารางที่ 5.18 ตารางรูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

Source of Variation (SOV)	df	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	F-ratio
สิ่งทดลอง (Treatment: Tr) หรือ Between-Groups (ระหว่างกลุ่ม: B)	$df_b = k - 1$	SSTr หรือ SSB $SSB = SST - SSW$	$MSTr = \frac{SSTr}{k - 1}$ หรือ $MSB = \frac{SSB}{k - 1}$	$\frac{MSTr}{MSE}$ หรือ $\frac{MSB}{MSw}$
ความคลาดเคลื่อน (Error) หรือ Within-Groups (ภายในกลุ่ม: W)	$df_w = n - k$	SSE หรือ SSW $SSW = SST - SSB$	$MSE = \frac{SSE}{n - k}$ หรือ $MSw = \frac{SSW}{n - k}$	
Total (รวม)	$df_t = n - 1$	SST $SST = SSTr + SSE$ หรือ $SST = SSB + SSW$	$MST = \frac{SST}{n - 1}$	

** วิธีการเปิดตาราง F หากกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จะต้องเปิดตาราง The F Distribution ที่ $p = 0.05$ ใช้แถวบน n_1 ที่ $(df = k - 1)$ และใช้แถวตั้ง n_2 ที่ $(df = n - k)$ **

จากตารางที่ 5.18 ค่าสถิติทดสอบ F ที่วิเคราะห์ได้มีความเป็นไปได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ค่า F ที่คำนวณได้หากมีค่าน้อยกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง

ในกรณีนี้ ผลการทดสอบจะยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 และปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก H_1 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่าง ๆ ไม่แตกต่างกัน

กรณีที่ 2 ค่า F ที่คำนวณได้หากมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง

ในกรณีนี้ ผลการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 และยอมรับสมมติฐานทางเลือก H_1 สรุปได้ว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยกลุ่มอื่น ๆ

ดังนั้น เมื่อผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยกลุ่มอื่น ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะบอกได้เพียงว่า “มีความแตกต่างกัน” แต่ไม่บอกว่ากลุ่มใดบ้างแตกต่างกัน ผู้ทำการวิจัยจึงต้องเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ต่อไปว่า มีค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน

5.9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ (Post Hoc Comparisons)

Post Hoc Test คือ การทดสอบภายหลังการวิเคราะห์ด้วย ANOVA แล้ว พบว่า ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ สรุปได้ว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในบางตำราจะใช้คำว่า Multiple Comparison (การเปรียบเทียบพหุ) แทนการใช้ Post Hoc Comparison เนื่องจากการจับคู่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลาย ๆ คู่

ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ มี 2 ประเภท คือ 1) การวางแผนไว้ล่วงหน้าว่าต้องการเปรียบเทียบเฉพาะคู่หรือหรือกลุ่มที่สนใจเท่านั้น 2) ไม่ได้วางแผนล่วงหน้า คือ ไม่ได้ระบุคู่หรือกลุ่มที่ต้องการทดสอบไว้ล่วงหน้า หากผลการวิเคราะห์พบว่าค่า F มีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ เช่น หากเราทำการทดสอบทั้งหมด 3 คู่หรือ 3 กลุ่ม เราจะทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้ง 3 คู่ ได้แก่ คู่ที่ 1 คือ กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 2 คู่ที่ 2 คือ กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 และคู่ที่ 3 คือ กลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 ทั้งนี้ โดยทั่วไปในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่มักไม่ได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า

วิธีการเปรียบเทียบที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่

1) Scheffe 's Method ใช้ได้ทั้งกรณีที่ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากันหรือไม่เท่ากันและสัมประสิทธิ์ของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ที่ทดสอบมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม (Pairwise) และเป็นเลขเศษส่วน (Complex) วิธีนี้ไม่ค่อยมีความไวในการทดสอบ จึงพบบ่อยเมื่อมีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วย Scheffe 's Method ซึ่งไม่พบว่ามีคู่ใดแตกต่างกันเลย (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2546: 179)

สูตรที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีดังนี้

$$F = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{Msw \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\} (k-1)} \dots\dots\dots (5.8)$$

เมื่อ $df = k-1$ และ n_{t-k}

ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะวิธี Scheffe 's Method ส่วนในวิธีการอื่นนั้นผู้อ่านสามารถไปศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับสถิติเพื่อการวิจัย

2) LSD (Least Significant Different) ใช้กรณีเดียวกับ Scheffe 's Method เหมาะสำหรับการในกรณีที่ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันและสัมประสิทธิ์ของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ที่ทดสอบมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม (Pairwise) วิธีนี้เป็นวิธีดั้งเดิมของ R.A Fisher เสนอไว้ มีวิธีการและการใช้คล้ายกับ turkey HSD แต่สูตรที่ใช้ต่างกัน และไม่ใช้ค่า q ใช้ค่า F มีสูตรดังนี้

$$LSD = \sqrt{\frac{2(MSw)F}{n}} \dots\dots\dots (5.9)$$

เมื่อ $F =$ ค่า F ในตาราง เมื่อ α และ $df = 1, n_t - k$

สูตรนี้ใช้กรณีขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เปรียบเทียบไม่เท่ากัน จึงมีการปรับสูตรเพื่อให้ใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากัน (Webster, 1998: 280) ดังนี้

$$LSD = \sqrt{\left\{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right\}} (MSW) F \dots\dots\dots(5.10)$$

เมื่อ n_1 = ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 1

n_2 = ขนาดตัวอย่างกลุ่มที่ 2

3) Newman-keuls test, turkey HSD และ Duncan's เหมาะสำหรับในกรณีที่ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากัน มีจำนวนคู่เปรียบเทียบมากคู่ และสัมประสิทธิ์ของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ที่ทดสอบมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็ม (Pairwise)

4) Bonferroni ใช้ได้ทั้งกรณีที่ขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากันหรือไม่เท่ากันและสัมประสิทธิ์ของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ที่ทดสอบมีค่าเป็นเลขจำนวนเต็มเป็นวิธีที่ทำให้ความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 (Type I Error) ลดลง วิธีนี้พัฒนามาจาก LSD เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนคู่ระหว่างทรีตเมนต์นั้น ๆ หากจำนวนคู่เปรียบเทียบมีนัยสำคัญทางสถิติถือว่าทรีตเมนต์นั้นมีความแตกต่างกัน

ทั้งนี้ การเปรียบเทียบภายหลังพบความแตกต่าง มีวิธีการเปรียบเทียบหลายวิธี ไม่มีวิธีใดดีที่สุด ต่างก็มีความเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป และการคำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป จะสะดวกกว่าการคำนวณเอง (ในที่นี้จะใช้วิธีการคำนวณจากโปรแกรม SPSS)

5.10 ตัวอย่างวิธีการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA)

แนวทางการแทนค่า เพื่อหาค่าคำนวณเข้าสู่ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

$$\text{เมื่อ } F = \frac{\text{Mean Square Between Group}}{\text{Mean Square Within Group}}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

Sum of Square = SS
Degree of Freedom: df

$$\text{Variance} = \frac{SS}{df} = \text{Mean Square}$$

$$\text{และ } SS = \sum(x_i - \bar{x}_T)^2$$

$$\text{หรือ } SS = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

ตัวอย่างที่ 5.7 สุ่มโคนมพันธุ์เจอร์ซี่เข้าร่วมทดสอบสูตรอาหารของ 3 บริษัท จำนวน 15 ตัว และสุ่มเข้ากลุ่ม 3 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร A กลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร B และกลุ่มที่ 3 เลี้ยงด้วยสูตรอาหาร C ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง 3 เดือน ได้ข้อมูลปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันเป็นกิโลกรัม ดังนี้

โคนม	อาหารสูตร A	อาหารสูตร B	อาหารสูตร C
1	25	30	27
2	17	27	31
3	21	24	20
4	19	33	25
5	18	29	25

จงทดสอบว่าโคนมที่ได้รับสูตรอาหารที่แตกต่างกัน มีผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

วิธีคำนวณ

ขั้นที่ 1 กำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C$$

H_1 : มี μ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ = .05

ขั้นที่ 3 คำนวณค่าต่าง ๆ นำมาประกอบการหาค่า F

ตารางที่ 5.19 การคำนวณเพื่อแทนค่าในตารางรูปแบบวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

A	B	C	Total Array		
25	30	27	25	30	27
17	27	31	17	27	31
21	24	20	21	24	20
19	33	25	19	33	25
18	29	25	18	29	25
$n_A = 5$	$n_B = 5$	$n_C = 5$	$n_T = 15$		
$\sum x_{Ai} = 100$	$\sum x_{Bi} = 143$	$\sum x_{Ci} = 128$	$\sum x_T = 371$		
$\sum x_{Ai}^2 = 2,040$	$\sum x_{Bi}^2 = 4,135$	$\sum x_{Ci}^2 = 3,340$	$\sum x_T^2 = 9,515$		
$\bar{x}_A = 20$	$\bar{x}_B = 28.6$	$\bar{x}_C = 25.6$	$\bar{x}_T = 24.73$		

$SS_A = 40$	$SS_B = 45.2$	$SS_C = 63.2$	$SS_T = 338.93 = SST$
$SS_A + SS_B + SS_C = SSW = 40 + 45.2 + 63.2 = 148.4$			
$SST = SSB + SSw$ ฉะนั้น $SSB = 338.93 - 148.4 =$			

จากสูตร

$$SS = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$SS_A = 2,040 - \frac{(100)^2}{5} = 40$$

$$SS_B = 4,135 - \frac{(143)^2}{5} = 45.2$$

$$SS_C = 3,340 - \frac{(128)^2}{5} = 63.2$$

$$SS_T = 9,515 - \frac{(371)^2}{15} = 338.93, \quad SS_T = SST = 338.93$$

$$\begin{aligned} SSW &= SS_A + SS_B + SS_C \\ &= 40 + 45.2 + 63.2 \\ &= 148.4 \end{aligned}$$

ความผันแปรทั้งหมด (SST) = ความผันแปรระหว่างกลุ่ม (SSB) + ความผันแปรภายในกลุ่ม (SSW)

จากสูตรของรูปแบบ $SST = SSB + SSw$ ดังนั้น $338.93 = SSB + 148.4$

จะได้ $SSB = 338.93 - 148.4 = 190.53$

Mean Square Total (MST) คือ $MST = \frac{SST}{n-1} = \frac{338.93}{14} = 24.21$

Mean Square Between Group (MSB) คือ $MSB = \frac{SSB}{k-1} = \frac{190.53}{2} = 95.26$

Mean Square Within Group (MSW) คือ $MSW = \frac{SSW}{n-k} = \frac{148.40}{12} = 12.37$

เมื่อ $F = \frac{\text{Mean Square Between Group}}{\text{Mean Square Within Group}} = \frac{MSB}{MSW} = \frac{95.26}{12.37} = 7.70$

ตารางที่ 5.20 ตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว จากตัวอย่างที่ 5.7

Source of Variation	df	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	F-ratio
สิ่งทดลอง (Treatment: Tr) หรือ Between-Groups	$df_b = k - 1$ (3-1=2)	$SSB = SST - SSW$ 190.53	$MSB = \frac{SSB}{k - 1}$ 95.26	$\frac{MSB}{MSW}$ 7.70
ความคลาดเคลื่อน (Error) หรือ Within-Groups	$df_w = n - k$ (15-3=12)	$SSW = SST - SSB$ 148.4	$MSW = \frac{SSW}{n - k}$ 12.37	
Total (รวม)	$df_t = n - 1$ (15-1=14)	$SST = SSB + SSW$ 338.93	$MST = \frac{SST}{n - 1}$ 24.21	

ขั้นที่ 4 นำค่า F ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่า F จากการเปิดตาราง

เปิดตาราง F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เปิดตาราง The F Distribution ที่ $p = 0.05$ ใช้แถวบน n_1 ที่ ($df = k - 1$ คือ $3 - 1 = 2$) และใช้แถวตั้ง n_2 ที่ ($df = n - k$ คือ $15 - 3 = 12$) ดังนั้น $df = 2, 12$ จะได้ว่า

$$F_{0.05(2,12)} = 3.88$$

ค่า F ที่คำนวณได้ 7.70 มีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง 3.88 ผลการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 และยอมรับสมมติฐานทางเลือก H_1 สรุปได้ว่า มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยกลุ่มอื่น ๆ

ขั้นที่ 5 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

สูตรอาหารที่ต่างกัน ได้แก่ สูตร A สูตร B และสูตร C ทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยต่อวันของโคนมพันธุ์เจอร์ซีย์อย่างน้อย 1 คู่ หรืออย่างน้อย 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ขั้นที่ 6 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ Post Hoc Test ด้วยวิธี Scheffe's Method

$$\text{ใช้สูตรที่ (5.8)} \quad F = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{Msw \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\} (k-1)} \quad \text{เมื่อ } df = k-1 \text{ และ } n_t - k$$

$$\text{เมื่อ } df = (3 - 1 = 2), (15 - 3 = 12) \text{ ดังนั้น } df_{2,12}$$

คู่ที่ 1 เปรียบเทียบระหว่าง กลุ่มที่ 1 โคนมกินอาหารสูตร A กับ กลุ่มที่ 2 กินอาหารสูตร B จะได้

$$F = \frac{(20 - 28.6)}{12.57 \left\{ \frac{1}{5} + \frac{1}{5} \right\} (2)} = 7.47$$

คู่ที่ 2 เปรียบเทียบระหว่าง กลุ่มที่ 1 โคนมกินอาหารสูตร A กับ กลุ่มที่ 3 กินอาหารสูตร C จะได้

$$F = \frac{(20-25.6)}{12.57\left\{\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right\}(2)} = 3.17$$

คู่ที่ 3 เปรียบเทียบระหว่าง กลุ่มที่ 2 โคนมกินอาหารสูตร B กับ กลุ่มที่ 3 กินอาหารสูตร C จะได้

$$F = \frac{(28.6-25.6)}{12.57\left\{\frac{1}{5}+\frac{1}{5}\right\}(2)} = 0.91$$

จากนั้นนำค่า F แต่ละคู่ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่า F ในตาราง ที่ $df_{2,12}$ และ $\alpha = .05$ ซึ่งค่า F ในตารางเท่ากับ 3.88 จะพบว่ามีเฉพาะคู่ที่ 1 ระหว่างโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ที่กินอาหารสูตร A กับ กลุ่มที่กินอาหารสูตร B เท่านั้น ที่ค่า F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า F ในตาราง จึงสรุปว่า โคนมที่กินอาหารสูตร B จะมีปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันมากกว่าโคนมที่กินอาหารสูตร A ส่วนกลุ่มโคนมที่กินอาหารสูตร B กับโคนมที่กินอาหารสูตร C และ กลุ่มโคนมที่กินอาหารสูตร A กับกลุ่มโคนมที่กินอาหารสูตร C จะมีปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5.21 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่

ปริมาณน้ำนมโคเฉลี่ยต่อวัน	X_A (สูตร A)	X_B (สูตร B)	X_C (สูตร C)
X_A (สูตร A) = 20		8.6*	5.6
X_B (สูตร B) = 28.6			3.0
X_C (สูตร C) = 25.6			

ขั้นที่ 7 สรุปผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่

สูตรอาหารโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ 3 สูตร ได้แก่ สูตร A สูตร B และสูตร C เมื่อนำมาใช้เลี้ยงโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ พบว่า ปริมาณผลผลิตน้ำนมโคเฉลี่ยต่อวันของโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A กับสูตร C แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ทั้งนี้ ในการแปลผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อผลการวิเคราะห์พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ตัวแปรอิสระมีผลต่อตัวแปรตาม ถ้าอยากรู้ว่ามีผลมากน้อยเพียงใดนั้น ก็สามารถทำได้ โดยหาความแปรผันร่วมกันระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ด้วยการหาอัตราส่วนสหสัมพันธ์ (Correlation Ratio หรือ Eta Square = E^2) โดยอัตราส่วนนี้จะบอกให้ทราบถึงปริมาณหรือความมากน้อยของความแปรผันในตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรอิสระ มีสูตรคำนวณดังนี้

$$E^2 = \frac{SST-SSW}{SST} \dots\dots\dots(5.11)$$

จากผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างที 5.3.4.4.1 ค่า E^2 จะหาได้ดังนี้

$$E^2 = \frac{338.93 - 148.4}{338.93} = 0.56$$

นั่นคือ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ยน้ำนมโคต่อวันแปรผันร่วมกับสูตรอาหารของโคนมร้อยละ 56

5.11 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS

ขั้นที่ 1 กำหนดสมมติฐาน

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C$$

H_1 : มี μ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ = .05

ขั้นที่ 3 ทดสอบเงื่อนไขที่ว่าตัวแปรเชิงปริมาณของแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติหรือไม่

ใช้คำสั่ง ดังนี้ Analyze--> Descriptive Statistics--> Explore... เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Explore ให้เลือกตัวแปรตาม (Cow_milk ปริมาณน้ำนมโคเฉลี่ยต่อวัน) ไปไว้ในกล่องของ Dependent List : และเลือกตัวแปรอิสระ (food_Menu สูตรอาหาร 3 ชนิด) ใส่ไว้ในกล่องของ Factor List และเลือก Statistic เลือก Descriptive ให้ Confidence Interval for mean เป็น 95% ขึ้นต่อไป เลือกปุ่ม Plots จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกประเภทกราฟ เลือกส่วนที่ระบุว่า "Normality Plots with Test" คลิกปุ่ม Continue เมื่อเลือกเสร็จ และคลิกที่ปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output โดยตรวจสอบที่ตาราง Tests of Normality ดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 ทดสอบเงื่อนไขการแจกแจงปกติของตัวอย่างที่ 5.7

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	food	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Cow_Milk	A	.224	5	.200*	.912	5	.482
	B	.147	5	.200*	.995	5	.994
	C	.240	5	.200*	.961	5	.816

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

P-Value หรือ ค่า Sig. ของ **Shapiro-Wilk** จากผลลัพธ์ที่ได้ค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณให้ทั้ง 3 กลุ่ม (A, B, C) มากกว่า α (0.05) จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม มีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05

ขั้นที่ 4 ทดสอบว่าข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่

$$H_0 : \sigma_A^2 = \sigma_B^2 = \sigma_C^2$$

$$H_1 : \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2 \text{ อย่างน้อย 1 คู่ } i \neq j$$

การตรวจสอบเงื่อนไขที่ว่าความแปรปรวนของปริมาณผลผลิตน้ำมันเฉลี่ยต่อวันที่ได้จากการที่โคนมกินอาหารแต่ละสูตรเท่ากันหรือไม่ การตรวจสอบนี้จะรวมอยู่ในคำสั่งเดียวกันกับการทดสอบค่าเฉลี่ยความแปรปรวนในขั้นที่ 5 (ซึ่งจะนำผลตารางตรวจสอบความแปรปรวนที่ได้มาไว้ในขั้นตอนีก่อน จะได้ทราบก่อนว่า ข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม มีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ เพราะถ้าความแปรปรวนไม่เท่ากัน จะใช้สถิติทดสอบ F ไม่ได้ ต้องไปใช้สถิติทดสอบ Brown-Forsythe หรือ Welch ในตาราง ANOVA ในการทดสอบค่าเฉลี่ย)

ตารางที่ 5.23 ตรวจสอบเงื่อนไขความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 5.7

Tests of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Cow_Milk	Based on Mean	.032	2	12	.969
	Based on Median	.035	2	12	.966
	Based on Median and	.035	2	11.255	.966
	Based on trimmed mean	.036	2	12	.965

จากตารางที่ 5.23 ค่า Sig. = 0.966 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปว่าสมมติฐาน H_0 เป็นจริง นั่นคือ ยอมรับว่าข้อมูลตัวแปรตามทั้ง 3 กลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน

ขั้นที่ 5 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) มีขั้นตอนดังนี้
5.1 ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Compare Means -----> One Way ANOVA

จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA

- เลือกตัวแปรตาม (Cow_milk) ใส่ในช่อง Dependent List
- เลือกตัวแปรอิสระ (Food_menu) ใส่ในช่อง Factor

5.2 คลิกปุ่ม Contrasts จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA Contrast

- เลือก บ็อกซ์ Polynomial
- ช่อง Degree เลือก Linear
- คลิกปุ่ม Continue

5.3 คลิกปุ่ม Post Hoc จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA Post Hoc Multiple Comparison

- เลือก บ็อกซ์ Homogeneity of Variance
- เลือก ช่อง Exclude cases analysis by analysis
- คลิกปุ่ม Continue
- คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.23 -5.26

ตารางที่ 5.24 ผลการวิเคราะห์ One Way ANOVA

ANOVA							
Cow_Milk							
Source		Sum of	df	Mean	F	Sig.	
Between	(Combined)	190.533	2	95.267	7.704	.007	
Groups	Linear	Contrast	78.400	1	78.400	6.340	.027
	Term	Deviatio	112.133	1	112.133	9.067	.011
Within Groups		148.400	12	12.367			
Total		338.933	14				

จากตารางที่ 5.24 ค่า F = 7.704 ค่า Sig. = .007 ในตาราง ANOVA หมายความว่า การเลี้ยงโคนมด้วยสูตรอาหารที่แตกต่างกัน ได้แก่ สูตร A สูตร B และสูตร C ทำให้ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันของโคนมอย่างน้อย 1 คู่ หรืออย่างน้อย 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = .007)

ตารางที่ 5.25 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนสหสัมพันธ์ (Eta-squared: E²)

ANOVA Effect Sizes ^{a,b}				
		Point Estimate	95% Confidence	
			Lower	Upper
Cow_Milk	Eta-squared	.562	.073	.725
	Epsilon-squared	.489	-.082	.679
	Omega-squared Fixed-effect	.472	-.076	.664
	Omega-squared Random-effect	.309	-.037	.497

a. Eta-squared and Epsilon-squared are estimated based on the fixed-effect model.

b. Negative but less biased estimates are retained, not rounded to zero.

จากตารางที่ 5.25 ค่า Eta-squared = 0.562 นั่นคือ ปริมาณน้ำนมของโคนมเฉลี่ยต่อวันแปรผันร่วมกับสูตรอาหารของโคนมร้อยละ 56.2 หมายความว่าตัวแปรอิสระ (สูตรอาหารโคนมทั้ง 3 ชนิด) มีผลต่อตัวแปรตาม (ปริมาณน้ำนมของโคนมเฉลี่ยต่อวัน) มากน้อยเพียงใดนั้น ให้ดูจากค่า Eta-squared โดยค่า Eta จะบอกให้ทราบถึงความมากน้อยของความแปรผันของตัวแปรปริมาณน้ำนมของโคนมเฉลี่ยต่อวันที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรสูตรอาหารทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 5.26 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Scheffe

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Cow_Milk

Scheffe

(I) food	(J) food	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
A	B	-8.60000*	2.22411	.008	-14.7999	-2.4001
	C	-5.60000	2.22411	.078	-11.7999	.5999
B	A	8.60000*	2.22411	.008	2.4001	14.7999
	C	3.00000	2.22411	.429	-3.1999	9.1999
C	A	5.60000	2.22411	.078	-5.5999	11.7999
	B	-3.00000	2.22411	.429	-9.1999	3.1999

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

จากตารางที่ 5.26 ค่า Mean Difference = -8.60 หมายถึง ปริมาณน้ำนมโคเฉลี่ยต่อวันของโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร A มีปริมาณน้อยกว่าเลี้ยงด้วยอาหารสูตร B เฉลี่ย 8.60 กิโลกรัม/วัน ค่า Sig = .008 หมายความว่าปริมาณน้ำนมโคเฉลี่ยต่อวันของโคนมกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร A และสูตร B มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = .008)

ขั้นที่ 6 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อนำสูตรอาหารทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ อาหารสูตร A สูตร B และสูตร C มาใช้เลี้ยงโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ พบว่า ปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม) ของโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร B กับเลี้ยงด้วยอาหารสูตร A มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = .008)

5.12 การนำรูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

มีการนำการวิเคราะห์ความแปรปรวนมาใช้กันอย่างกว้างขวางในงานวิจัย โดยเฉพาะในงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม ในการตั้งประเด็นปัญหาการวิจัย อาจจะตั้งว่า เพื่อเปรียบเทียบผล (ตัวแปรตาม) ระหว่างกลุ่มของตัวแปรอิสระ หรือเพื่อศึกษาประสิทธิภาพ ประสิทธิผลของตัวแปรอิสระว่า ระหว่างกลุ่มของตัวแปรอิสระให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ ถ้า

แตกต่างกัน กลุ่มใดให้ผลมากกว่ากัน เช่น ต้องการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการสอนวิชาหลักสถิติ 3 วิธี คือ วิธี A วิธี B และวิธี สุ่มตัวอย่างนักศึกษามา 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มให้เรียนคนละวิธีเป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้ววัดผลสัมฤทธิ์ (คะแนนสอบหลักสถิติ) ของนักศึกษาที่เกิดขึ้น นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกันด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ตัวแปรอิสระ คือ วิธีการสอน และตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์คะแนนสอบวิชาหลักสถิติ

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนยังนำไปใช้กับการวิจัยเชิงบรรยาย โดยเฉพาะงานวิจัยในลักษณะย้อนข้อเท็จจริง (Ex Post Facto Research หรือ Causal Comparative Study) เป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่มุ่งสำรวจหรือค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่คาดว่าจะมีความเกี่ยวข้องกันในเชิงเหตุผล ในสถานการณ์ที่ตัวแปรซึ่งคาดว่าจะสาเหตุ (ตัวแปรอิสระ) ได้ส่งผลต่อตัวแปรซึ่งคาดว่าจะเป็ผล (ตัวแปรตาม) โดยกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาได้รับอิทธิพลจากการกระทำ (Treatment) หรือตัวแปรอิสระเรียบร้อยแล้ว กล่าวอีกอย่างว่า กลุ่มตัวอย่างได้แสดงคุณสมบัติเฉพาะบางอย่าง (ตัวแปรตาม) เป็นที่ปรากฏชัดแล้ว ดังนั้น แม้ว่าการวิจัยย้อนข้อเท็จจริงจะมีจุดมุ่งหมายที่คล้ายคลึงกับการวิจัยเชิงทดลองในแง่ที่ต้องการสรุปความเป็นเหตุเป็นผลของตัวแปร ในรูปประโยคว่า “ถ้า A แล้วละก็ B” นั่นคือ A เป็นเหตุ B เป็นผล แต่การวิจัยย้อนข้อเท็จจริงไม่ใช่รูปแบบหนึ่งของการวิจัยเชิงทดลอง กล่าวคือ การวิจัยเชิงทดลองมุ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของตัวแปร โดยจัดสภาพการณ์เพื่อสร้างเหตุ (ตัวแปรอิสระ : A) ให้เกิดขึ้น ในสถานการณ์ที่มีการควบคุมตัวแปรอื่นให้คงที่แล้วสังเกตดูผลการเปลี่ยนแปลง (ตัวแปรตาม : B) ว่าเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงของเหตุหรือไม่ แต่ในการวิจัยย้อนข้อเท็จจริง จะไม่มีการจัดสร้างสภาพการณ์ให้ A เกิดขึ้น เพราะ A เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถจัดสร้างให้เกิดขึ้นได้ (ได้แก่ ตัวแปรคุณลักษณะทั้งหลาย เช่น เพศ สีผิว เชื้อชาติ อายุ เป็นต้น) งานวิจัยย้อนข้อเท็จจริงจึงมักจะศึกษาในสถานการณ์ที่ A ได้เกิดขึ้นเองเรียบร้อยแล้วตามธรรมชาติ (นิยะดา จิตต์จรูส, 2555: 70) ตัวอย่างงานวิจัยเชิงย้อนข้อเท็จจริง เช่น ต้องการทราบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนระดับปริญญาโทของนักศึกษาภาคพิเศษ จึงสุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่เรียนมาแล้ว 2 ปี มีผลการเรียน 4 ภาคการศึกษาเป็นเกรดเฉลี่ยสะสม นำเกรดเฉลี่ยสะสม (ตัวแปรตาม) เปรียบเทียบกันระหว่างนักศึกษาที่มีอายุต่างกัน (ตัวแปรอิสระ) มีที่พักอาศัยห่างจากสถาบันการศึกษาต่างกัน (ตัวแปรอิสระ) มีภาระครอบครัวแตกต่างกัน (ตัวแปรอิสระ) พื้นความรู้เดิมต่างกัน (ตัวแปรอิสระ)

วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) เป็นวิธีทางสถิติที่ใช้เมื่อต้องการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า 2 ชุด พร้อม ๆ กัน ผู้พัฒนา คือ R.A. Fisher ได้คิดค้นวิธีการทางสถิตินี้ขึ้นมาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเรียกว่า “แผนการทดลอง” วิธีนี้ทำให้การทดสอบสมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_b$ ได้มีวิธีทดสอบที่ใช้อัตราส่วนของความแปรปรวน เรียกว่า F-test นับเป็นเรื่องแปลกที่ใช้ความแปรปรวนในการทดสอบค่าเฉลี่ย แต่ก็มีเหตุผลกระทำได้ ทั้งนี้เมื่อค่าเฉลี่ยของปัญหาที่เราศึกษาทดลองใกล้เคียงกันมากก็จะทำให้ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยต่ำ ($S^2(\bar{x})$) ซึ่งจะนำไปสู่การยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าเฉลี่ยต่างกันมากก็จะทำให้ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยสูง

เป็นเหตุผลให้ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 มีการนำการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้อย่างกว้างขวางโดยเฉพาะงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งการนำวิธีการไปวิเคราะห์ คือ การแยกความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทดลองออกเป็นส่วน ๆ ตามแหล่งที่ทำให้เกิดความแปรปรวน (Source of Variation) นั้น ๆ ดังนี้

1) ความผันแปรหรือความแปรปรวน เนื่องมาจาก “ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง” (ความผันแปรที่อธิบายไม่ได้) หรือความแปรปรวนของ Error

2) ความผันแปรหรือความแปรปรวน เนื่องมาจาก “สิ่งทดลอง” (ความผันแปรที่อธิบายได้)

ทั้งนี้ ในที่นี้จะนำรูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปประยุกต์ใช้กับแบบแผนการทดลองอย่างง่ายที่เกี่ยวข้องกับด้านเกษตร ในหัวข้อ “แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์”

5.13 การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Analysis and Planning of Completely Randomized Design: CRD)

5.13.1 หลักของการวางแผนการทดลอง (Experimental Design)

การวางแผนการทดลอง เป็นกระบวนการที่สมบูรณ์ของขั้นตอนที่จะทำให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมในการวิเคราะห์ เพื่อตอบวัตถุประสงค์ซึ่งจะนำไปสู่การอ้างอิงที่น่าเชื่อถือในการแก้ปัญหาตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง การวางแผนการทดลองจึงเป็นส่วนหนึ่งของวิชาสถิติซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวางแผนการทดลองมีหลักการที่สำคัญ 3 ประการคือ

1) การทำซ้ำ (Replication) เหตุผลของการทำซ้ำ คือ เพื่อให้สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนและลดความคลาดเคลื่อนจากการทดลองได้ เป็นการเพิ่มความแน่นอน ความเที่ยงตรง ทำให้สรุปผลการทดลองได้กว้างขึ้น เช่น ทดลองหลายพื้นที่ หรือหลายฤดูปลูก

2) การสุ่ม (Randomization) เพื่อขจัดความลำเอียง (Bias) และได้ค่าประมาณความคลาดเคลื่อนถูกต้องตามเงื่อนไข

3) การควบคุมความคลาดเคลื่อนโดยการจัดกลุ่มหน่วยทดลอง แยกแหล่งที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนออกจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง คือเป็นการจัดแผนทดลองให้เหมาะสมกับหน่วยทดลอง (ปราโมทย์ พรสุริยา, 2557: 6-8)

ทั้งนี้ การวางแผนการทดลอง มีขั้นตอนดำเนินการได้แก่ 1) กำหนดวัตถุประสงค์ 2) การเลือกวิธีทดลองที่จะใช้ทดลอง 3) การเลือกขนาดการทดลอง 4) การเลือกแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพ 5) การดำเนินการทดลอง 6) การวิเคราะห์ตีความหมายและสรุปผล

สำหรับการทำความเข้าใจแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของแผนการทดลองนั้น ผู้อ่านควรศึกษาศัพท์ที่เกี่ยวข้องก่อนเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันเกี่ยวกับกระบวนการ รูปแบบ และเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งจะส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลสรุปที่มีความน่าเชื่อถือ

5.13.2 นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการทดลอง

จากตัวอย่างที่ 5.7 ต้องการศึกษาประสิทธิภาพของสูตรอาหารโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ 3 สูตร คือ A, B และ C โดยทดลองให้อาหารทั้ง 3 สูตรกับโคนมที่มีอายุเท่ากัน ทำการสุ่ม “โคนมพันธุ์เจอร์ซี่ที่มีขนาด น้ำหนักตัวเท่า ๆ กัน มีความสมบูรณ์เท่า ๆ กัน” มาทดลองกินอาหารแต่ละสูตร (A , B ,C) สูตรละ 5 ตัว รวม 15 ตัว เมื่อเวลาผ่านไป 3 เดือน ทำการวัดปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม) ของโคนมทั้ง 15 ตัว ผลที่ได้ ดังนี้

สูตรอาหารโคนมพันธุ์เจอร์ซี่	สูตร A	สูตร B	สูตร C
	25	30	27
	17	27	31
	21	24	20
	19	33	25
	18	29	25
ปริมาณน้ำนมรวม	100.0	143.0	128.0
ปริมาณน้ำนมโดยเฉลี่ยต่อวัน	20.0	28.6	25.6

จากตัวอย่างที่ 5.7 นำมาประกอบความเข้าใจเกี่ยวกับศัพท์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 1) ปัจจัย (Factor) คือ ลักษณะของสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้ทำการทดลองกำหนดขึ้น (สิ่งทดลองต่าง ๆ ที่มีสภาพการณ์แบบเดียวกัน ถือว่าเป็นหนึ่งปัจจัย) ในที่นี้ มี 1 ปัจจัย คือ สูตรอาหารโคนม
- 2) ระดับของปัจจัยหรือสิ่งทดลอง คือ ค่าต่าง ๆ ของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง ในที่นี้ ระดับของปัจจัยหรือสิ่งทดลอง มี 3 ระดับ คือ สูตรอาหารโคนม สูตร A, B และ C
- 3) การทดลอง (Experiment) คือ การแสวงหาคำตอบจากสิ่งที่ได้จัดเตรียมไว้ดีแล้ว เพื่อที่จะค้นหาข้อเท็จจริงใหม่ ๆ หรือเพื่อสนับสนุน/ขัดแย้งกับผลการทดลองที่เคยทำมาแล้ว ในที่นี้ คือ การศึกษาประสิทธิภาพของสูตรอาหารโคนม 3 สูตร
- 4) การวางแผนการทดลอง (Experimental design) หมายถึง การกำหนดกฎหรือวิธีการที่จะแจกจ่ายสิ่งทดลองไปตามหน่วยทดลอง นั่นคือ กำหนดวิธีการว่า หน่วยทดลองจะได้รับสิ่งทดลองอย่างไร ในที่นี้ คือ การสุ่ม “โคนมพันธุ์เจอร์ซี่ที่มีอายุเท่ากัน น้ำหนักเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน” เพื่อเลี้ยงด้วยอาหารสูตร A, B, C สูตรละ 5 ตัว
- 5) หน่วยทดลอง (Experimental unit) หมายถึง กลุ่มของหน่วยตัวอย่างที่จะได้รับสิ่งทดลอง (Treatment) อย่างเดียวกัน ในที่นี้ คือ โคนมพันธุ์เจอร์ซี่ 5 ตัว จำนวน 3 กลุ่ม
หน่วยทดลอง แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ
 - (1) หน่วยทดลองเดี่ยว เช่น ต้นกะหล่ำปลี 1 ต้นในกระถาง (คือ 1 หน่วยทดลอง)
 - (2) หน่วยทดลองกลุ่ม เช่น ต้นกะหล่ำปลี 20 ต้น ใน 1 แปลง (คือ 1 หน่วยทดลอง)

ขนาดของหน่วยทดลองที่เหมาะสม จะแตกต่างกันไปตามประเภทของวัตถุทดลอง และ Treatment ที่ศึกษา หน่วยทดลองแต่ละหน่วยจะให้ค่าสังเกตเพียง 1 ค่า เท่านั้น ดังนั้น หากเป็นหน่วยทดลองกลุ่มมักใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มเป็นค่าสังเกต โดยทั่วไปในการทดลองด้านพืช การวัดลักษณะของทุกต้น อาจทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างต้นพืชในแต่ละหน่วยทดลองนั้นมาแล้ววัดค่าเฉลี่ย เรียกต้นพืชที่ถูกสุ่มวัดนี้ว่า หน่วยตัวอย่าง (Sampling unit) โดยขนาดและจำนวนที่เหมาะสมของหน่วยตัวอย่างที่ถูกสุ่มจากหน่วยทดลอง จะถูกกำหนดด้วยปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย

6) หน่วยตัวอย่าง (Sampling unit) หมายถึง ส่วนหนึ่งของหน่วยทดลอง ในที่นี้ คือ โคนมพันธุ์เจอร์ซี่ 1 ใน 5 ตัว ของแต่ละกลุ่ม

7) สิ่งทดลอง หรือกรรมวิธี (Treatment: Tr) หมายถึง สิ่งที่เป็นลักษณะประจำตัวของสิ่งทดลอง หรือวิธีการ/วิธีปฏิบัติหรือสิ่งที่ผู้ทำการทดลองนำไปใช้กับหน่วยทดลอง เพื่อวัดผลกระทบ หรือเพื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น ๆ ในที่นี้ คือ สูตรอาหาร A, B และ C และตัวอย่างอื่น ๆ เช่น

- พันธุ์, เพศ, อายุ, ฤดูกาล ซึ่งจัดว่าเป็นลักษณะประจำตัวของวัตถุทดลอง
- สูตรปุ๋ย, วิธีการให้ปุ๋ย, สูตรอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น จัดว่าเป็นวิธีการที่ใช้กับหน่วยทดลอง
- ทริตเมนต์ควบคุม (Control) หรือทริตเมนต์ตรวจสอบ (Check) หมายถึง เป็นทริตเมนต์ที่ใช้เป็นตัวควบคุมหรือเป็นตรวจสอบในการทดลองนั้น ๆ
- ทริตเมนต์มาตรฐาน (Standard) หมายถึง ทริตเมนต์นั้นเป็นสิ่งที่วิธีปฏิบัติที่ใช้กันเป็นมาตรฐานอยู่แล้ว

8) ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง (Experimental errors) หมายถึง ความผันแปรหรือความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองที่ได้รับสิ่งทดลอง (Treatment) เดียวกัน แต่ให้ผลตอบสนองแตกต่างกัน ซึ่งที่แตกต่างกันในตัวอย่างที่ 5.7 นี้ คือ ความผันแปรที่อาจเกิดจากตัวโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ทั้ง 15 ตัว หรือการวัดปริมาณน้ำนมที่ได้คลาดเคลื่อนไป ตัวอย่างเช่น

ให้ Treatment A ให้กับหน่วยทดลองที่ 1 ได้ผลผลิตเป็น Y1

ให้ Treatment A ให้กับหน่วยทดลองที่ 2 ได้ผลผลิตเป็น Y2

ถ้าหาก $Y1 \neq Y2$ ทั้ง ๆ ที่ได้รับ Treatment เดียวกัน แสดงว่าเกิด **Experimental errors** ขึ้นแล้ว ซึ่งการที่ $Y1 \neq Y2$ เราไม่สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะเหตุใด เนื่องจากเป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และเราเรียกความผันแปรนี้ว่า “ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง”

ซึ่งการที่หน่วยทดลองหลาย ๆ หน่วย ได้รับทริตเมนต์เดียวกัน แต่ให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกันเนื่องจากสาเหตุหลัก 2 ประการ คือ

(1) ความผันแปรที่มีอยู่แล้วในหน่วยทดลอง (inherent variability) เช่น ความแปรปรวนของโคนม (กรรมพันธุ์) ความแปรปรวนของพืช (พันธุกรรม) ความแปรปรวนด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินในแปลงทดลอง เป็นต้น

(2) ความผันแปรที่เกิดขึ้นในขณะทดลอง (Extraneous variability) เกิดขึ้นเนื่องจากขาดความสม่ำเสมอในวิธีการปฏิบัติ (Lack of uniformity) หรือเทคนิคการทดลองไม่ได้มาตรฐาน (Failure to standardize) เช่น การให้อาหารแต่ละสูตรกับโคนมไม่สม่ำเสมอ การให้ปุ๋ย ให้น้ำไม่สม่ำเสมอ ตลอดจนอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกมากระทบ เช่น อุณหภูมิ ศัตรูพืช เป็นต้น

ในการทดลองแต่ละครั้ง เราปรารถนาให้มี Experimental error ที่ต่ำที่สุดเพื่อให้มีความแม่นยำ (Precision) มากที่สุด ซึ่งการลด Experimental error สามารถทำได้ดังนี้

- เลือกหน่วยทดลองให้สม่ำเสมอกันจริง ๆ มาใช้ทดลอง
- เลือกแผนการทดลองให้เหมาะสมกับความผันแปรของหน่วยทดลองนั้น ๆ ก่อนการทดลอง
- เพิ่มความละเอียด (refining technique) ในการทดลองให้มากขึ้น

9) ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง (Sampling error) หมายถึง ความผันแปรเนื่องมาจากข้อมูลหรือค่าสังเกตของหน่วยทดลองเดียวกัน ในที่นี้ คือ ความผันแปรที่เกิดจากปริมาณน้ำนมเฉลี่ยต่อวันของโคนมที่ได้รับอาหาร 3 สูตร ซึ่งแตกต่างกัน

10) การทำซ้ำ (Replication) หมายถึง การใช้สิ่งทดลองมากกว่าหนึ่งครั้งในการทดลองเดียวกัน (คือ การปรากฏของทรีตเมนต์ในการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง) ในที่นี้ คือ ให้อาหาร 3 สูตร A, B และ C กับโคนมสูตรละ 5 ตัวอย่างสุ่ม โดยจำนวนครั้งที่ทรีตเมนต์นั้น ๆ ปรากฏในการทดลองเรียกว่า จำนวนซ้ำ

11) การสุ่ม (Randomization) หมายถึง วิธีการจัดทรีตเมนต์ให้กับหน่วยทดลองโดยคำนึงถึงกฎแห่งโอกาสหรือความน่าจะเป็น เพื่อให้มีหลักประกันว่าไม่มีการได้เปรียบหรือเสียเปรียบระหว่างทรีตเมนต์

12) ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) สมการที่ใช้อธิบายว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลกระทบต่อลักษณะที่ใช้ศึกษา ทำให้ทราบว่าความผันแปรทั้งหมดในข้อมูล จะถูกแยกเป็นส่วนต่าง ๆ อย่างไรบ้าง ทำให้สามารถกำหนดวิธีวิเคราะห์ข้อมูลได้

13) ข้อสมมติในการวิเคราะห์ (assumption underlying the analysis) หมายถึง ข้อสมมติหรือเงื่อนไขในการใช้เทคนิคทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่มีลักษณะตามเงื่อนไขที่กำหนด จะมีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญและอำนาจการทดสอบ

ข้อสมมติของการวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับข้อมูลที่ได้จากการใช้แผนการทดลองแบบต่าง ๆ มีดังนี้

(1) ความคลาดเคลื่อนของการทดลองจะต้องเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติ อิสระจากกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนร่วมกัน หรือมีเอกภาพของความแปรปรวน (homogeneity of variance)

(2) อิทธิพลของทรีตเมนต์ และอิทธิพลอื่นจะต้องเกิดในรูปของผลบวก (additive effect)

การฝ่าฝืนข้อสมมติดังกล่าว จะมีผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ จึงต้องตรวจสอบข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ หากข้อมูลไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ควรพิจารณาใช้วิธีการแก้ไขดังนี้

- การแปลงข้อมูล (Transformation of data) มีหลายวิธีการที่ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล เช่น การใช้ค่ารากที่สอง ค่าลอการิทึม ค่าส่วนกลับ เป็นต้น

- การวิเคราะห์แบบนอนพารามेटริก (Non-parametric methods) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีข้อสมมติหรือเงื่อนไขเกี่ยวกับพารามิเตอร์ แต่วิธีนี้มีประสิทธิภาพต่ำ จึงควรเลือกใช้เมื่อมีการฝ่าฝืนเงื่อนไขอย่างมากและการแปลงข้อมูลใช้ไม่ได้ผล (ปราโมทย์ พรสุริยา, 2557: 3-6)

5.13.3 การวิเคราะห์และการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Analysis and Planning of Completely Randomized Design: CRD)

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เป็นแผนการทดลองแบบจำแนกทางเดียว เป็นแผนการทดลองที่ไม่ซับซ้อน เงื่อนไขในการใช้ คือ หน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอหรือมีความคล้ายคลึงกัน (Homogeneous) มาอยู่ก่อนแล้ว หน่วยทดลองมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อลักษณะที่ใช้ศึกษาเป็นอย่างเดียวกัน โดยการทดลองจะจัดทรีตเมนต์ใส่หน่วยทดลองอย่างสุ่ม โดยแต่ละหน่วยจะมีโอกาสได้รับทรีตเมนต์ใดทรีตเมนต์หนึ่งเท่ากัน จุดเด่นของแผนการทดลองนี้ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกและง่าย สามารถใช้ได้โดยไม่จำกัดจำนวนการจัดกระทำ ใช้กับการทดลองที่มีทรีตเมนต์มาก ๆ ได้ โดยที่ขนาดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละทรีตเมนต์มีหน่วยทดลองไม่เท่ากันก็ได้ แต่ปกติแล้วจะใช้กับการทดลองที่มีหน่วยทดลองเท่ากัน หรือจำนวนซ้ำเท่ากันเพื่อไม่ให้เกิดความเอนเอียง และแม้ว่าบางครั้งจะมีข้อมูลบางส่วนสูญหายไปแต่การสูญเสียข้อความจริงจะมีน้อยกว่า รวมถึงผลการทดลองมีความเที่ยงตรงสูงเนื่องจากระดับความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนมีมากกว่า และข้อตกลงเบื้องต้นของแผนการทดลองนี้กำหนดไว้น้อยกว่าแผนการทดลองอื่น ๆ โดยเป็นข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ข้อตกลงเบื้องต้นนี้เป็นไปได้เมื่อใช้วิธีสุ่มการจัดกระทำเพื่อมอบหมายให้กับหน่วยทดลอง ข้อกำหนดการแจกแจงของความคลาดเคลื่อนต้องเป็นปกติ และข้อจำกัดของความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนในกลุ่มทดลองที่ต้องมีค่าเท่ากัน

การทดลองแบบ CRD มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเปรียบเทียบว่าทรีตเมนต์ที่นำมาทดลองนี้ จะให้ผลการทดลองที่แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน ซึ่งในกระบวนการวิเคราะห์จะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีเพียงปัจจัยเดียว (One Way ANOVA) มีตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่กำหนดให้ตัวแปรเชิงกลุ่มมีเพียง 1 ปัจจัยเท่านั้น แต่จะมีระดับของปัจจัยตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไปที่เรียกกันว่า ทรีตเมนต์ (Treatment: Tr) ซึ่งข้อมูลเชิงกลุ่มที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพอยู่ในระดับนามบัญญัติ (Nominal) หรือ ระดับเรียงอันดับ (Ordinal) มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว ซึ่งตัวแปรตามนี้ก็เป็นผลของทรีตเมนต์นั่นเอง (ยูท ใกยวรรณ, 2564: 171)

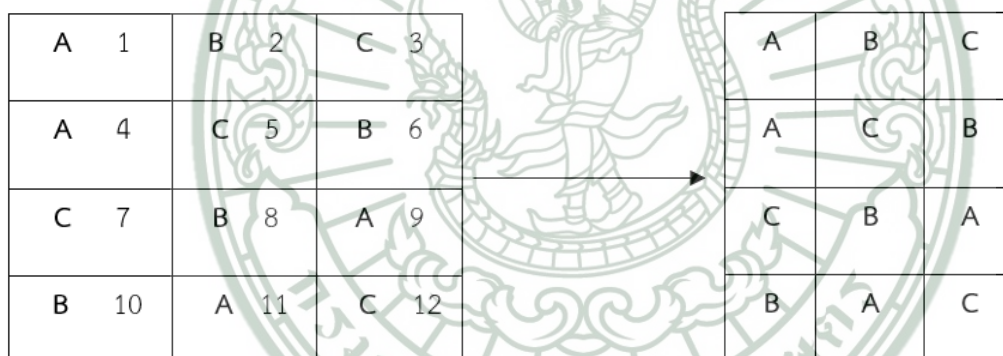
แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ใช้ในกรณีที่ผู้วิจัยมีปัจจัยที่ต้องการเปรียบเทียบเพียงปัจจัยเดียวในการทดลอง เช่น ทรีตเมนต์ หน่วยทดลองที่ใช้มีความสม่ำเสมอกัน แต่ละหน่วยทดลองต้องได้รับ

ทริตเมนต์อย่างสุ่ม เนื่องจากข้อมูลค่าสังเกตสามารถจัดแยก (Classify) เป็นกลุ่มได้ด้วยปัจจัยเดียว (ปัจจัยเนื่องจากทริตเมนต์) บางครั้งจึงเรียกว่า การทดลองแบบ One Way Classify โดยแนวคิดการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่แยกข้อมูลเป็นส่วน ๆ เมื่อใช้หลักการของหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอแล้ว จะแยกส่วนเป็นความแปรปรวนของทริตเมนต์ กับความแปรปรวนของ error (หรือค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง) หากมีรูปแบบการวิเคราะห์ในลักษณะนี้ ก็จะเป็นการใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)

5.13.4 วิธีสุ่มและผังการทดลองของ CRD

1) วิธีสุ่ม เนื่องจากหน่วยทดลองต้องมีความสม่ำเสมอ การที่หน่วยทดลองใดจะได้รับทริตเมนต์ใด จึงมีผลลัพธ์ไม่แตกต่างกัน วิธีการสุ่มก็คือ การทำให้หน่วยทดลองมีโอกาสถูกเลือกให้ได้รับทริตเมนต์ใดก็ได้เท่ากัน ซึ่งวิธีการแบบนี้เรียกว่า การสุ่มแบบสมบูรณ์หรือสุ่มตลอด

2) ผังการทดลอง ถ้าเป็นกรณีที่มีหน่วยทดลอง 12 หน่วย และมี 3 ทริตเมนต์ คือ A, B และ C ซึ่งผู้ทดลองอาจกำหนดให้จำนวนซ้ำเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ ถ้าหากมีจำนวนซ้ำเท่ากันในแต่ละทริตเมนต์ จะมี 4 ซ้ำ 3 ทริตเมนต์ การทดลองจะมีขนาด $4 \times 3 = 12$ การสุ่มและผังการทดลอง ดังภาพที่ 5.4



ภาพที่ 5.5 การสุ่มและผังการทดลอง

ตารางที่ 5.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแผนการทดลอง CRD

Source of Variation (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	F-Ratio	Sig.
สิ่งทดลอง Treatment (Tr or t) Between-Groups	t-1 หรือ k-1	SS_{Tr} หรือ (SSB)	$SS_{Tr/t-1}$ หรือ $MSB = \frac{SSB}{k-1}$	MS_{Tr}/MS_E หรือ $\frac{MSB}{MSw}$	$< \alpha$ ที่ ทดสอบ นัยสำคัญทาง สถิติ

Source of Variation (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	F-Ratio	Sig.
ความคลาดเคลื่อน Error (E) Within-Groups	t(r-1) หรือ n - t หรือ n-k	SS _E หรือ (SSW)	SS _{E/t(r-1)} หรือ $Msw = \frac{SSW}{n - k}$		
Total	tr-1 หรือ n - 1	SS _T หรือ (SST)	$MST = \frac{SST}{n - 1}$		

เมื่อ Tr หรือ t คือ ทรีตเมนต์ (Treatment)

r คือ จำนวนซ้ำ (Replication)

จากตารางที่ 5.27 หากค่า Sig. < α ที่ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ จะยอมรับสมมติฐาน H₁ และจะต้องดำเนินการทดสอบต่อไป เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของทรีตเมนต์ต่าง ๆ

สมมติฐานที่กำหนดของแผนการทดลอง CRD โดย สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบคือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

หรือ H₁ : มีค่า μ_i อย่างน้อย 1 ค่า ที่แตกต่างจากค่า μ_j อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.13.5 จำนวนทรีตเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

ในแบบแผนการทดลอง CRD ถ้าใช้ Treatment น้อย จะต้องใช้หน่วยทดลองมาก แต่ถ้าใช้ทรีตเมนต์จำนวนมากหรือหลายทรีตเมนต์จำนวนหน่วยทดลองจะมีจำนวนน้อยลงได้ ทั้งนี้ เพื่อให้มีจำนวนชั้นความเป็นอิสระ (degree of freedom: df) มากพอสมควร ในการใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Error) โดยทั่วไปแล้วจำนวนชั้นความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (df Error) ไม่ควรน้อยกว่า 9 โดยปกติควรมีตั้งแต่ 10 - 12 เพื่อให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (MSE: Mean Square Error) ลดลง เมื่อค่า MSE ลดลง ย่อมจะทำให้ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (Type I Error) ลดลงด้วย หากกำหนดขนาดของหน่วยทดลองตามข้อกำหนดว่า df Error ไม่ควรจะน้อยกว่า 9 นั้น จะได้สูตรดังนี้ (ยูทอร์ โกวรณ, 2564: 173)

$$N - t \geq 9$$

เมื่อ t (Treatment) = 3 ทรีตเมนต์

$$\text{จะได้ } N = 9 + t$$

$$\text{แทนค่า } N = 9 + 3 = 12$$

เมื่อ N = 12 จะได้จำนวนตัวอย่างแต่ละทรีตเมนต์ (n) = 4

เพื่อให้ลดความคลาดเคลื่อนของการตัดสินใจทั้งแบบ α Error และแบบ β Error ในการทดสอบสมมติฐาน ควรวางแผนการทดลองให้ได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในแต่ละทรีตเมนต์ โดยเฉพาะในการทดลองที่ไม่มีบล็อก หรือไม่มีสภาวะการควบคุม เช่น การทดลองแบบ CRD

ตัวอย่างที่ 5.8 ทำการทดลองในเรือนกระจก โดยการฉีดยาในต้นถั่วแดง 6 สูตร ได้แก่ A, B, C, D, E, F จำนวน 30 ต้น (การทดลองมี 5 ซ้ำ 6 ทรีตเมนต์ จึงมีขนาดตัวอย่าง $5 \times 6 = 30$ ต้น) เพื่อศึกษาปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงเฉลี่ยว่าแตกต่างกันหรือไม่

วิธีสุ่มและผังการทดลอง

1) วิธีสุ่ม ในการสุ่มที่จะฉีดยาสูตร A, B, C, D, E, F ให้ต้นถั่วแดง (หน่วยทดลอง) 30 ต้น ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยการจับสลาก มีขั้นตอนดังนี้

1.1) นำต้นถั่วแดงที่มีลักษณะเหมือนกันมา 30 ต้น ให้หมายเลขต้นถั่วแดง จาก 1, 2, 3, ..., 30

1.2) ทำสลาก 30 ใบ

1.3) แบ่งสลาก 30 ใบ ออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 5 ใบ

1.4) สลากกลุ่มที่ 1 เขียน A, กลุ่มที่ 2 เขียน B, กลุ่มที่ 3 C, กลุ่มที่ 4 เขียน D, กลุ่มที่ 5 เขียน E และกลุ่มที่ 6 เขียน F รวมทั้งหมด 30 ใบ

1.5) นำสลากจากข้อ 1.4 มารวมกันในกล่อง

1.6) สุ่มหยิบสลากจากกล่องมาครั้งละ 1 ใบ แบบไม่ใส่กลับคืน จนกระทั่งหมดกล่อง สมมติว่าได้ตามผังการทดลองข้อ 2

2) ผังการทดลอง

B ต้นที่ 1	C ต้นที่ 2	F ต้นที่ 3	A ต้นที่ 4	D ต้นที่ 5	C ต้นที่ 6
B ต้นที่ 7	E ต้นที่ 8	E ต้นที่ 9	A ต้นที่ 10	F ต้นที่ 11	C ต้นที่ 12
D ต้นที่ 13	F ต้นที่ 14	B ต้นที่ 15	A ต้นที่ 16	A ต้นที่ 17	E ต้นที่ 18
D ต้นที่ 19	E ต้นที่ 20	B ต้นที่ 21	D ต้นที่ 22	A ต้นที่ 23	D ต้นที่ 24
C ต้นที่ 25	C ต้นที่ 26	E ต้นที่ 27	B ต้นที่ 28	F ต้นที่ 29	F ต้นที่ 30

สรุปแผนการทดลอง เป็นดังนี้

ฉีดยาสูตร A ให้ถั่วแดงต้นที่ 4, 10, 16, 17, 23

ฉีดยาสูตร B ให้ถั่วแดงต้นที่ 1, 7, 15, 21, 28

ฉีดเชื้อสูตร C ให้ถั่วแดงต้นที่ 2, 6, 12, 25, 26

ฉีดเชื้อสูตร D ให้ถั่วแดงต้นที่ 5, 13, 19, 22, 24

ฉีดเชื้อสูตร E ให้ถั่วแดงต้นที่ 8, 9, 18, 20, 27

ฉีดเชื้อสูตร F ให้ถั่วแดงต้นที่ 3, 11, 14, 29, 30

ในการทดลองนี้เรียกว่า “การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD)”

ขั้นตอนต่อไป วัดปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดง ได้ผลดังนี้

เชื้อสูตร A		เชื้อสูตร B		เชื้อสูตร C		เชื้อสูตร D		เชื้อสูตร E		เชื้อสูตร F	
ต้นที่	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม)	ต้นที่	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม)	ต้นที่	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม)	ต้นที่	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม)	ต้นที่	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม)	ต้นที่	ปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัม)
4	19.4	1	17.7	2	17.0	5	20.7	8	14.3	3	17.3
10	32.6	7	24.8	6	19.4	13	21.0	9	14.4	11	19.4
16	27.0	15	27.9	12	9.1	19	20.5	18	11.8	14	19.1
17	32.1	21	25.2	25	11.9	22	18.8	20	11.6	29	16.9
23	33.0	28	24.3	26	15.8	24	18.6	27	14.2	30	20.8
รวม	144.1	รวม	119.9	รวม	73.2	รวม	99.6	รวม	66.3	รวม	93.5

อยากทราบว่า ปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงที่ฉีดด้วยเชื้อทั้ง 6 สูตร มีความแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

วิธีทำ

สมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

$H_1 : \mu_i$ อย่างน้อย 2 ค่า ไม่เท่ากัน ; $i = 1, 2, \dots, 6$

เมื่อ $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4, \mu_5, \mu_6$ แทน ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงที่ฉีดด้วยเชื้อสูตรที่ A:1, B:2, C:3, D:4, E:5, F:6 ตามลำดับ

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS สำหรับตัวอย่างที่ 5.8

ขั้นที่ 1 กำหนดสมมติฐาน

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$

$H_1 : \mu_i$ อย่างน้อย 2 ค่า ไม่เท่ากัน ; $i = 1, 2, \dots, 6$

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ $= .01$

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบเงื่อนไขว่าตัวแปรเชิงปริมาณของแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติหรือไม่

ใช้คำสั่ง ดังนี้ Analyze ---> Descriptive Statistics ---> Explore... เมื่อปรากฏหน้าต่างของ Explore ให้เลือกตัวแปรตาม (Nitrogen ปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดง) ไปไว้ในกล่องของ Dependent List : และเลือกตัวแปรอิสระ (Germs เชื้อทั้ง 6 สูตร) ใส่ไว้ในกล่องของ Factor List และเลือก Statistic เลือก Descriptive ให้ Confidence Interval for mean เป็น 99% ขึ้นต่อไป เลือกปุ่ม Plots จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกประเภทกราฟ เลือกส่วนที่ระบุว่า “Normality Plots with Test” คลิกปุ่ม Continue เมื่อเลือกเสร็จ และคลิกที่ปุ่ม OK จะปรากฏผลลัพธ์ในหน้าต่าง Output โดยตรวจสอบที่ตาราง Tests of Normality ดังตารางที่ 5.28

ตารางที่ 5.28 ทดสอบเงื่อนไขการแจกแจงปกติของตัวอย่างที่ 5.8

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Germs	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nitrogen	A	.314	5	.120	.802	5	.085
	B	.334	5	.071	.858	5	.220
	C	.211	5	.200*	.963	5	.826
	D	.296	5	.175	.826	5	.129
	E	.345	5	.052	.745	5	.027
	F	.209	5	.200*	.936	5	.638

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

P-Value หรือ ค่า Sig. ของ Shapiro-Wilk จากผลลัพธ์ที่ได้ค่า Sig. ที่โปรแกรมคำนวณให้ทั้ง 6 กลุ่ม (A, B, C, D, E, F) มากกว่า α (0.01) จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ข้อมูลทั้ง 6 กลุ่ม มีการแจกแจงปกติที่ระดับนัยสำคัญ .01

การตรวจสอบเงื่อนไขความแปรปรวนของตัวแปรเชิงปริมาณ (ปริมาณไนโตรเจน) ว่าต้องมีความแปรปรวนเท่ากันทั้ง 6 กลุ่ม การตรวจสอบนี้จะไปรวมอยู่ในขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความแปรปรวน ในขั้นตอนที่ 4

ขั้นที่ 4 เลือกสถิติที่ใช้ในการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) มีขั้นตอนดังนี้

4.1 ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Compare Means and Proportion-----> One Way ANOVA

จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA

- เลือกตัวแปรตาม (Nitrogen) ใส่ในช่อง Dependent List
- เลือกตัวแปรอิสระ (Germs) ใส่ในช่อง Factor

4.2 คลิกปุ่ม Contrasts จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA Contrast

- เลือก บ็อกซ์ Polynomial
- ช่อง Degree เลือก Linear

- คลิกปุ่ม Continue

4.3 คลิกปุ่ม Post Hoc จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA Post Hoc Multiple Comparison

- คลิก ☒ Scheffe

4.4 คลิกปุ่ม Options จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ One Way ANOVA: Options

- คลิก ☒ Homogeneity of Variance
- คลิก ☒ เลือก บ็อกซ์ เลือก ช่อง Exclude cases analysis by analysis
- คลิกปุ่ม Continue
- คลิกปุ่ม OK
- จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 5.28 -5.32

ตารางที่ 5.29 ตรวจสอบเงื่อนไขความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 5.8

Tests of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Nitrogen	Based on Mean	3.145	5	24	.025
	Based on Median	.929	5	24	.479
	Based on Median and with adjusted df	.929	5	9.623	.503
	Based on trimmed mean	2.847	5	24	.037

จากตารางที่ 5.29 ค่า Sig. = .025 ซึ่งมากกว่า 0.01 จึงสรุปว่าสมมติฐาน H_0 เป็นจริง นั่นคือ ยอมรับว่าข้อมูลตัวแปรตามทั้ง 6 กลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน

ตารางที่ 5.30 ผลการวิเคราะห์ One Way ANOVA

ANOVA

Nitrogen

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		847.047	5	169.409	14.371	<.001
	Linear Contrast		428.796	1	428.796	36.374	<.001
	Term Deviation		418.250	4	104.563	8.870	<.001
Within Groups			282.928	24	11.789		
Total			1129.975	29			

จากตารางที่ 5.30 พบว่า ค่า $F = 14.371$ ค่า $Sig < .001$ (ซึ่งน้อยกว่า α ที่กำหนดไว้คือ 0.01) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 หมายความว่า ปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงที่ฉีดด้วยเชื้อสูตรต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ค่า หรืออย่างน้อย 2 กลุ่ม ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ($P < .001$)

ตารางที่ 5.31 ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนสหสัมพันธ์ (Eta-squared: E^2)

		ANOVA Effect Sizes ^a		
		99% Confidence Interval		
		Point Estimate	Lower	Upper
Nitrogen	Eta-squared	.750	.352	.836
	Epsilon-squared	.697	.217	.802
	Omega-squared Fixed-effect	.690	.211	.797
	Omega-squared Random-effect	.308	.051	.439

a. Eta-squared and Epsilon-squared are estimated based on the fixed-effect model.

จากตารางที่ 5.31 ค่า Eta-squared = 0.750 นั่นคือ ปริมาณไนโตรเจนในถั่วแดงแปรผันร่วมกับเชื้อที่ฉีดต้นถั่วแดง ร้อยละ 56.2 หมายความว่าตัวแปรอิสระ (เชื้อทั้ง 6 สูตร) มีผลต่อตัวแปรตาม (ปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดง) มากน้อยเพียงใดนั้น ให้ดูจากค่า Eta-squared โดยค่า Eta จะบอกให้ทราบถึงความมากน้อยของความแปรผันของตัวแปรปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรเชื้อที่ฉีดให้ต้นถั่วแดงทั้ง 6 สูตร

ตารางที่ 5.32 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Scheffe Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nitrogen

(I) Germs	(J) Germs	Mean	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
		Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
A	B	4.84000	2.17151	.442	-4.7431	14.4231
	C	14.18000*	2.17151	<.001	4.5969	23.7631
	D	8.90000	2.17151	.019	-.6831	18.4831
	E	15.56000*	2.17151	<.001	5.9769	25.1431
	F	10.12000*	2.17151	.006	.5369	19.7031
B	A	-4.84000	2.17151	.442	-14.4231	4.7431
	C	9.34000	2.17151	.013	-.2431	18.9231
	D	4.06000	2.17151	.629	-5.5231	13.6431
	E	10.72000*	2.17151	.003	1.1369	20.3031
	F	5.28000	2.17151	.347	-4.3031	14.8631
C	A	-14.18000*	2.17151	<.001	-23.7631	-4.5969
	B	-9.34000	2.17151	.013	-18.9231	.2431
	D	-5.28000	2.17151	.347	-14.8631	4.3031
	E	1.38000	2.17151	.995	-8.2031	10.9631
	F	-4.06000	2.17151	.629	-13.6431	5.5231
D	A	-8.90000	2.17151	.019	-18.4831	.6831
	B	-4.06000	2.17151	.629	-13.6431	5.5231
	C	5.28000	2.17151	.347	-4.3031	14.8631
	E	6.66000	2.17151	.135	-2.9231	16.2431
	F	1.22000	2.17151	.997	-8.3631	10.8031
E	A	-15.56000*	2.17151	<.001	-25.1431	-5.9769
	B	-10.72000*	2.17151	.003	-20.3031	-1.1369
	C	-1.38000	2.17151	.995	-10.9631	8.2031
	D	-6.66000	2.17151	.135	-16.2431	2.9231
	F	-5.44000	2.17151	.315	-15.0231	4.1431
F	A	-10.12000*	2.17151	.006	-19.7031	-.5369
	B	-5.28000	2.17151	.347	-14.8631	4.3031
	C	4.06000	2.17151	.629	-5.5231	13.6431
	D	-1.22000	2.17151	.997	-10.8031	8.3631
	E	5.44000	2.17151	.315	-4.1431	15.0231

*. The mean difference is significant at the 0.01 level.

จากตารางที่ 5.30 เราทราบแล้วว่าปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงที่ฉีดด้วยเชื้อสูตรต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ค่า หรืออย่างน้อย 2 กลุ่ม จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ เพื่อทดสอบว่ามีคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วย Scheffe ได้ผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 5.32

คือ มีจำนวน 4 คู่ (A กับ C, A กับ E, A กับ F และ B กับ E) ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 (ค่า Sig < α ที่กำหนดไว้คือ .01) รายละเอียดดังนี้

คู่ที่ 1 นิดเชื้อสูตร A แตกต่างจากนิดเชื้อสูตร C มี Mean Difference = 14.18 หมายถึง ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงจากผลของการนิดเชื้อสูตร A สูงกว่า สูตร C เท่ากับ 14.18 มิลลิกรัม

คู่ที่ 2 นิดเชื้อสูตร A แตกต่างจากนิดเชื้อสูตร E มี Mean Difference = 15.56 หมายถึง ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงจากผลของการนิดเชื้อสูตร A สูงกว่า สูตร E เท่ากับ 15.56 มิลลิกรัม

คู่ที่ 3 นิดเชื้อสูตร A แตกต่างจากนิดเชื้อสูตร F มี Mean Difference = 10.12 หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงจากผลของการนิดเชื้อสูตร A สูงกว่า สูตร F เท่ากับ 10.12 มิลลิกรัม

คู่ที่ 4 นิดเชื้อสูตร B แตกต่างจากนิดเชื้อสูตร E มี Mean Difference = 10.72 หมายถึง ค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในต้นถั่วแดงจากผลของการนิดเชื้อสูตร B สูงกว่า สูตร E เท่ากับ 10.72 มิลลิกรัม

สรุป

t-test เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีประโยชน์สำหรับงานวิจัยที่ต้องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง ประเภทของสถิติทดสอบ t-test ได้แก่ 1) กรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม (1-sample t-test) ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกับ ค่าอ้างอิง (เช่น ค่ามาตรฐานหรือค่าเฉลี่ยจากงานวิจัยอื่น) ต้องการทดสอบว่าประชากรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าอ้างอิงที่กำหนดหรือไม่ 2) กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่ม (2-sample t-test) ต้องการทดสอบว่าประชากร 2 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากันหรือไม่ หรือกล่าวได้ว่า ตัวอย่าง 2 กลุ่มถูกเลือกมาแบบสุ่มจากประชากรเดียวกันหรือไม่ โดยแบ่งพิจารณาเป็น 2 ลักษณะ คือ 2.1) ตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มตัวอย่าง (2 กลุ่ม เป็นอิสระกัน) 2) ตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน (Paired t-test) ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ กลุ่มตัวอย่างเดียว แต่วัดผลในสองช่วงเวลา แต่ละประเภทมีค่าสถิติที่ใช้ทดสอบต่างกัน หากเป็นการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกันแล้ว สิ่งที่ต้องพิจารณาต่อไปคือความแปรปรวนของประชากร ถ้าประชากรมีความแปรปรวนเท่ากัน ให้ใช้สูตรความแปรปรวนรวม ในการทดสอบ หากความแปรปรวนไม่เท่ากันให้ใช้สูตรความแปรปรวนแยก เงื่อนไขการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติทดสอบ t-test ไม่ว่าจะเป็นประชากร 1 กลุ่มหรือ 2 กลุ่ม การแจกแจงของประชากรต้องมีการแจกแจงปกติ และตัวแปรที่นำมาทดสอบ (ตัวแปรตาม) ต้องมีระดับข้อมูลไม่ต่ำกว่ามาตรวัดอันดับภาค (Interval Scale) ส่วนตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (Categorical Variable หรือ Nominal Scale) ขนาดตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ไม่ควรน้อยกว่า 30 (ยกเว้น กรณีใช้ Paired t-test) ถ้าไม่มีลักษณะดังกล่าว ควรเลือกใช้สถิติแบบนอนพารามетริกจะเหมาะสมกว่า

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) คือ ต้องการตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไปเท่ากันหรือไม่ โดยตัวแปรที่ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย คือตัวแปรตาม (Dependent Variable) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion variable) ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณมีมาตรวัดในระดับช่วง (Interval) หรืออัตราส่วน (Ratio) และเรียกตัวแปรกลุ่ม (Categorical

Variable) ว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable) หรือตัวแปรจัดกระทำที่มี 3 ระดับขึ้นไป ซึ่งตัวแปรจัดกระทำมักใช้เรียกในงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ถ้าตัวแปรอิสระมีเพียงตัวเดียวแล้ว เรา จะเรียกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยการทดสอบความแปรปรวนทำ ให้ทราบว่าคุณค่าเฉลี่ยของข้อมูลเบี่ยงเบนออกจากจุดกลางของเส้นโค้งปกติไปมากน้อยเพียงใด ความแปรปรวน ของข้อมูลที่ทดสอบมีทั้ง ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และ ความแปรปรวนภายในกลุ่ม ความแปรปรวน ระหว่างกลุ่มเป็นความแปรปรวนทั้งหมดของสมาชิกในกลุ่ม (Systematic Variance) ส่วนความแปรปรวน ของค่าเฉลี่ยของสมาชิกในกลุ่มทำให้เกิดความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน (Error Variance) ภายในกลุ่ม ถ้าหากความแปรปรวนระหว่างกลุ่มมากกว่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม แสดงว่าคุณค่าเฉลี่ยของกลุ่มก็จะ

แตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ หรือแสดงว่าคุณค่า F มาก โดย $F = \frac{\text{ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม}}{\text{ความแปรปรวนภายในกลุ่ม}}$

แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) ใช้กับการทดลอง ที่ผู้วิจัยคาดว่าหน่วยทดลองไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันน้อยมาก กำหนดสิ่งทดลองให้แก่หน่วยทดลองด้วย วิธีสุ่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเปรียบเทียบว่าทรีตเมนต์ (Treatment: สิ่งทดลอง หรือกรรมวิธี) ที่นำมา ทดลองนี้ จะให้ผลการทดลองที่แตกต่างกันหรือไม่แตกต่างกัน กระบวนการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ความ แปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว (One Way ANOVA) มีตัวแปรอิสระเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม โดยที่กำหนดให้ตัวแปร เชิงกลุ่มมีเพียง 1 ปัจจัยเท่านั้น แต่จะมีระดับของปัจจัยตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไปที่เราเรียกกันว่า ทรีตเมนต์ (Treatment: Tr) ซึ่งข้อมูลเชิงกลุ่มที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพอยู่ในระดับนามบัญญัติ (Nominal) หรือ ระดับเรียงอันดับ (Ordinal) มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว ซึ่งตัวแปรตามนี้ ก็เป็นผลของทรีตเมนต์นั่นเอง ข้อดีของแผนทดลอง CRD คือ (1) การวัดผลสิ่งทดลองแต่ละสิ่งไม่จำเป็นต้อง เท่ากัน ขึ้นอยู่กับสิ่งทดลองแต่ละสิ่งที่คุณวิจัยมีอยู่ บางชนิดอาจมีน้อยไม่สามารถวัดผลซ้ำได้หลายครั้ง แต่หาก ผู้วิจัยไม่มีปัญหาเกี่ยวกับจำนวนสิ่งทดลองที่จะนำมาใช้วัดผล ควรจะใช้จำนวนครั้งจากการวัดผลจากแต่ละ สิ่งทดลองเท่า ๆ กัน เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ (2) กรณีข้อมูลสูญหายจากการทดลอง เช่น หน่วยทดลองเสียชีวิต ผลทดลองถูกทำลายก่อนที่ผู้วิจัยจะทำการวัดผล ก็ยังสามารถวิเคราะห์ต่อได้ (3) ความถูกต้องเชื่อถือได้ของผลการวิเคราะห์สูง ถ้าผู้วิจัยสามารถควบคุมความแตกต่างของหน่วยทดลอง และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 6

การเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์สองตัวแปรไคสแควร์ (Chi Square)

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการหนึ่งของสถิติเชิงอนุมาน แต่เป็นการอนุมานเชิงสถิติที่ไม่อิงอยู่กับการแจกแจงของประชากรและระดับการวัดของข้อมูลที่น่ามาทดสอบจะมีลักษณะเป็นนามบัญญัติหรือเรียงอันดับ ซึ่งวิธีการนี้ คือ การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว หรือหลายตัวจะทำให้การวิจัยชัดเจนมากขึ้น ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างตัวแปร ทำให้สามารถประมาณค่าและทำนายหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรหนึ่งจากอีกตัวแปรหนึ่งได้ การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีหลักการ แนวความคิดและวิธีการที่ใช้หาความสัมพันธ์หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ เนื้อหาบทนี้จะนำเสนอเฉพาะการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรที่วัดด้วยข้อมูลระดับกลุ่ม เช่น ไคสแควร์, Phi และ Cramer's V เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้น เพื่อตอบประเด็นปัญหาการวิจัยให้ทราบ 3 ประการ (Healey, 1990: 253-259) คือ

- 1) มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันหรือไม่
- 2) ถ้าสัมพันธ์กัน มีความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด
- 3) ถ้าสัมพันธ์กัน มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบใด (Pattern) หรือ ทิศทางใด

6.1 การใช้สถิติทดสอบไคสแควร์

ไคสแควร์ เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานกับข้อมูลที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง คือ เป็นข้อมูลระดับนามบัญญัติ (ตัวแปรเชิงกลุ่ม) หรือระดับอันดับ แต่สถิติไคสแควร์บางตัวยังใช้ทดสอบสมมติฐานของข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่อง ดังนั้น ไคสแควร์จึงมีทั้งสถิติพาราเมตริกและสถิติแบบนอนพาราเมตริก มีลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถสรุปคำตอบในประเด็นปัญหาการวิจัยได้หลายชนิด และยังคำนวณได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเหมือนสถิติตัวอื่น ๆ

การแจกแจงแบบไคสแควร์เป็นโค้งเบ้ขวา (Positive Skewed) ค่า χ^2 ที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าบวกเสมอ ไม่มีค่าลบ มีค่าระหว่าง 0 - ∞ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือ df (Degree of Freedom) มีค่าเพิ่มขึ้น ค่าไคสแควร์จะเพิ่มขึ้นด้วย และลักษณะการแจกแจงจะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติมากขึ้น ดังนั้น ค่าไคสแควร์จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามขนาดตัวอย่าง หากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น ค่าไคสแควร์จะเพิ่มขึ้นด้วย

การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้สถิติไคสแควร์ ผลการทดสอบจะทราบเพียงว่าตัวแปร 2 ตัวแปรนั้น มีความสัมพันธ์กันหรือไม่สัมพันธ์กัน แต่ไม่ทราบว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันในระดับ

ใดและมีความสัมพันธ์กันในทิศทางใด หากต้องการทราบระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ต้องวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ฟี (Phi Coefficient หรือ ϕ) หรือ Cramer's V

6.2 เงื่อนไขและรูปแบบการวิเคราะห์

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลระดับกลุ่มที่ได้จากการแจกแจง หรือระดับอันดับ ถ้าเก็บรวบรวมข้อมูลมาเป็นคะแนนหรือตัวเลขที่มีระดับช่วง (อันตรภาค) หรืออัตราส่วน ต้องปรับให้เป็นระดับกลุ่มก่อน และต้องเป็นอิสระจากกัน

6.2.1 เงื่อนไขในการใช้สถิติไคสแควร์

1) ค่าที่สังเกตได้เป็นอิสระจากกัน กรณีข้อมูลนำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเก็บรวบรวมมาจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน เช่น จำนวนเพศชาย และเพศหญิง ซึ่งรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างที่มีอาชีพรับราชการ อาชีพรับจ้าง อาชีพค้าขาย อาชีพเกษตรกร เป็นต้น

2) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร (Test for dependent two Samples) ตารางแบบ 2x2 Contingency Table ซึ่งมีค่า $df = 1$ ขนาดตัวอย่างในแต่ละเซลล์ไม่ควรน้อยกว่า 10 หากขนาดตัวอย่างในเซลล์ใดน้อยกว่า 10 ค่านัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานไม่ใช่ Asymptotic Significant เพราะจะทำให้ค่านัยสำคัญที่วิเคราะห์ได้ไม่ถูกต้อง ในกรณีที่เกิดปัญหขนาดตัวอย่างในแต่ละเซลล์น้อยกว่า 10 ให้ใช้ exact test หรือ Monte Carlo Method หรือใช้สูตรปรับแก้ไคสแควร์ของเยตส์ (Yate's Correction Chi-Square) (Bruning & Kintz, 1997:299)

หากวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เมื่อได้ผลลัพธ์ตาราง Chi Square test ค่าต่าง ๆ ในแถว Continuity Correction คือค่าที่ปรับแก้ไคสแควร์ของเยตส์แล้ว

3) การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร ตารางแบบ 2x3 Contingency Table หรือมากกว่า 2x2 Contingency Table ขึ้นไป ในแต่ละเซลล์ไม่ควรน้อยกว่า 5 แต่หากขนาดตัวอย่างในแต่ละเซลล์น้อยกว่า 5 จำนวนเซลล์ที่ขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 5 ต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของจำนวนเซลล์ทั้งหมด ดังนั้นหากงานวิจัยต้องใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ควรศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ หากขนาดตัวอย่างในเซลล์ไม่เป็นไปตามกำหนด ค่านัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานไม่ใช่ Asymptotic Significant เพราะค่านัยสำคัญของการทดสอบสมมติฐานที่คำนวณได้จะคลาดเคลื่อน แต่ให้ใช้วิธี Exact test หรือ Monte Carlo Method แต่ถ้าหาก $n \geq 50$ ไม่ต้องปรับค่า χ^2

4) กรณีใช้สถิติไคสแควร์สำหรับทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม (Test for one Sample) การทดสอบความเป็นอิสระของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม (Test for two independent samples) ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีค่าไม่ต่อเนื่อง นำมาจัดกลุ่มและแจกแจงในรูปความถี่ แต่ในกรณีที่สถิติไคสแควร์ทดสอบการแจกแจงของข้อมูล (Goodness of Fit) สามารถใช้ทดสอบกับข้อมูลที่เป็นค่าต่อเนื่องและค่าไม่ต่อเนื่อง

6.2.2 รูปแบบในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยไคสแควร์

รูปแบบในการวิเคราะห์ข้อมูลมีลักษณะ 2 ประการ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2546: 245) คือ

1) ข้อมูลจำแนกทางเดียว (One-Dimensional Classifical Data) รูปแบบนี้ข้อมูลจะมาจากตัวแปรเดียวและจำแนกตามระดับหรือกลุ่มของตัวแปร เช่น จำนวนประชาชนที่ชอบดูรายการโทรทัศน์ของช่อง 3, ช่อง 7 ช่อง 9, ช่องไทย PBS, ช่อง TNN, ช่อง Work point, ช่อง Nation, ช่อง ไทยรัฐ และช่อง One จำนวนนักเรียนที่สอบเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชา แพทย์ศาสตร์ นิติศาสตร์ รัฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ มนุษย์ศาสตร์ และสังคมศาสตร์ ไคสแควร์ใช้วิเคราะห์นี้ เรียกว่า การทดสอบสารูปสนิทธิ หรือ การทดสอบความสอดคล้องของข้อมูล (Test of Goodness of Fit)

2) ข้อมูลจำแนกสองทาง (Two-Way Contingency Table) รูปแบบนี้ข้อมูลจะมาจากตัวแปร 2 ตัว ซึ่งปกติประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 1 ตัว ตัวแปรตาม 1 ตัว นำเสนอในรูปตารางสองทาง (Contingency table) แบบง่ายที่สุดคือ ตารางแบบ 2×2 คือตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแบ่งเป็น 2 กลุ่มเท่ากัน ส่วนแบบอื่น จะเป็นตารางแบบ $2 \times k$ และแบบที่ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามแบ่งมากกว่า 2 กลุ่ม ถ้าแบ่งเท่ากันทั้งสองตัวแปรจะเป็นตารางแบบ $k \times k$ (เมื่อ k = จำนวนกลุ่ม) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้จะมีทั้งเก็บจากตัวอย่างกลุ่มเดียว เก็บจากตัวอย่าง 2 กลุ่ม และเก็บจากตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม ขึ้นอยู่กับประเด็นปัญหาการวิจัยและรูปแบบการวิจัย การวิเคราะห์แบบสองทางโดยใช้ไคสแควร์ แบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1) แบบสุ่มทั้งสองตัวแปร (Random marginal frequencies for both rows and column) รูปแบบนี้ ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่ทำตารางสองทางจะได้อมาด้วยการสุ่มทั้ง 2 ตัวแปร รูปแบบการวิจัยที่ใช้มักจะเป็นการวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive Research) ซึ่งข้อมูลจะมาจากตัวอย่างกลุ่มเดียวที่สุ่มมาจากประชากรเป้าหมายเดียว แต่ได้มาทั้งตัวแปรอิสระและตัวแปรตามพร้อมกัน เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอาชีพกับพฤติกรรมการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์ของประชาชน อาชีพเป็นตัวแปรอิสระและพฤติกรรมการสั่งซื้อสินค้าออนไลน์เป็นตัวแปรตาม ซึ่งตัวแปรทั้ง 2 ตัวนี้ได้สุ่มมาจากประชากรเป้าหมายเดียวไม่ได้เลือกหรือกำหนดไว้ก่อน ข้อมูลลักษณะนี้ เมื่อทำตารางสองทาง จะวิเคราะห์ด้วยไคสแควร์ที่เรียกว่าไคสแควร์ที่ใช้วิเคราะห์นี้ เรียกว่า การทดสอบความเป็นอิสระระหว่างตัวแปร 2 ตัว (Test of Independence)

2.2) รูปแบบผสมหนึ่งตัวสุ่มอีกหนึ่งตัวกำหนด แบบนี้ตัวแปรที่ทำตารางสองทาง ตัวแปรตัวหนึ่งจะกำหนด (Fixed) และอีกตัวหนึ่งจะสุ่ม (Random) ถ้าเป็นการวิจัยเชิงทดลองตัวแปรอิสระ ซึ่งได้แก่สิ่งทดลองจะกำหนดไว้ก่อน ส่วนตัวแปร ซึ่งได้แก่ ผลการทดลอง จะปล่อยให้เกิดขึ้นไม่มีการกำหนด เช่น การทดลองประสิทธิผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดปุ๋ยพืชสด ตัวแปรอิสระคือ ปุ๋ย ในที่นี้กำหนดไว้ว่าเป็นปุ๋ยพืชสด ส่วนตัวแปรตามคือ ประสิทธิผลของปุ๋ย อาจจะได้แก่ คุณภาพดินดีขึ้น การเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่ได้กำหนด พืชจะมีคุณลักษณะการเติบโตแตกต่างกันไป ซึ่งเป็นไปตามการสุ่ม หากเป็นการทำวิจัยเชิงย้อนรอย (Ex post Facto Research) คือ การศึกษาจากผลไปหาเหตุ ซึ่งตัวแปรตามเกิดขึ้นก่อนแล้วและตามไปหาเหตุ ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ เช่น ต้องการสอบสวนว่า คนที่เป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่มีพฤติกรรมการเสี่ยงอย่างไร ตัวแปรตามคือเป็นโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (คือ เป็นกับไม่เป็น โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่)

จะเป็นตัวแปรที่กำหนดไว้ก่อน ส่วนตัวแปรอิสระ ได้แก่ พฤติกรรมเสี่ยงที่ต้องการสอบสวน อาจจะได้แก่ การสูบบุหรี่ การไม่ออกกำลังกาย ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์จะเก็บตัวอย่างจากตัวอย่าง 2 กลุ่ม หรือมากกว่า แล้วนำมาทำตารางสองทางวิเคราะห์ด้วยไคสแควร์ ไคสแควร์ที่ใช้วิเคราะห์นี้ เรียกว่า การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ หรือทดสอบความเสมอเหมือนของข้อมูล (Test of Homogeneity)

6.3 สูตรที่ใช้คำนวณในการคำนวณค่าไคสแควร์

ไคสแควร์ เป็นวิธีการเปรียบเทียบความถี่ระหว่างความถี่ที่สังเกตหรือเก็บรวบรวมมา (Observed Score) กับความถี่ตามทฤษฎีที่คาดหวังว่าจะเกิด (Expected Score) ปกติสูตรการคำนวณจะมีตัวห้อยบอกลำดับขั้นการคำนวณ แต่ในที่นี้จะตัดตัวห้อยออกคงไว้เฉพาะสัญลักษณ์ที่จำเป็น

1) การวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกทางเดียว ใช้สูตร

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \dots\dots\dots (6.1)$$

ถ้าตัดตัวห้อยออกจะได้ ดังนี้

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \dots\dots\dots (6.2)$$

ค่าไคสแคว χ^2 ในสูตรที่ (6.2) เรียก *Pearson Chi Square*

$$\text{หรือ } \chi^2 = \sum \frac{(O)^2}{E} - N \dots\dots\dots (6.3)$$

เมื่อ O = ความถี่ที่สังเกตหรือที่เก็บรวบรวมได้

E = ความถี่ตามทฤษฎีหรือตามที่คาดหวัง

N = จำนวนตัวอย่างหรือข้อมูล

Df = k - 1 เมื่อ k = จำนวนกลุ่ม (Categories) หรือคำตอบ

กรณี df = 1 ถ้าจำนวนตัวอย่งน้อยกว่า 20 หรือความถี่ที่คาดหวังน้อยกว่า 5 ต้องปรับด้วย Yate's correction for continuity โดยลบด้วย 0.5 ของผลลบระหว่าง O กับ E โดยไม่คิดเครื่องหมายของผลลบที่ได้ก่อน สูตรจะเป็นดังนี้

$$\chi^2 = \frac{\sum(|O-E|-0.5)^2}{E} \dots\dots\dots (6.4)$$

เมื่อ | | = ผลลบไม่คิดเครื่องหมาย

2) การวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกสองทาง แบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 2 แบบ คือ

2.1) ตารางแบบ 2X2 ตัวแปรอิสระแบ่งเป็น 2 กลุ่ม หรือประเภท และตัวแปรตามแบ่งเป็น 2 กลุ่ม หรือประเภทด้วย ซึ่งจะทำเป็นตาราง ดังนี้

ตารางที่ 6.1 ตารางการจำแนกข้อมูล 2 ทาง แบบ 2x2

ตัวแปรตาม	ตัวแปรอิสระ		รวม
	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	
ประเภทที่ 1	A	B	A + B
ประเภทที่ 2	C	D	C + D
รวม	A + C	B + D	N

จากตารางที่ 6.1 โดยทั่วไปในตารางแนวนตั้ง (Column: c) จะนำเสนอตัวแปรอิสระ ส่วนตัวแปรตามมักจัดให้อยู่ในแนวนอน (Row: r) เสมอ หากตัวเลขที่นำเสนอเป็นค่าร้อยละ ต้องคิดจากฐานตามตัวแปรอิสระมากกว่าจะคิดตามฐานของตัวแปรตาม สูตรจะเป็น ดังนี้

$$\chi^2 = \frac{N(AD-BC)^2}{(A+B)(C+D)+(A+C)(B+D)} \dots\dots\dots (6.5)$$

เมื่อ N = จำนวนข้อมูลรวมทั้งหมด = จำนวนข้อมูลรวมทั้งหมด = (A + B + C + D)

Df = (r - 1) (c - 1) เมื่อ r = จำนวนแถวแนวน c = จำนวนแถวตั้ง

กรณีนี้ก็เช่นเดียวกัน ถ้าจำนวนตัวอย่างน้อยกว่า 20 หรือความถี่ที่คาดหวังบางกลุ่มน้อยกว่า 5 และ df = 1 จึงต้องปรับสูตรด้วย Yate's correction แต่จะลบด้วย 0.5N ของผลลบระหว่าง AD กับ BC โดยไม่คิดเครื่องหมายของผลลบที่ได้ก่อน สูตรปรับจะเป็นดังนี้

$$\chi^2 = \frac{N(|AD-BC|-0.5N)^2}{(A+B)(C+D)+(A+C)(B+D)} \dots\dots\dots (6.6)$$

2.2) ตารางแบบ 2 x k หรือแบบ k x k เมื่อตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตามมีมากกว่า 2 กลุ่ม จะใช้สูตร

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \dots\dots\dots (6.7)$$

เมื่อ $E = \frac{R \times C}{N}$

R = ผลรวมตามแนวนอน

C = ผลรวมตามแนวตั้ง

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

และ df = (r - 1) (c - 1)

6.3.1 การคำนวณหาปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดด้วยระดับกลุ่ม

เมื่อทดสอบ χ^2 แล้ว พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติหรือตัวแปรมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากค่า χ^2 บอกเพียงว่าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ หากผู้วิจัยต้องการหาปริมาณความสัมพันธ์ต่อ ก็สามารถหาได้หลายวิธี (บุญธรรมกิจ ปรีดาบริสุทธิ์, 2546: 322-326)

หากเป็นการคำนวณในรูปแบบของการศึกษาปัจจัยที่มีผลหรือปัจจัยเสี่ยง เมื่อพบว่าตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กัน หรือพบว่ามีนัยสำคัญ นักวิจัยจะสนใจต่อไปด้วยการหาอัตราเสี่ยงที่เกิดขึ้น โดยมีการหาอัตราเสี่ยง 2 แบบ คือ Relative Risk (RR) และ Odds Ratio Risk (OR) โดยใช้ไคสแควร์ หรือ Mentel-Haenzel Chi-Squares ดังนี้

1) หาอัตราเสี่ยง RR เป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนผู้ที่ได้รับปัจจัยเสี่ยงกับผู้ที่ไม่ได้รับปัจจัยเสี่ยง ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแบบไปข้างหน้า (Prospective study) มีตัวแปรอิสระตัวแปรตามแบ่งเป็น 2 กลุ่ม นำเสนอแบบตาราง 2 ทาง 2x2 ความเสี่ยงของผู้สัมผัสปัจจัยเสี่ยงและความเสี่ยงของผู้ที่ไม่ได้สัมผัสปัจจัยเสี่ยง จากตาราง 6.2 จะหาได้ดังนี้

ตารางที่ 6.2 จัดทำตาราง แบบ 2x2 ของผู้ป่วยที่สัมผัสกับไม่สัมผัสปัจจัยเสี่ยง

ปัจจัยเสี่ยง	การป่วยด้วยโรค		รวม
	ป่วย	ไม่ป่วย	
สัมผัส	A	B	A + B
ไม่สัมผัส	C	D	C + D
รวม	A + C	B + D	N

$$1.1) RR = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}} \text{ หรือ } RR = \frac{A(C+D)}{C(A+B)} \dots\dots\dots(6.8)$$

เมื่อได้ค่า RR แล้ว จะหาช่วงความเชื่อมั่นของ RR ต่อ หาได้จาก

$$100(1 - \alpha) \%CI = RR^{1 \pm \frac{Z_{\alpha}}{\sqrt{x^2}}} \dots\dots\dots(6.9)$$

เมื่อ Z_{α} เป็นแบบ 2 ทาง

การแปลความหมายค่า RR ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง ∞ (infinity) ค่าเป็น 0 หมายถึง ไม่มี ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับโรคที่ศึกษา ถ้า $RR = 1$ หมายความว่า ผู้ที่ได้รับปัจจัยเสี่ยงมีโอกาสเสี่ยงต่อการป่วยด้วยโรคนั้นมากกว่าผู้ที่ไม่ได้รับปัจจัยเสี่ยง 1 เท่า

1.2) การหาอัตราเสี่ยง OR อัตราเสี่ยง OR มีความหมายใกล้เคียงกับ RR แต่ใช้กับการศึกษาแบบย้อนหลัง (Retrospective study) ในลักษณะกรณีศึกษา (Case Study) OR เป็นอัตราส่วนของโอกาสที่จะเกิดต่อโอกาสที่จะไม่เกิด จากตารางที่ 6.2 จะหาอัตราเสี่ยง OR ได้ดังนี้

$$\text{อัตราส่วนของโอกาสเกิด} \frac{\frac{A}{(A+B)}}{\frac{B}{(A+B)}} = \frac{A(A+B)}{B(A+B)} = \frac{A}{B} \dots\dots\dots (6.10)$$

$$\text{อัตราส่วนของโอกาสไม่เกิด} \frac{\frac{C}{(C+D)}}{\frac{D}{(C+D)}} = \frac{C(C+D)}{D(C+D)} = \frac{C}{D} \dots\dots\dots (6.11)$$

$$\text{ฉะนั้น } OR = \frac{AD}{BC} \dots\dots\dots (6.12)$$

$$\text{และ } 100(1 - \alpha) \%CI = OR^{1 \pm z\alpha\sqrt{x^2}} \dots\dots\dots (6.13)$$

เมื่อ Z_α เป็นแบบ 2 ทาง

การแปลความหมาย กรณีตัวอย่างหายาก OR จะเป็นค่าประมาณความเสี่ยงได้ดีกว่า อาจจะสมมติว่ามีค่าระหว่าง 0 - ∞ ซึ่งค่า $OR = 0$ หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงกับการป่วย ถ้า OR น้อยกว่า 1 แสดงว่า ผู้สัมผัสปัจจัยเสี่ยงมีโอกาสร้อยกว่าที่ไม่ได้รับปัจจัยเสี่ยง ถ้ามากกว่า 1 แสดงว่า ผู้สัมผัสปัจจัยเสี่ยงมีโอกาสร้อยกว่าที่ไม่สัมผัสเป็นจำนวนเท่าของเลขตัวนั้น

1.3) การหาปัจจัยเสี่ยงและอัตราเสี่ยง OR ด้วย Mantel-Haenzel

การศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรคด้วยไคสแควร์จะวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงครั้งละตัว ทำให้ไม่มีการควบคุมตัวแปรภายนอกที่ปะปนมากับตัวแปรอิสระ ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมได้ด้วยการ จัดกระทำ ทั้งนี้เพราะ การเกิดโรคแต่ละชนิดจะมีปัจจัยเสี่ยงหลายปัจจัย นักวิจัยจึงต้องควบคุมตัวแปรปะปน (Confounding Variable) เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ชัดเจนว่าปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรค อย่างแท้จริง วิธีการควบคุมทางสถิติวิธีหนึ่งเรียกว่า Mantel-Haenzel Statistic ให้ชื่อตามผู้พัฒนา

วิธีการนี้จะทดสอบสมมุติฐานว่า ปัจจัยเสี่ยงกับการเกิดโรคไม่มีความสัมพันธ์กัน และคำนวณ หาค่าไคสแควร์ เพื่อทดสอบสมมุติฐาน ซึ่งจะหาค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละกลุ่มของตัวแปรปะปนที่นำมา ควบคุม ซึ่งตัวแปรปะปนอาจจะมี 2 กลุ่มหรือมากกว่า 2 กลุ่มก็ได้ กรณีมี 2 กลุ่ม รูปแบบตารางเตรียมวิเคราะห์ ข้อมูล จะเป็นดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ตารางพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ด้วย Mantel-Haenzel

	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	
ตัวแปรปะปนกลุ่ม 1			
ได้รับปัจจัยเสี่ยง	A_1	B_1	$A_1 + B_1$
ไม่ได้รับปัจจัยเสี่ยง	C_1	D_1	$C_1 + D_1$
ตัวแปรปะปนกลุ่ม 2			
ได้รับปัจจัยเสี่ยง	A_2	B_2	$A_2 + B_2$
ไม่ได้รับปัจจัยเสี่ยง	C_2	D_2	$C_2 + D_2$
รวม	$A_1+A_2 + C_1+C_2$	$B_1+B_2+D_1+D_2$	N

สูตรหาค่า χ^2 และวิธีหาความถี่ที่คาดหวังของวิธีนี้ มีดังนี้

$$\chi_{MH}^2 = \frac{\sum (A_i - E_i)^2}{\sum v_i} \dots\dots\dots(6.14)$$

$$E_i = \frac{(A_i + B_i)(A_i + C_i)}{n_i} \dots\dots\dots(6.15)$$

$$V_i = \frac{(A_i + B_i)(C_i + D_i)(A_i + C_i)(B_i + D_i)}{n_i^2(n_i - 1)} \dots\dots\dots(6.16)$$

สำหรับอัตราเสี่ยงจะคำนวณจากสูตร

$$OR_{MH} = \frac{\sum \frac{A_i D_i}{n_i}}{\sum \frac{B_i C_i}{n_i}} \dots\dots\dots(6.17)$$

การหาปริมาณความสัมพันธ์เฉพาะแต่ละกรณี เมื่อหาค่า χ^2 แล้ว และต้องการหาปริมาณความสัมพันธ์ต่อ มีวิธีการเฉพาะสำหรับแต่ละรูปแบบ ซึ่งผู้วิจัยต้องทำความเข้าใจเงื่อนไขหลักการนำไปใช้

2) สัมประสิทธิ์พาย (Phi Coefficient: ϕ) ใช้เมื่อแบ่งตัวแปรวัดระดับกลุ่ม เป็นเพียง 2 กลุ่ม ด้วยตาราง 2x2 ด้วยสูตร

2.1) หาจากค่าไคสแควร์

$$\phi = \sqrt{\frac{\chi^2}{N}} \dots\dots\dots(6.18)$$

เมื่อ N คือ จำนวนตัวอย่าง

2.2) หาจากตาราง 2x2 โดยตรงจะได้สูตร ดังนี้

$$\phi = \frac{BC - AD}{\sqrt{(A+C)(B+D)(A+B)(C+D)}} \dots\dots\dots(6.19)$$

ค่า Phi มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีความใกล้เคียง 1 จะสัมพันธ์กันมาก หากมีค่าใกล้ 0 จะมีความสัมพันธ์กันน้อย

3) สัมประสิทธิ์ Cramer' V มีชื่ออีกอย่างว่า Cramer's Contingency Coefficient ใช้กับตัวแปรวัดระดับกลุ่ม และแบ่งมากกว่า 2 กลุ่ม แจกแจงความถี่ในแบบตาราง k x k มีสูตร ดังนี้

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N(q-1)}} \dots\dots\dots(6.20)$$

เมื่อ q = จำนวนแถวอน (r) หรือ แถวตั้ง (c) โดยเลือกตัวที่มีค่าน้อยกว่า

N = จำนวนตัวอย่าง

ค่า V มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีความใกล้เคียง 1 จะสัมพันธ์กันมาก หากมีค่าใกล้ 0 จะมีความสัมพันธ์กันน้อย

4) สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Contingency Coefficient: สัมประสิทธิ์ C) ใช้วัดระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรแบ่งกลุ่ม 2 ตัว ได้ แต่ไม่สามารถระบุทิศทางได้ใช้กับตารางแจกแจงขนาดใดก็ได้ มีสูตร ดังนี้

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{N + \chi^2}} \dots\dots\dots(6.21)$$

โดยที่ χ^2 = Pearson Chi-Square ในสูตรที่ (6.2) และ $0 < C < 1$

ถ้า $C = 0$ แสดงว่าตัวแปร 2 ตัว นั้นเป็นอิสระกัน หรือไม่มีความสัมพันธ์กัน

ถ้า C เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปร 2 ตัวดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันมาก

ถ้า C จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของตาราง

6.3.2 การวิเคราะห์ไคสแควร์ เมื่อข้อมูลมีลักษณะสัมพันธ์กันแบบ (Paired)

การวิเคราะห์ไคสแควร์ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะต้องเป็นอิสระกัน แต่ในการวิจัยข้อมูลมากมายมีลักษณะสัมพันธ์กัน โดยเฉพาะสัมพันธ์กันแบบตัวอย่างเป็นคนเดียวกัน (Paired) วัดผลก่อนและหลังในเวลาที่แตกต่างกัน เช่น การถามความคิดเห็นของนักเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับนโยบายดิจิทัลวอลเล็ตของรัฐบาลระหว่างก่อนและหลังการประกาศ GDP ของไตรมาส 2 ปี 2567 ข้อมูลในลักษณะนี้ก็สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยไคสแควร์ ซึ่ง Ferguson and Takane (1989: 225) และ Glass and Hopkins (1996: 291-292) ได้เสนอให้ทำเป็นตารางแบบ 2x2 และคำนวณด้วยสูตร

$$\chi^2 = \frac{(D-A)^2}{D+A} \dots\dots\dots(6.22)$$

ตัวอย่างที่ 6.1 จากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับนโยบายดิจิทัลวอลเล็ตของรัฐบาลพรรคเพื่อไทย ว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย โดยสอบถามนักเศรษฐศาสตร์ 60 คน จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกสำรวจก่อนการประกาศ GDP ของไตรมาส 2 ปี 2567 ปรากฏว่ามีผู้เห็นด้วย 33 คน แต่หลังจากมีการประกาศ GDP ของไตรมาส 2 ปี พ.ศ. 2567 กลับไปสอบถามความคิดเห็นของคนเดิมใหม่อีกครั้ง ปรากฏว่าเหลือผู้ที่เห็นด้วย 24 คน ในจำนวนนี้เป็นคนเดิมที่เคยเห็นด้วย 20 คน ส่วนอีก 4 คน เป็นคนที่ไม่เห็นด้วยมาก่อน อยากทราบว่าความคิดเห็นของนักเศรษฐศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ และถ้าเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : นักเศรษฐศาสตร์เห็นด้วยกับการจัดทำนโยบายดิจิทัลวอลเล็ต

H_1 : นักเศรษฐศาสตร์ไม่เห็นด้วยกับการจัดทำนโยบายดิจิทัลวอลเล็ต

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญและหาค่าวิกฤต (เปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$ df = 1 เปิดตาราง The Chi-Square Distribution หาค่าวิกฤต (ขอบเขตปฏิเสธสมมติฐาน H_0) ได้ = 3.841

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า χ^2 เนื่องจาก df = 1 การหาค่า χ^2 จึงใช้สูตรที่ (6.22) ข้อมูลจากโจทย์ทำตาราง แบบ 2 ทาง ดังนี้

ตารางที่ 6.4 ตัวอย่างความคิดเห็นของนักเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับนโยบายดิจิทัลวอลเล็ต

		ก่อนประกาศ GDP ไตรมาส 2		รวม
		ตอบไม่เห็นด้วย	ตอบเห็นด้วย	
หลังประกาศ GDP ไตรมาส 2	ตอบเห็นด้วย	4 (A)	20 (B)	24 (A+B)
	ตอบไม่เห็นด้วย	23 (C)	13 (D)	36 (C+D)
รวม		27 (A+B)	33 (B+D)	60

แทนค่าในสูตร (6.22)

$$\chi^2 = \frac{(D-A)^2}{D+A}$$

จะได้ว่า $\chi^2 = \frac{(13-4)^2}{13+4} = 4.765$

ขั้นตอนที่ 4 ตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แต่ถ้าไม่มากกว่าจะไม่ปฏิเสธ H_0 ซึ่งจากการคำนวณได้ 4.765 มากกว่าค่าวิกฤต (3.841) จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 สรุป นักเศรษฐศาสตร์มีความเห็นหลังการประกาศ GDP ไตรมาส 2 ว่า ไม่เห็นด้วยต่อการจัดทำนโยบายดิจิทัลวอลเล็ตของรัฐบาล

6.4 ประเด็นปัญหาการวิจัยที่วิเคราะห์ด้วยไคสแควร์

ประเด็นปัญหาการวิจัยที่จะใช้การวิเคราะห์ด้วย χ^2 อาจแบ่งได้ 5 ลักษณะ ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ประเด็นปัญหาการวิจัยที่วิเคราะห์ด้วยไคสแควร์

ประเด็นการวิจัย	รูปแบบการวิเคราะห์	สูตรที่ใช้คำนวณ
1) การศึกษาความนิยม ต้องการทราบกลุ่มเป้าหมาย มีความนิยม ชอบ พอใจ มีพฤติกรรมทำอะไร มากเป็นพิเศษ เช่น ชอบช่องทางออนไลน์ใดมาก เมื่อเจ็บป่วยนิยมรักษาด้วยวิธีการใด นิยมผู้นำประเทศแบบใด นิยมดูโทรทัศน์ช่องใด เป็นต้น	- รวบรวมข้อมูลจากตัวอย่างกลุ่มเดียว - วิเคราะห์แบบเชิงเดี่ยว ข้อมูลมาจากตัวแปรเดียวและจำแนกตามระดับหรือกลุ่มของตัวแปร - ตั้งสมมติฐาน H_0 ว่า ความถี่ที่คาดหวัง (E) ในแต่ละกลุ่มเท่ากัน ฉะนั้นความถี่ที่คาดหวังในแต่ละกลุ่ม	โดยหาค่า E จาก $E=N/K$ และจะได้ค่า E เท่ากันในแต่ละ กลุ่ม (6.2)

ประเด็นการวิจัย	รูปแบบการวิเคราะห์	สูตรที่ใช้คำนวณ
	จะเท่ากับจำนวนตัวอย่าง (N) ทั้งหมด หารด้วยจำนวนกลุ่ม k - ใช้ Test of Goodness of Fit (การทดสอบความสอดคล้อง) ** เมื่อพบว่ามีความสำคัญ ทางสถิติ ยัง สรุปไม่ได้ว่านิยมนิยามมากกว่ากัน อาจต้องสรุปด้วยการจับเปรียบเทียบ ครั้งละคู่ **	
2) การศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพ/ คุณสมบัติ/ความสำเร็จ ต้องการตรวจสอบว่า สิ่งที่เป็นอยู่ เป็นไปตามที่คาดหวังหรือไม่ เช่น ยาที่ ผลิตมีสรรพคุณตามที่อ้างในฉลากยา หรือไม่ สินค้าที่ขายช่องทางออนไลน์มี คุณภาพได้มาตรฐานหรือไม่ การรณรงค์ ไม่สูบบุหรี่ได้ผลหรือไม่	- เก็บข้อมูลตัวอย่างกลุ่มเดียว - ตั้งสมมติฐานว่า ความถี่ที่คาดหวัง จะเป็นไปตามคุณภาพ/คุณสมบัติ/ ความสำเร็จตามที่ตั้งไว้ ดังนั้น ความถี่ ที่คาดหวังในแต่ละกลุ่มจะไม่เท่ากัน แต่จะเป็นไปตามสัดส่วนที่กำหนด - ใช้ Test of Goodness of Fit (การทดสอบความสอดคล้อง)	ค่า E เป็นไปตาม ทฤษฎีที่กำหนด หรือสัดส่วน ที่กำหนด (6.2)
3) ตรวจสอบลักษณะการกระจาย ของข้อมูล ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ว่า มีการ กระจายลักษณะใด เช่น มีการกระจาย เป็นการแจกแจงแบบโค้งปกติหรือไม่ มี การกระจายแบบทวินามหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งตรวจสอบเพื่อเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ให้ เหมาะสมกับข้อมูล	- ตั้งสมมติฐาน ข้อมูลมีการกระจาย ตามทฤษฎีที่ทดสอบ นั่นคือ ความถี่ที่ คาดหวังจะมีจำนวนตามทฤษฎี - ใช้ Test of Goodness of Fit (การทดสอบความสอดคล้อง)	(6.2)
4) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ต้องการทราบว่าตัวแปรอิสระกับตัว แปรตามที่น่ามาศึกษามีความสัมพันธ์กัน หรือไม่ ความสัมพันธ์ในลักษณะนี้เป็น	- วิเคราะห์จำแนก 2 ทาง ในลักษณะ แบบสุ่มทั้ง 2 ตัวแปร - ข้อมูลจากประชากรกลุ่มเดียว สุ่มครั้งเดียวได้มาทั้งตัวแปรอิสระและ ตัวแปรตาม (ไม่ได้เลือกหรือกำหนด	(6.7)

ประเด็นการวิจัย	รูปแบบการวิเคราะห์	สูตรที่ใช้คำนวณ
ความเกี่ยวข้องหรือป้องกัน ไม่ใช่เป็นเหตุและผลให้กัน เช่น อาชีพของแม่บ้านมีความสัมพันธ์กับการนิยมซื้อสินค้าช่องทางออนไลน์หรือไม่ การศึกษาของประชาชนมีความสัมพันธ์กับการไปเลือกตั้งสมาชิกสภาผู้แทนราษฎรหรือไม่ รายได้ของประชาชนมีความสัมพันธ์กับเจตคติที่มีต่อการประหยัดพลังงานหรือไม่	ไว้ก่อน) - ใช้ Test of Independence (การทดสอบความเป็นอิสระ) ** การหาความสัมพันธ์ในลักษณะตัวแปรอิสระ 1 ตัว และตัวแปรตาม 1 ตัว เมื่อพบว่ามีความสำคัญ ทางสถิติ จะหาปริมาณความสัมพันธ์ เรียกสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Contingency Coefficient: สัมประสิทธิ์: C) ใช้กับตารางแจกแจงขนาดใดก็ได้ หากตัวแปรทั้ง 2 เป็นตาราง 2x2 จะหาด้วยสัมประสิทธิ์พาย (Phi coefficient) ถ้ามากกว่า 2x2 จะหาด้วย Cramer's V (V)	ค่า C จาก (6.21) และ ϕ จาก (6.18) และ V จาก (6.20)
5) การศึกษาปัจจัยที่มีผล หรือปัจจัยเสี่ยง (Risk Factor) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยง ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระกับการเกิดโรคหรือเกิดพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ ซึ่งเป็นตัวแปรตาม เราต้องการทราบว่าตัวแปรอิสระมีผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ และจะมีผลมากน้อยเพียงใด เช่น การสูบบุหรี่มีผลต่อมะเร็งปอดหรือไม่ ความเอาใจใส่ของบิดามารดามีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือไม่ การดื่มสุราแล้วขับรถมีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุเพียงใด	- วิเคราะห์จำแนก 2 ทาง ในลักษณะแบบผสม โดยตัวแปร 1 ตัว จะกำหนด (fixed) และอีกตัวแปรหนึ่งจะสุ่ม (random) - หากเป็นวิจัยเชิงทดลอง ตัวแปรอิสระซึ่งเป็นสิ่งทดลองจะกำหนดไว้ก่อน ส่วนตัวแปรตาม คือผลทดลองจะปล่อยให้เกิดขึ้นเองไม่ได้กำหนดไว้ก่อน - ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์จะเก็บตัวอย่างจากตัวอย่าง 2 กลุ่ม หรือมากกว่า แล้วมาทำตาราง 2 ทาง - ใช้ Test of Homogeneity (การทดสอบความเสมอเหมือนหรือความคล้ายคลึง)	(6.5)

ประเด็นการวิจัย	รูปแบบการวิเคราะห์	สูตรที่ใช้คำนวณ
	**เมื่อพบตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กัน เราจะสนใจต่อไปด้วยการหาอัตราเสี่ยงที่เกิดขึ้น โดยมีการหาอัตราเสี่ยง 2 แบบ Relative Risk (RR) และ Odds Ratio (OR)	RR จาก (6.8),(6.9) OR จาก (6.12), (6.13)
	หากต้องการการควบคุมตัวแปรปะปน (Confounding Variable) เพื่อให้ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรครอย่างแท้จริง ใช้วิธีการควบคุมทางสถิติ Mantel-Haenzel Statistic Chi Square**	ตั้งแต่ (6.14) ถึง (6.17)

หมายเหตุ : ดัดแปลงจาก บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2546: 248-249

6.5 ตัวอย่างการคำนวณค่าไคสแควร์ (χ^2)

6.5.1 วิเคราะห์ด้วย Test of Goodness of Fit (การทดสอบความสอดคล้อง)

ตัวอย่างที่ 6.2 อยากทราบว่าสตรีกลุ่มอาชีพอะไรนิยมช้อปปิ้งออนไลน์มากกว่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
จึงสุ่มสตรีที่ช้อปปิ้งออนไลน์มา 200 คน ปรากฏว่า เป็นสตรีที่มีอาชีพรับราชการ 33 คน ทำธุรกิจส่วนตัว 43 คน
ค้าขาย 37 คน นักแสดง 47 คน และพนักงานบริษัทเอกชน 40 คน

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : สตรีทั้ง 5 อาชีพนิยมช้อปปิ้งออนไลน์ไม่แตกต่างกัน

H_1 : สตรีทั้ง 5 อาชีพนิยมช้อปปิ้งออนไลน์แตกต่างกัน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ และหาค่าวิกฤต (ค่าจากการเปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$

$df = k - 1 = 5 - 1 = 4$ ดังนั้น χ^2 จากตาราง = 9.488 ค่าวิกฤตจึงเท่ากับ 9.488

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณ

1) หาค่า E จัดทำตารางเตรียมวิเคราะห์

การหาค่าความถี่ที่คาดหวัง (E) จากสมมติฐาน H_0 ความถี่ที่คาดหวังจะเท่ากับผลรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนกลุ่มของตัวแปรนั้น $E = \frac{N}{k}$ จะได้ $E = \frac{200}{5} = 40$ ความถี่ที่คาดหวังจะเท่ากันทุกประเภท

ตารางที่ 6.6 ตัวอย่างที่ 6.2 จำนวนสตรีที่ซื้อบั้งออนไลน์แยกตามอาชีพ

ประเภทอาชีพ	ความถี่ที่เก็บได้ (O)	ความถี่ที่คาดหวัง (E)
นักแสดง	47	40
ทำธุรกิจส่วนตัว	43	40
พนักงานบริษัทเอกชน	40	40
ค้าขาย	37	40
รับราชการ	33	40

2) คำนวณจากสูตรที่ (5.13) $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$

$$\chi^2 = \frac{(47-40)^2}{40} + \frac{(43-40)^2}{40} + \frac{(40-40)^2}{40} + \frac{(37-40)^2}{40} + \frac{(33-40)^2}{40}$$

$$= 2.90$$

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตหรือค่าในตาราง จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งจากการคำนวณได้ 2.90 น้อยกว่าค่าวิกฤต จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 สรุป สตรีที่มีอาชีพรับราชการ ค้าขาย พนักงานบริษัทเอกชน ทำธุรกิจส่วนตัว และนักแสดง นิยมซื้อบั้งออนไลน์ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 ตัวอย่างที่ 6.2 จำนวนและร้อยละของสตรีที่นิยมซื้อบั้งออนไลน์จำแนกตามอาชีพ

ประเภทอาชีพ	จำนวน	ร้อยละ
นักแสดง	47	23.5
ทำธุรกิจส่วนตัว	43	21.5
พนักงานบริษัทเอกชน	40	20.0
ค้าขาย	37	18.5
รับราชการ	33	16.5
รวม	200	100.0

$$\chi^2 = 2.90 \quad p > 0.05$$

ในการยกตัวอย่างการคำนวณในโปรแกรมสำเร็จรูป ในที่นี้จะลดลำดับขั้นตอนลง โดยจะอธิบายเฉพาะผลการคำนวณจากโปรแกรมแล้วสรุปผลที่ได้เท่านั้น

จากตัวอย่างที่ 6.2 ทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังนี้

1) ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Nonparametric Test-----> Legacy Dialogs -----> Chi-square

จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ Chi-square test

- เลือกตัวแปร Occup (อาชีพ) ใส่ในช่อง Test variable List
- เลือกปุ่ม Get from data
- เลือกปุ่ม All Categories equal

2) คลิกปุ่ม Exact จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ Exact Tests

- เลือกปุ่ม Asymptotic only
- คลิกปุ่ม Continue

3) คลิกปุ่ม Option จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ Chi-square test: Options

- คลิกปุ่ม Exclude cases test-by-test
- คลิกปุ่ม continue
- คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6.8 – 6.9

ตารางที่ 6.8 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าความถี่ของ 5 กลุ่มอาชีพของสตรีที่นิยมช้อปปิ้งออนไลน์

Frequencies: Occup of study			
	Observed N	Expected N	Residual
Actor	47	40.0	7.0
Business	43	40.0	3.0
trade	40	40.0	.0
Office comp	37	40.0	-3.0
govr	33	40.0	-7.0
Total	200		

ตารางที่ 6.9 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์

Test Statistics	
	Occup
Chi-Square	2.900 ^a
df	4
Asymp. Sig.	.575

a. 0 cells (0.0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 40.0.

จากตารางที่ 6.8 - 6.9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าไคสแควร์ 2.90 df = 4 มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .575 ซึ่งมากกว่า ค่า α ที่กำหนดไว้ .05 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าสตรีแต่ละกลุ่มอาชีพนิยมช้อปปิ้งออนไลน์ไม่แตกต่างกัน

ตัวอย่างที่ 6.3 ในการผสมระหว่างถั่วเขียวที่มีลำต้นสีม่วงซึ่งเป็นลักษณะข่ม กับต้นสีเขียวซึ่งเป็นลักษณะด้อย ลักษณะสีดังกล่าวนี้ควบคุมโดยยีน 1 คู่ เมื่อสังเกตในแปลงจำนวน 400 ต้น พบว่าให้ต้นสีม่วง 315 ต้น และต้นสีเขียว 85 ต้น จงทดสอบที่ระดับที่ระดับนัยสำคัญ .05 ว่า อัตราดังกล่าวนี้ไม่แตกต่างจากอัตราส่วนที่คาดหวัง 3 : 1

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ต้นถั่วเขียวผสมมีลำต้นสีม่วงกับลำต้นสีเขียวอัตราส่วนเป็น 3 : 1

H_1 : ต้นถั่วเขียวผสมมีลำต้นสีม่วงกับลำต้นสีเขียวอัตราส่วนไม่ใช่ 3 : 1

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ และหาค่าวิกฤต (ค่าจากการเปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$

$df = k - 1 = 2 - 1 = 1$ ดังนั้น χ^2 จากตาราง = 3.841 ค่าวิกฤตจึงเท่ากับ 3.841

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณ

1) หาค่า E จัดทำตารางเตรียมวิเคราะห์

การหาค่าความถี่ที่คาดหวัง (E) จะหาจากอัตราส่วนที่คาดหวัง 3 : 1 แสดงว่า ลำต้นสีม่วง 3 ต้นจะมีลำต้นสีเขียว 1 ต้น ดังนั้น จากต้นถั่วเขียว 400 ต้น จะได้ต้นสีม่วง = $400 \times \frac{3}{4} = 300$ ต้น และได้ต้นสีเขียว = $400 - 300 = 100$ ต้น จากสมมติฐาน H_0 ความถี่ที่คาดหวังจะได้ลำต้นสีม่วง:ลำต้นสีเขียว 300:100

ตารางที่ 6.10 ตัวอย่างที่ 6.3 จำนวนลำต้นถั่วเขียวแยกตามสีของลำต้น

ผลการผสมต้นถั่วเขียว	สีลำต้นถั่วเขียว (O)	สีลำต้นถั่วเขียวที่คาดหวัง (E)
ลำต้นสีม่วง	315	300
ลำต้นสีเขียว	85	100
รวม	400	

2) คำนวณจากสูตรที่ (6.2)
$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$
$$\chi^2 = \frac{(315-300)^2}{300} + \frac{(85-100)^2}{100} = 3.00$$

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตหรือค่าในตาราง จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งค่าจากการคำนวณได้ 3.00 น้อยกว่าค่าวิกฤต 3.841 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 สรุป ต้นถั่วเขียวผสมมีลำต้นสีม่วงกับลำต้นสีเขียวในอัตราส่วนเป็น 3 : 1 แสดงว่าไม่แตกต่างจากอัตราส่วนที่คาดหวัง ที่นัยสำคัญ .05

จากตัวอย่างที่ 6.3 ทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังนี้

1) ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Nonparametric Test-----> Legacy Dialogs -----> Chi-square

จะปรากฏ Dialog Box คือ Chi-square test

- เลือกตัวแปร Beans ใส่ในช่อง Test variable List
- เลือกปุ่ม Get from data
- เลือกปุ่ม Values คีย์ตัวเลข ในบ็อกซ์ 3 และ 1 (มาจากอัตราส่วน 3:1)

2) คลิกปุ่ม Exact จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ Exact Tests

- เลือกปุ่ม Asymptotic only
- คลิกปุ่ม Continue

3) คลิกปุ่ม Option จะปรากฏ Dialog Box ชื่อ Chi-square test: Options

- คลิกปุ่ม Exclude cases test-by-test
- คลิกปุ่ม continue
- คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6.11 - 6.12

ตารางที่ 6.11 ผลลัพธ์จาก SPSS ความถี่ของลำต้นถั่วเขียว 2 กลุ่ม แยกตามลำต้นสีม่วงและสีเขียว

		Beans	
	Observed N	Expected N	Residual
Bean_purple	315	300.0	15.0
Bean_green	85	100.0	-15.0
Total	400		

ตารางที่ 6.12 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์

Test Statistics	
	Beans
Chi-Square	3.000 ^a
df	1
Asymp. Sig.	.083

a. 0 cells (0.0%) have expected frequencies less than 5. The minimum expected cell frequency is 100.0.

จากตารางที่ 6.11 - 6.12 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่าไคสแควร์ 3.00 df = 1 มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .083 ซึ่งมากกว่า ค่า α ที่กำหนดไว้ .05 จึงยอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าอัตราส่วนต้นถั่วเขียวผสมมีลำต้นสีม่วงกับลำต้นสีเขียวอัตราส่วนเป็น 3 : 1 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

6.5.2 วิเคราะห์ด้วย Test of Independence (การทดสอบความเป็นอิสระ)

ตัวอย่างที่ 6.4 ได้มีการแบ่งไร่นาในประเทศออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นเจ้าของที่ดิน กลุ่มเช่า และกลุ่มที่เป็นเจ้าของและเช่าด้วย ในแต่ละกลุ่มมีที่ดินอยู่ 3 ระดับ (ดินเลว, ดินปานกลาง, ดินดี) จงทดสอบว่าไร่นาทั้ง 3 กลุ่ม มีดินแตกต่างกันหรือไม่ ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ชนิดของดิน	เป็นเจ้าของ	เช่า	เป็นเจ้าของและเช่า	รวม
ดินเลว	51	82	64	197
ดินปานกลาง	46	75	64	185
ดินดี	73	102	95	270
รวม	170	259	223	652

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : ชนิดของดินกับประเภทของไร่นาเป็นอิสระต่อกัน (ไม่สัมพันธ์กัน)

H_1 : ชนิดของดินกับประเภทของไร่นาไม่เป็นอิสระต่อกัน (สัมพันธ์กัน)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ และหาค่าวิกฤต (ค่าจากการเปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$

$df = (r-1)(c-1) = (3-1)(3-1) = 4$ ดังนั้น χ^2 ค่าวิกฤต = 9.488

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณ

1) หาค่า E จัดทำตารางเตรียมวิเคราะห์ ดังนี้

หาค่า E แต่ละตัวจากสูตร $E = \frac{R \times C}{N}$ เช่น จากกรณีดินเลวของเจ้าของที่ดินจะเท่ากับ

$$E = \frac{197 \times 170}{652} = 51.37$$

ส่วน E ในกรณีกลุ่มย่อยอื่น ๆ ก็ทำได้ทำนองเดียวกัน

ตารางที่ 6.13 ตัวอย่างที่ 6.4 จำนวนไร่จำแนกตามชนิดของดิน

ชนิดของดิน	เป็นเจ้าของ		เช่า		เป็นเจ้าของและเช่า		รวม
	O	E	O	E	O	E	
ดินเลว	51	51.37	82	78.26	64	67.38	197
ดินปานกลาง	46	48.24	75	73.49	64	63.27	185
ดินดี	73	70.40	102	107.25	95	92.35	270
รวม	170		259		223		652

2) คำนวณค่า χ^2 จากสูตร (6.7) $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$

$$\chi^2 = \frac{(51-51.37)^2}{51.37} + \frac{(46-48.24)^2}{48.24} + \frac{(73-70.40)^2}{70.40} + \frac{(82-78.26)^2}{78.26} + \frac{(75-73.49)^2}{73.49} + \frac{(102-107.25)^2}{107.25} + \frac{(64-67.38)^2}{67.38} + \frac{(64-63.27)^2}{63.27} + \frac{(95-92.35)^2}{92.35} = 0.92$$

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตหรือค่าในตาราง จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งค่าจากการคำนวณได้ 0.92 น้อยกว่าค่าวิกฤต 9.488 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 สรุป ชนิดของดินกับประเภทของไร่นาเป็นอิสระต่อกัน (ไม่สัมพันธ์กัน)

ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตัวอย่างที่ 6.4 ทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังนี้

กำหนดตัวแปร Soil มีรหัส 1 แทนดินเลว รหัส 2 แทนดินปานกลาง รหัส 3 แทนดินดี
ตัวแปร Ownership มีรหัส 1 แทนเจ้าของ รหัส 2 แทนเช่า รหัส 3 แทนเจ้าของและเช่า

1) ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Descriptive Statistics-----> Crosstabs

จะปรากฏ Dialog Box คือ Crosstabs

■ เลือกตัวแปร **Soil** ใส่ในช่อง Row เลือกตัวแปร Ownership ใส่ในช่อง Column

■ เลือกปุ่ม Cells จะปรากฏหน้าต่าง Crosstabs : Cell Display ในกล่อง counts

ให้แสดงความถี่ที่สังเกตได้ และความถี่ Expected และในกล่อง Percentages สำหรับแสดงค่าร้อยละ แนวแถว สดมภ์ และรวม จากนั้นคลิก Continue คลิกปุ่ม Statistics จะปรากฏ Dialog Box Crosstabs: Statistics

■ เลือกปุ่ม Chi-square

■ คลิกปุ่ม Continue

■ คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6.14 - 6.15

ตารางที่ 6.14 ผลลัพธ์จาก SPSS ค่าความถี่ ร้อยละ ชนิดของดินกับประเภทของไร่นา

Crosstabulation

Soil	ดิน		Ownership			Total
			เจ้าของ	เช่า	เจ้าของและเช่า	
ดินเลว		Count	51	82	64	197
		Expected Count	51.4	78.3	67.4	197.0
		% within Soil	25.9%	41.6%	32.5%	100.0%
		% within Ownership	30.0%	31.7%	28.7%	30.2%
		% of Total	7.8%	12.6%	9.8%	30.2%
ดินปานกลาง		Count	46	75	64	185
		Expected Count	48.2	73.5	63.3	185.0
		% within Soil	24.9%	40.5%	34.6%	100.0%
		% within Ownership	27.1%	29.0%	28.7%	28.4%
		% of Total	7.1%	11.5%	9.8%	28.4%
ดินดี		Count	73	102	95	270
		Expected Count	70.4	107.3	92.3	270.0
		% within Soil	27.0%	37.8%	35.2%	100.0%
		% within Ownership	42.9%	39.4%	42.6%	41.4%
		% of Total	11.2%	15.6%	14.6%	41.4%
Total		Count	170	259	223	652
		Expected Count	170.0	259.0	223.0	652.0
		% within Soil	26.1%	39.7%	34.2%	100.0%
		% within Ownership	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
		% of Total	26.1%	39.7%	34.2%	100.0%

ตารางที่ 6.15 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	.924 ^a	4	.921
Likelihood Ratio	.928	4	.921
Linear-by-Linear Association	.034	1	.853
N of Valid Cases	652		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 48.24.

จากตารางที่ 6.14 ค่า Expected Count ค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละ cell พบว่าไม่มี cell ใด ที่มีค่า $E_{ij} < 5$ และ % within Soil จะหมายถึงร้อยละของแต่ละชนิดดินที่เป็นของเจ้าของไร่นาแต่ละประเภท เช่น ชนิดของดินที่เป็นของเจ้าของที่ดินเองคิดเป็นร้อยละ 25.9

จากตารางที่ 6.15 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างประเภทความเป็นเจ้าของไร่นากับชนิดของดิน จะใช้ผลลัพธ์ในตารางนี้ ซึ่งจาก Footnote จะพบว่าไม่มีเซลล์ใดเลยที่มีค่า $E_{ij} < 5$ และค่าต่ำสุดของ $E_{ij} = 48.24$ ทำให้ผู้ใช้ค่อนข้างมั่นใจในการใช้ค่า Pearson Chi-Square ในการทดสอบ ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 0.924 ที่องศาอิสระ $df = 6$ และได้ค่า Asymp. Sig. = 0.921 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 นั่นคือ ชนิดของดินกับประเภทของไร่นาเป็นอิสระต่อกัน (ไม่สัมพันธ์กัน)

ตัวอย่างที่ 6.5 ในการทดลองใช้ฮอร์โมนเร่งการแตกรากกิ่งตอนพืชชนิดหนึ่ง พบว่า จากการใช้ฮอร์โมนแก่พืช 150 กิ่ง มีการแตกรากในเวลากำหนด 120 กิ่ง ส่วนกิ่งที่ไม่ใช้ฮอร์โมนนั้น จาก 150 กิ่ง มีการแตกราก 100 กิ่ง จงทดสอบในระดับนัยสำคัญ .05 ว่าการแตกรากขึ้นอยู่กับการใช้ฮอร์โมน

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : การแตกรากของกิ่งตอนกับการใช้ฮอร์โมนเป็นอิสระต่อกัน (ไม่สัมพันธ์กัน)

H_1 : การแตกรากของกิ่งตอนกับการใช้ฮอร์โมนไม่เป็นอิสระต่อกัน (สัมพันธ์กัน)

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ และหาค่าวิกฤต (ค่าจากการเปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$

$df = (r-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1$ ดังนั้น χ^2 ค่าวิกฤต = 3.841

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณ

จัดทำตารางเตรียมวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 6.16 ตัวอย่างที่ 6.5 จำนวนการแตกรากของกิ่งตอนพืช

	แตกราก	ไม่แตกราก	รวม
ใช้ฮอร์โมน	75	25	100
ไม่ใช้ฮอร์โมน	65	35	100
รวม	140	60	200

กรณีนี้ $df = 1$ จึงปรับสูตรด้วย Yate's correction และจะลบด้วย 0.5N ของผลลบระหว่าง AD กับ BC โดยไม่คิดเครื่องหมายของผลลบที่ได้ก่อน สูตรปรับจะใช้สูตรที่ (6.6)

$$\text{แทนค่าในสูตรจะได้}$$

$$\chi^2 = \frac{200(AD - BC - 0.5N)^2}{(A+B)(C+D) + (A+C)(B+D)}$$

$$= \frac{200(2,625 - 1,625 - 100)^2}{(100)(100) + (140)(60)}$$

$$= 1.9285$$

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตหรือค่าในตาราง จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งค่าจากการคำนวณได้ 1.928 น้อยกว่าค่าวิกฤต 3.841 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0

ขั้นตอนที่ 5 สรุป การแตกรากของกิ่งตอนกับการใช้ฮอร์โมนเป็นอิสระต่อกัน (ไม่สัมพันธ์กัน) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตัวอย่างที่ 6.5 ทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังนี้

กำหนดตัวแปร Hormone ให้รหัส 1 แทนใช้ฮอร์โมน รหัส 2 แทนไม่ใช้ฮอร์โมน

ตัวแปร Roots มีรหัส 1 แทนแตกราก รหัส 2 แทนไม่แตกราก

1) ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Descriptive Statistics-----> Crosstabs

จะปรากฏ Dialog Box คือ Crosstabs

- เลือกตัวแปร **Hormone** ใส่ในช่อง Row เลือกตัวแปร **Root** ใส่ในช่อง Column
- เลือกปุ่ม Cells จะปรากฏหน้าต่าง Crosstabs : Cell Display ในกล่อง counts

ให้แสดงความถี่ที่สังเกตได้ และความถี่ Expected และในกล่อง Percentages สำหรับแสดงค่าร้อยละ แนวแถว สดมภ์ และรวม จากนั้นคลิก Continue คลิกปุ่ม Statistics จะปรากฏ Dialog Box Crosstabs: Statistics

- เลือกปุ่ม Chi-square
- คลิกปุ่ม Continue
- คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6.16 - 6.17

ตารางที่ 6.17 ตัวอย่างที่ 6.5 ผลลัพธ์จาก SPSS ความถี่และร้อยละการแตกรากของกิ่งตอนที่ใช่และไม่ใช้ฮอร์โมน

Crosstabulation				
Hormone * Roots Crosstabulation				
		Roots		
		แตกราก	ไม่แตกราก	Total
Hormone ใช้ฮอร์โมน	Count	75	25	100
	Expected Count	70.0	30.0	100.0
	% within Hormone	75.0%	25.0%	100.0%
	% within Roots	53.6%	41.7%	50.0%
	% of Total	37.5%	12.5%	50.0%
ไม่ใช้ฮอร์โมน	Count	65	35	100

	Expected Count	70.0	30.0	100.0
	% within Hormone	65.0%	35.0%	100.0%
	% within Roots	46.4%	58.3%	50.0%
	% of Total	32.5%	17.5%	50.0%
Total	Count	140	60	200
	Expected Count	140.0	60.0	200.0
	% within Hormone	70.0%	30.0%	100.0%
	% within Roots	100.0%	100.0%	100.0%
	% of Total	70.0%	30.0%	100.0%

ตารางที่ 6.18 ตัวอย่างที่ 6.5 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์

Chi-Square Tests						
	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)	Exact Sig. (2- sided)	Exact Sig. (1- sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	2.381 ^a	1	.123	.165	.082	
Continuity Correction ^b	1.929	1	.165			
Likelihood Ratio	2.389	1	.122	.165	.082	
Fisher's Exact Test				.165	.082	
Linear-by-Linear Association	2.369 ^c	1	.124	.165	.082	.038
N of Valid Cases	200					

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 30.00.

b. Computed only for a 2x2 table

c. The standardized statistic is 1.539.

จากตารางที่ 6.16 ค่า Expected Count ค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละ cell พบว่าไม่มี cell ใด ที่มีค่า $E_{ij} < 5$ และ % within Hormone จะหมายถึงร้อยละของการแตกหักที่เกิดจากการใช้หรือไม่ใช้ฮอร์โมน เช่น การใช้ฮอร์โมนทำให้แตกหักร้อยละ 75

จากตารางที่ 6.17 เป็นกรณีที่ $df = 1$ ต้องปรับด้วย Yate's correction for continuity หากวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เมื่อได้ผลลัพธ์ตาราง Chi Square test ค่าต่าง ๆ ในแถว Continuity Correction คือค่าที่ปรับแก้ไคสแควร์ของเยตส์แล้ว ดังนั้น การแปลผลในตารางที่ 6.17 จะใช้ช่อง Continuity Correction ซึ่งมีค่าไคสแควร์เท่ากับ 1.929 มีค่า Asymp. Sig. = 0.165 จึงไม่ปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่า การแตกหักของกิ่งตอกับการใช้ฮอร์โมนเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตัวอย่างที่ 6.6 กรมส่งเสริมเกษตรต้องการจัดรถให้บริการในการเดินทางให้กับบุคลากร จึงสำรวจการเดินทางมาทำงานที่กรมส่งเสริมเกษตรของบุคลากร ได้ผลดังนี้

การเดินทาง	ทำงาน < 1 ปี	ทำงาน 1 - 5 ปี	ทำงาน 6 - 10 ปี	ทำงาน > 10 ปีขึ้นไป
เดิน	50	47	45	38
นั่งรถเมล์	22	29	36	43
ใช้รถยนต์ส่วนตัว	46	34	37	53
ใช้จักรยานยนต์	29	50	39	32
แล้วแต่สะดวก	53	40	43	34

ที่ระดับนัยสำคัญ .05 อยากทราบว่าจำนวนปีที่ทำงานกับการเดินทางมาทำงานที่กรมส่งเสริมเกษตรของบุคลากรมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : บุคลากรจำแนกตามช่วงอายุงานของกรมส่งเสริมเกษตรกับวิธีการเดินทางมาทำงานสัมพันธ์กัน

H_1 : บุคลากรจำแนกตามช่วงอายุงานของกรมส่งเสริมเกษตรกับวิธีการเดินทางมาทำงานไม่สัมพันธ์กัน

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ และหาค่าวิกฤต (ค่าจากการเปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$

$df = (r-1)(c-1) = (5-1)(4-1) = 12$ ดังนั้น $\chi^2 = 21.026$ ดังนั้นค่าวิกฤต = 21.026

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่า χ^2

1) จัดทำตารางวิเคราะห์หาค่า E เพื่อนำไปคำนวณในลำดับต่อไป

ค่า E คำนวณได้จากสูตร

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad \text{สูตรที่ (6.7)}$$

$$\text{เมื่อ } E = \frac{R \times C}{N} \quad \begin{array}{l} R = \text{ผลรวมตามแนวนอน} \\ C = \text{ผลรวมตามแนวตั้ง} \\ N = \text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด} \end{array}$$

$$\text{และ } df = (r - 1)(c - 1)$$

จากตัวอย่างที่ 6.6 จำนวนบุคลากรแต่ละช่วงระยะเวลาทำงานจำแนกตามการเดินทางมาทำงานที่กรมส่งเสริมเกษตร

การเดินทาง	ทำงาน < 1 ปี		ทำงาน 1 - 5 ปี		ทำงาน 6 - 10 ปี		ทำงาน > 10 ปีขึ้นไป		รวม
	O	E	O	E	O	E	O	E	
เดิน	50	45.0	47	45.0	45	45.0	38	45.0	180
นั่งรถเมล์	22	32.5	29	32.5	36	32.5	43	32.5	130
ใช้รถยนต์ส่วนตัว	46	42.5	34	42.5	37	42.5	53	42.5	170
ใช้จักรยานยนต์	29	37.5	50	37.5	39	37.5	32	37.5	150
แล้วแต่สะดวก	53	42.5	40	42.5	43	42.5	34	42.5	170
รวม	200		200		200		200		800

หาค่า E เช่น E ของผู้ที่ทำงานมาน้อยกว่า 1 ปี และเดินมาทำงาน $= \frac{180 \times 200}{800} = 45.0$
ส่วนการหา E ตัวอื่น ๆ ก็หาได้ในทำนองเดียวกัน

$$2) \text{ คำนวณหาค่าไคสแควร์ แทนค่าในสูตรที่ (6.7) } \chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

$$\chi^2 = \frac{(50-45)^2}{45} + \frac{(22-32.5)^2}{32.5} + \frac{(46-42.5)^2}{42.5} + \frac{(29-37.5)^2}{37.5} + \dots + \frac{(34-42.5)^2}{42.5} = 25.973$$

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตหรือค่าในตาราง จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งค่าจากการคำนวณได้ 25.973 มากกว่าค่าวิกฤต 21.026 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้นบุคลากรของกรมส่งเสริมเกษตรจำแนกตามช่วงอายุงานกับวิธีการเดินทางมาทำงานมีความสัมพันธ์กัน จึงนำไปหาสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ต่อด้วย สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (Contingency Coefficient: สัมประสิทธิ์ C) ดังนั้นสัมประสิทธิ์ Cramer' V มีชื่ออีกอย่างว่า Cramer's Contingency Coefficient ใช้กับตัวแปรวัดระดับกลุ่ม และแบ่งมากกว่า 2 กลุ่ม แจกแจงความถี่ในแบบตาราง $k \times k$ มีสูตร ดังนี้

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N(q-1)}} = \sqrt{\frac{25.973}{800(4-1)}} = 0.104$$

ขั้นตอนที่ 5 จากการคำนวณได้ 25.973 มากกว่าค่าวิกฤต 21.026 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้น เราทราบว่าจำนวนปีที่ทำงานกับการเดินทางมาทำงานที่กรมส่งเสริมเกษตรของบุคลากรมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันเพียง 0.104 หรือร้อยละ 10.4 เท่านั้น ซึ่งมีค่าต่ำ จึงสรุปได้ว่าการเดินทางมาทำงานที่กรมส่งเสริมเกษตรของบุคลากรที่จำแนกตามระยะเวลาทำงานนั้นมีการเดินทางที่หลากหลายแตกต่างกัน

จากตัวอย่างที่ 6.6 ทดสอบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ดังนี้

กำหนดตัวแปร Commute ให้รหัส 1 แทนการเดินทาง รหัส 2 แทน นั่งรถเมล์ รหัส 3 แทนรถยนต์ส่วนตัว รหัส 4 แทน จักรยานยนต์ และรหัส 5 แทนแล้วแต่สะดวก ส่วนตัวแปร Work Period ให้รหัส 1 แทนทำงาน < 1 ปี รหัส 2 แทน 1-5 ปี รหัส 3 แทน 6-10 ปี รหัส 4 แทน >10 ปีขึ้นไป

1) ใช้คำสั่ง

Analyze ---> Descriptive Statistics-----> Crosstabs

จะปรากฏ Dialog Box คือ Crosstabs

- เลือกตัวแปร Commute ใส่ในช่อง Row เลือกตัวแปร work period ใส่ในช่อง Column
- เลือกปุ่ม Cells จะปรากฏหน้าต่าง Crosstabs : Cell Display ในกล่อง counts

ให้แสดงความถี่ที่สังเกตได้ Observed และความถี่ Expected และในกล่อง Percentages สำหรับแสดงค่าร้อยละ Row แนวแถว Column สดมภ์ และ Total รวม จากนั้นคลิก Continue คลิกปุ่ม Statistics จะปรากฏ Dialog Box Crosstabs: Statistics

- เลือกปุ่ม Chi-square
- ในบ็อกซ์ Nominal ให้เลือก Phi and Cramer's V
- คลิกปุ่ม Continue
- คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 6.19 - 6.21

ตารางที่ 6.19 ตัวอย่างที่ 6.6 ผลลัพธ์จาก SPSS ความถี่และร้อยละของวิธีการเดินทางของบุคลากรจำแนกตามช่วงอายุงาน

Commute * work Crosstabulation						
		work				Total
		<1 ปี	1-5 ปี	6-10 ปี	> 10 ปี	
Commute เดิน	Count	50	47	45	38	180
	Expected Count	45.0	45.0	45.0	45.0	180.0
	% within Commute	27.8	26.1%	25.0%	21.1%	100.0%
	% within work	25.0	23.5%	22.5%	19.0%	22.5%
	% of Total	6.3%	5.9%	5.6%	4.8%	22.5%
รถเมล์	Count	22	29	36	43	130
	Expected Count	32.5	32.5	32.5	32.5	130.0
	% within Commute	16.9	22.3%	27.7%	33.1%	100.0%
	% within work	11.0	14.5%	18.0%	21.5%	16.3%
	% of Total	2.8%	3.6%	4.5%	5.4%	16.3%
รถยนต์	Count	46	34	37	53	170
	Expected Count	42.5	42.5	42.5	42.5	170.0
	% within Commute	27.1	20.0%	21.8%	31.2%	100.0%
	% within work	23.0	17.0%	18.5%	26.5%	21.3%
	% of Total	5.8%	4.3%	4.6%	6.6%	21.3%
จักรยานยนต์	Count	29	50	39	32	150
	Expected Count	37.5	37.5	37.5	37.5	150.0
	% within Commute	19.3	33.3%	26.0%	21.3%	100.0%
	% within work	14.5	25.0%	19.5%	16.0%	18.8%
	% of Total	3.6%	6.3%	4.9%	4.0%	18.8%
ตามสะดวก	Count	53	40	43	34	170
	Expected Count	42.5	42.5	42.5	42.5	170.0
	% within Commute	31.2	23.5%	25.3%	20.0%	100.0%
	% within work	26.5	20.0%	21.5%	17.0%	21.3%
	% of Total	6.6%	5.0%	5.4%	4.3%	21.3%
Total	Count	200	200	200	200	800
	Expected Count	200.	200.0	200.0	200.0	800.0
	% within Commute	25.0	25.0%	25.0%	25.0%	100.0%
	% within work	100.	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
	% of Total	25.0	25.0%	25.0%	25.0%	100.0%

ตารางที่ 6.20 ตัวอย่างที่ 6.6 ผลลัพธ์จาก SPSS ผลทดสอบค่าไคสแควร์

Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymptotic Significance
Pearson Chi-Square	25.973 ^a	12	.011
Likelihood Ratio	25.846	12	.011
Linear-by-Linear Association	1.286	1	.257
N of Valid Cases	800		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 32.50.

ตารางที่ 6.21 ตัวอย่างที่ 6.6 ทดสอบหาปริมาณความสัมพันธ์

Symmetric Measures			
		Value	Approximate Significance
Nominal by Nominal	Phi	.180	.011
	Cramer's V	.104	.011
N of Valid Cases		800	

จากตารางที่ 6.19 ค่า Expected Count ค่าความถี่ที่คาดหวังในแต่ละ cell พบว่าไม่มี cell ใด ที่มีค่า $E_{ij} < 5$ และ % within Commute จะหมายถึงร้อยละของแต่ละวิธีการเดินทางมาทำงานของบุคลากรกรมส่งเสริมเกษตรที่จำแนกตามช่วงอายุการทำงาน เช่น การเดินทางมาทำงานด้วยการเดินของบุคลากรที่มีอายุนาน < 1 ปี คิดเป็นร้อยละ 27.8

จากตารางที่ 6.19 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างบุคลากรของกรมส่งเสริมเกษตรจำแนกตามช่วงอายุงาน กับวิธีการเดินทางมาทำงาน จะใช้ผลลัพธ์ในตารางนี้ ซึ่งจาก Footnote จะพบว่าไม่มีเซลล์ใดเลยที่มีค่า $E_{ij} < 5$ และค่าต่ำสุดของ $E_{ij} = 32.50$ ทำให้ผู้ใช้ค่อนข้างมั่นใจในการใช้ค่า Pearson Chi-Square ในการทดสอบ ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 25.973 ที่องศาอิสระ $df = 12$ และได้ค่า Asymp. Sig. = 0.011 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่า บุคลากรของกรมส่งเสริมเกษตรจำแนกตามช่วงอายุงานกับวิธีการเดินทางมาทำงานมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตารางที่ 6.20 เมื่อทราบว่า บุคลากรของกรมส่งเสริมเกษตรจำแนกตามช่วงอายุงานกับวิธีการเดินทางมาทำงานมีความสัมพันธ์กัน จึงนำไปหาสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ต่อกัน สัมประสิทธิ์ Cramer's V มีชื่ออีกอย่างว่า Cramer's Contingency Coefficient ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์กันเพียง 0.104

หรือร้อยละ 10.4 เท่านั้น ซึ่งมีค่าต่ำ จึงสรุปได้ว่าการเดินทางมาทำงานที่กรมส่งเสริมเกษตรของบุคลากรที่จำแนกตามช่วงอายุนั้นมีวิธีการเดินทางที่หลากหลายแตกต่างกัน

6.5.3 วิเคราะห์ด้วย Test of Homogeneity (การทดสอบความคล้ายคลึง)

ตัวอย่างที่ 6.7 การสูบบุหรี่มีผลหรือเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงหรือไม่ จากการศึกษาจากเพศชายที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่มาอย่างละ 150 คน ได้ข้อมูลดังนี้

การสูบบุหรี่	ป่วย		ไม่ป่วย		รวม
สูบบุหรี่ 1-5 มวน/วัน	10	A1	14	B1	24
สูบ 6-10 มวน/วัน	14	A2	16	B2	30
สูบ 11- 15 มวน/วัน	25	A3	15	B3	40
สูบ 16 มวนขึ้นไป/วัน	30	A4	16	B4	46
ไม่สูบบุหรี่	65	C	85	D	150
รวม	150		150		300

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมมติฐาน

H_0 : การสูบบุหรี่ไม่เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคความดันสูง

H_1 : การสูบบุหรี่เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคความดันสูง

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ และหาค่าวิกฤต (ค่าจากการเปิดตาราง) กำหนด $\alpha = 0.05$

$$df = (r-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1 \text{ ได้ค่า } \chi^2 = 3.841 \text{ ดังนั้นค่าวิกฤต} = 3.841$$

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่า χ^2

1) จัดทำตารางวิเคราะห์หาค่า E เพื่อนำไปคำนวณในลำดับต่อไป ค่า E คำนวณได้จากสูตร

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \text{ สูตรที่ (6.7)}$$

$$\text{เมื่อ } E = \frac{R \times C}{N}$$

R = ผลรวมตามแนวนอน

C = ผลรวมตามแนวตั้ง

N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$$\text{และ } df = (r - 1)(c - 1)$$

ตัวอย่างที่ 6.7 จำนวนผู้สูบบุหรี่ป่วยและไม่ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง

สูบบุหรี่	ป่วย		ไม่ป่วย		รวม
	O	E	O	E	
สูบบุหรี่ 1-5 มวน/วัน	10	12	14	12	24
สูบ 6-10 มวน/วัน	14	15	16	15	30
สูบ 11- 15 มวน/วัน	25	20	15	20	40
สูบ 16 มวนขึ้นไป/วัน	30	28	20	28	46
ไม่สูบบุหรี่	65	75	85	75	150
รวม	150		150		300

หาค่า E เช่น E ของผู้สูบบุหรี่ 1-5 มวน/วัน (ป่วย) = $\frac{24 \times 150}{300} = 12$
 ส่วนการหา E ตัวอื่น ๆ ก็ทำได้ในทำนองเดียวกัน

$$3.2) \text{ คำนวณหาค่าไคสแควร์ แทนค่าในสูตรที่ (6.7) } \chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

$$= \frac{(10-12)^2}{12} + \frac{(14-12)^2}{12} + \frac{(14-15)^2}{15} + \frac{(16-15)^2}{15} + \dots + \frac{(85-75)^2}{75} = 10.538$$

ขั้นตอนที่ 4 การตัดสินใจ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤตหรือค่าในตาราง จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ซึ่งค่าจากการคำนวณ χ^2 ได้ 10.538 มากกว่าค่าวิกฤต 3.841 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ดังนั้น การสูบบุหรี่เป็นปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคความดันสูง

ขั้นตอนที่ 5 สรุปคือ เพศชายที่สูบบุหรี่มีโอกาสป่วยจากโรคความดันโลหิตสูง จึงหาอัตราเสี่ยงต่อ โดยหาอัตราเสี่ยง OR แยกตามปริมาณการสูบบุหรี่เปรียบเทียบกับไม่สูบบุหรี่ ดังนี้

การหาอัตราเสี่ยง OR ใช้กับการศึกษาแบบย้อนหลัง (Retrospective study) ในลักษณะกรณีศึกษา (Case Study) OR เป็นอัตราส่วนของโอกาสที่จะเกิดต่อโอกาสที่จะไม่เกิด จะหาอัตราเสี่ยง OR ได้จากสูตรที่ (6.12)

$$OR = \frac{AD}{BC}$$

จะได้

$$\text{อัตราเสี่ยงของผู้สูบบุหรี่ 1-5 มวน/วัน} = \frac{10 \times 85}{14 \times 65} = 0.934$$

$$\text{อัตราเสี่ยงของผู้สูบบุหรี่ 6-10 มวน/วัน} = \frac{14 \times 85}{16 \times 65} = 1.144$$

$$\text{อัตราเสี่ยงของผู้สูบบุหรี่ 11-15 มวน/วัน} = \frac{25 \times 85}{15 \times 65} = 2.179$$

$$\text{อัตราเสี่ยงของผู้สูบบุหรี่ 16 มวนขึ้นไป/วัน} = \frac{36 \times 85}{20 \times 65} = 2.354$$

แสดงว่าเพศชายที่สูบบุหรี่จำนวนมวนต่อวันมากจะยิ่งเพิ่มอัตราการเสี่ยงมากขึ้น ถ้าสูบถึงวันละ 16 มวนขึ้นไป จะมีโอกาสเสี่ยงมากกว่าคนที่ไม่สูบถึง 2.35 เท่า

ตัวอย่างที่ 6.7 จำนวนผู้สูบบุหรี่ป่วยและไม่ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง

	ป่วย		ไม่ป่วย		อัตราเสี่ยง
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
สูบบุหรี่ 1-5 มวน/วัน	10	41.67	14	58.33	0.93
สูบ 6-10 มวน/วัน	14	46.67	16	53.33	1.14
สูบ 11- 15 มวน/วัน	25	62.50	15	37.50	2.18
สูบ 16 มวนขึ้นไป/วัน	30	60.00	20	40.00	2.35
ไม่สูบบุหรี่	65	43.33	85	56.67	1.00

$$\chi^2 = 10.228, p < 0.05$$

สรุป

การทดสอบด้วยไคสแควร์ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์จะอยู่ในมาตรานามบัญญัติ (Nominal Scale) หรือข้อมูลในลักษณะการจำแนกประเภท เป็นงานวิจัยที่พบได้บ่อยทั้งในด้านสำรวจ การวิจัยเชิงบรรยาย และแม้แต่วิจัยเชิงทดลอง ข้อมูลการจำแนกประเภทหรือที่เรียกกันว่า Categorical data นั้น มีอยู่หลายลักษณะ เช่น อาชีพ เชื้อชาติ เพศ สถานภาพการสมรส ชอบ-ไม่ชอบ ไปเลือกตั้ง-ไม่ไปเลือกตั้ง สูบบุหรี่-ไม่สูบบุหรี่ เป็นต้น ไคสแควร์จะทดสอบนัยสำคัญเฉพาะทางเดียวที่เป็นด้านขวาเท่านั้น ค่าไคสแควร์มีความสัมพันธ์กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นค่าไคสแควร์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แม้ว่าไคสแควร์จะคำนวณได้สะดวกและใช้ง่าย แต่คำนี้เสมอว่า 1) ข้อมูลแต่ละตัวที่เก็บมาจะต้องเป็นอิสระกัน คือตัวอย่างต้องได้มาด้วยวิธีการสุ่มและเป็นอิสระกัน 2) ข้อมูลแต่ละตัวจัดเข้ากลุ่มหรือเข้าประเภทเพียงกลุ่มหรือประเภทเดียว นั่นคือกลุ่มหรือประเภทที่แบ่งจะต้องแบ่งแยกกันเด็ดขาดจะซ้ำซ้อนกันไม่ได้ 3) จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่มย่อย (cell) ต้องมีจำนวนมากพอ เพื่อที่จะให้ความถี่ที่คาดหวังมีค่าไม่น้อยกว่า 10 ในกรณีที่ $df = 1$ และไม่น้อยกว่า 5 ในกรณีที่ $df = 2$ หรือมากกว่า 4) ไคสแควร์ไม่ใช่เป็นการเปรียบเทียบร้อยละของข้อมูลระหว่างกลุ่ม จึงใช้จำนวนร้อยละไปคำนวณค่าไคสแควร์ไม่ได้ 5) ถ้าตัวอย่างมีจำนวนน้อย มีข้อจำกัดอาจทำให้ความถี่ที่คาดหวังมีจำนวนน้อยกว่า 5 ซึ่งค่าไคสแควร์ที่ได้จะผิดไปจากความเป็นจริง ทำให้สรุปผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้ ฉะนั้น เพื่อความมั่นใจจึงควรใช้สูตรปรับ Yate's correction เมื่อพบว่า จำนวนข้อมูลในกลุ่มย่อยมีค่าเท่ากับ 5 หรือน้อยกว่า 5 และขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อประสิทธิภาพของการทดสอบ ซึ่งพบว่าอัตราเพิ่มเหมือนกับ

อัตราเพิ่มขนาดตัวอย่าง คือถ้าตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ค่าไคสแควร์ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าด้วย ในการวิเคราะห์ด้วยไคสแควร์จึงควรระมัดระวังในการแปลและสรุปผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ตัวอย่างมีจำนวนน้อยหรือมากเกินไป นอกจากนั้นการนำเสนอผลการวิเคราะห์เป็นจำนวนและร้อยละ กรณีแบบจำแนกสองทาง มักจะคำนวณร้อยละผิดพลาดเสมอ เนื่องจากมีฐานสำหรับคำนวณร้อยละถึง 3 ตัวด้วยกัน คือ ร้อยละตามแนวนอน (row percentage) ร้อยละตามแนวตั้ง (column percentage) และร้อยละรวมทั้งหมด (grand total percentage) ในหลักการต้องคิดร้อยละตามตัวแปรอิสระ เพราะต้องการเปรียบเทียบความถี่ระหว่างประเภทของตัวแปรอิสระ จึงต้องเทียบให้แต่ละประเภทเท่ากับร้อยละ ถ้าตัวแปรอิสระกำหนดไว้ตามแนวนอนก็ต้องคำนวณร้อยละตามแนวนอน แต่ถ้าตัวแปรอิสระกำหนดไว้ตามแนวตั้งก็ต้องคำนวณร้อยละตามแนวตั้ง



บทที่ 7

การเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ความสัมพันธ์สองตัวแปร ด้วยสหสัมพันธ์และการถดถอยอย่างง่าย

ในบทที่ 6 ได้กล่าวถึงการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดด้วยระดับกลุ่ม 2 ตัวแปรไปด้วยสถิติไคสแควร์ไปแล้ว บทนี้จะเป็นเนื้อหาการวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดด้วยระดับช่วงและอัตราส่วน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) และการถดถอย (Regression) ประเด็นปัญหาการวิจัยในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และการถดถอยมุ่งหาคำตอบว่า ตัวแปรที่นำมาหาความสัมพันธ์กันนั้น มีรูปแบบและทิศทางความสัมพันธ์กันอย่างไร มีปริมาณความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และประมาณค่า (Estimating) หรือทำนาย (Predicting) ตัวแปรตาม (Y) จากตัวแปรอิสระ (X) ได้อย่างไร ประเด็นปัญหาการวิจัยมักจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหรือกลุ่มของตัวแปรที่ต้องการหาว่า มีอิทธิพล สัมพันธ์ หรือเกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาหรือไม่อย่างไร

7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ผู้วิเคราะห์มักตั้งคำถามว่า “ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์หรือมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามหรือไม่” ถ้ามีความสัมพันธ์นั้นทิศทางเป็นอย่างไร มีขนาดของความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด ตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะนำไปสู่สารสนเทศสำคัญที่จะช่วยให้ผู้บริหารสามารถกำหนดกลยุทธ์ได้ หัวข้อที่กล่าวถึงการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการทางสถิติที่ใช้กรณีที่ตัวแปรทั้ง 2 ตัว มีระดับการวัดตั้งแต่ระดับช่วงหรือระดับอันตรภาคขึ้นไป โดยศึกษาการหาความสัมพันธ์ด้วยวิธี 1) การใช้กราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวแปร และ 2) การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองด้วยวิธีการหาสหสัมพันธ์ (Correlation) ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีระดับการวัดอยู่ในระดับนามบัญญัติ ได้กล่าวถึงไปแล้วในบทที่ 6

7.1.1 การใช้กราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

การเขียนกราฟ เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้พิจารณารูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุดหรือตัวแปร 2 ตัว ซึ่งกราฟที่ได้จะสามารถบอกลักษณะของรูปแบบความสัมพันธ์ ว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด แนวโน้มของความสัมพันธ์จะเป็นอย่างไร กราฟที่ได้ เรียกว่า แผนภาพการกระจาย (scatter diagram) ซึ่งการเขียนกราฟอาจจะใช้ตัวแปรหรือข้อมูลมากกว่า 2 ชุดมาเขียน เพื่อพิจารณารูปแบบพร้อม ๆ กันก็ได้ แต่ในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะการเขียนกราฟระหว่างตัวแปร 2 ตัวเท่านั้น กราฟที่ได้อาจมีความสัมพันธ์ในทิศทางต่าง ๆ กัน 2 ทิศทาง ดังนี้คือ

1. มีความสัมพันธ์ในทางบวก หมายถึง ความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรทั้ง 2 ชุด จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าค่าของตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะเพิ่มตามไปด้วย

และเมื่อลดลงก็จะลดลงเหมือนกัน เช่น หากผู้วิจัยพบว่า ความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการมีส่วนร่วมของประชาชน ย่อมหมายความว่า ถ้าประชาชนมีความรู้ในการปกครองท้องถิ่นเพิ่มมากขึ้น การปกครองท้องถิ่นเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการบริหารประเทศแล้ว ประชาชนมีแนวโน้มที่จะมีส่วนร่วมในการปกครองท้องถิ่นมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีส่วนร่วมในการกำกับติดตามและตรวจสอบการทำงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เป็นต้น

2. มีความสัมพันธ์ในทางลบ หมายถึง ความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรทั้ง 2 ชุดเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ถ้าค่าของตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะลดลงหรือกลับกัน

รูปแบบของความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 2 ตัวดังกล่าวอาจจะปรากฏได้ในหลายลักษณะ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 3 แบบใหญ่ ๆ ดังนี้คือ

1) แบบเชิงเส้นตรง เป็นกราฟที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นตรง ดังภาพที่ 7.1

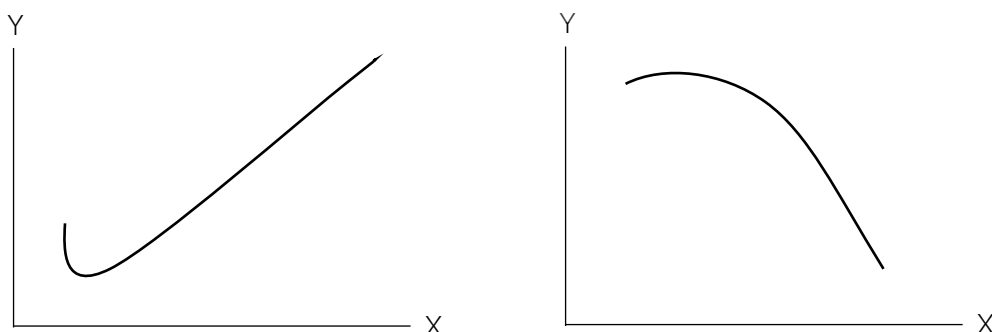


ภาพที่ 7.1 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นตรง

2) แบบเชิงเส้นโค้ง เป็นกราฟที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นโค้ง ดังภาพที่ 7.2

ค. แบบเส้นโค้งในทางบวก

ง. แบบเส้นโค้งในทางลบ



ภาพที่ 7.2 ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นโค้ง

รูปแบบของความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง อาจจะมีอยู่หลายลักษณะ เช่น แบบ exponential แบบ logistic แบบ asymptotic เป็นต้น ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดของความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้งใน 2 ประเภทดังกล่าว

3) แบบไม่มีความสัมพันธ์กัน

เป็นกราฟที่มีลักษณะที่ไม่สามารถระบุรูปแบบที่แน่นอนได้ ซึ่งถือว่าข้อมูลทั้ง 2 ชุดหรือตัวแปรทั้ง 2 ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน ดังภาพที่ 7.3



ภาพที่ 7.3 ตัวแปร X และตัวแปร Y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน

7.1.2 การหาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation)

ในการเขียนกราฟเพื่อดูรูปแบบความสัมพันธ์นั้นเป็นการพิจารณาแต่เพียงว่า ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในทิศทางใดและแบบไหน อันสะท้อนให้เห็นถึงธรรมชาติของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเท่านั้น แต่ไม่สามารถบอกขนาดของความสัมพันธ์ออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งการพิจารณาจากรูปกราฟเพียงอย่างเดียวอาจจะสรุปหรือชี้ให้เห็นถึงขนาดของความสัมพันธ์ได้ไม่ชัดเจน ดังนั้น เราจึงจำเป็นต้องหาขนาดหรือค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร ซึ่งค่าที่คำนวณได้นี้จะเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation) กล่าวคือ สหสัมพันธ์ (Correlation) คือ ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยใช้ “ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์” เป็นเครื่องวัดระดับความสัมพันธ์ว่ามีมากน้อยเพียงใดและมีทิศทางเป็นอย่างไร

สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอาจเป็นเชิงเส้น (Linear) ถ้าทุกจุดบนแผนภาพการกระจายเกาะกลุ่มกันอยู่ใกล้เส้นตรง หรืออาจไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ถ้าทุกจุดบนแผนภาพการกระจายอยู่ใกล้เส้นโค้ง (Curve) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์เชิงเส้น (Correlation analysis) หมายถึง การศึกษาอันดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใด วัดด้วยค่า “สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ประชากร (Population Correlation coefficient)” แทนด้วย ρ ; เมื่อ $-1 \leq \rho \leq 1$

การวัดความสัมพันธ์ (Measure of Relationship) โดยการศึกษาความสัมพันธ์ หรือค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปในทิศทางใด โดยไม่ได้ให้ความสำคัญว่าตัวแปรใดคือตัวแปรอิสระหรือตัวแปรใดคือตัวแปรตาม หลักในการตรวจสอบข้อมูลเพื่อใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ (สหสัมพันธ์ : Correlation) คือ

- 1) ถ้าข้อมูลอยู่ในมาตรนามบัญญัติหรือมาตราเรียงอันดับ ซึ่งเป็นข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) จะใช้

วิธีการของการแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) จะมีชื่อเรียกสหสัมพันธ์ตามระดับการวัดของตัวแปร เช่น ค่าฟี หรือ ฟาย (Phi) ค่าลำดับที่สเปียร์แมน (Spearman Rank) ค่าไบซีเรียล (Biserial) เป็นต้น

2) ถ้าหากข้อมูลอยู่ในมาตราอันตรภาค หรือมาตราวัดอัตราส่วน ซึ่งเป็นข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous Data) จะใช้วิธีการของ Correlation ซึ่งในที่นี้ หัวข้อที่กำลังศึกษา เรากล่าวถึงการวัดความสัมพันธ์หรือสหสัมพันธ์ที่อยู่ในข้อ 2) นี้ เท่านั้น ซึ่งชื่อที่เรียกสหสัมพันธ์ คือ โมเมนต์ผลคูณเพียร์สัน (Pearson Product Moment : สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r หรือ r_{xy}) และชื่อย่อ คือ สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ในที่นี้เราจะเรียกสั้น ๆ ว่า “สหสัมพันธ์ (r หรือ r_{xy})”

เมื่อ Correlation หรือ ค่าสหสัมพันธ์ เป็นการดูทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยมี Correlation Coefficient (r) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ ถ้าศึกษาระดับของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพียง 2 ตัว เรียกว่า “สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation)” และถ้าศึกษาระดับของความสัมพันธ์มากกว่า 2 ตัวแปร เรียกว่า “สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation)” ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง $+1.0$ ซึ่งหากมีค่าใกล้ -1 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงตรงกันข้าม หากมีค่าใกล้ $+1.0$ นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก และหากมีค่าเป็น 0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ทั้งนี้ การที่ตัวแปรทั้งสองตัวมีค่าสหสัมพันธ์แสดงออกถึงความสัมพันธ์กันนั้น หมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีแนวโน้มจะไปในทิศทางเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าตัวแปรทั้งสองนั้นเป็นปัจจัยหรือเป็นเหตุผลของกันและกัน เพราะหากต้องการทราบว่าตัวแปรทั้งสองนั้นเป็นปัจจัยหรือเป็นเหตุผลของกันและกันหรือไม่ต้องนำไปวิเคราะห์ในเชิง Regression (เป็นตัวแบบวิเคราะห์ถดถอยที่สนใจการนำข้อมูลของตัวแปรหนึ่งไปอธิบายหรือไปทำนายค่าของอีกตัวแปรหนึ่ง) ต่อไป

ในการพิจารณาว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีมากน้อยเพียงใดนั้นทราบได้โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Coefficient) เท่านั้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการหาคุณภาพของเครื่องมือและอธิบายตัวแปรอย่างง่าย ๆ โดย การศึกษาระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใด วัดด้วยค่า “สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ประชากร (Population Correlation coefficient)” แทนด้วย ρ ; เมื่อ $-1 \leq \rho \leq 1$ และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ X และ Y มีข้อสมมติว่า X และ Y เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงร่วมกัน โดยที่ตัวแปร X มีค่าเฉลี่ย μ_x และความแปรปรวน σ_x^2 และตัวแปร Y มีค่าเฉลี่ย μ_y และความแปรปรวน σ_y^2 และความแปรปรวนร่วมของ X และ Y คือ

$$Cov(X, Y) = E[(X - \mu_x)(Y - \mu_y)]$$

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ X และ Y คือ $\rho = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y}$; $-1 \leq \rho \leq 1$ โดยที่

- ถ้า ρ มีค่าใกล้ 1 แสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก และมีทิศทางเดียวกัน คือ ถ้า X มีค่ามาก Y จะมีค่ามากด้วย หรือถ้า X มีค่าน้อย Y จะมีค่าน้อยด้วย

- ถ้า ρ มีค่าใกล้ -1 แสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันมาก แต่มีทิศทางตรงกันข้าม คือ ถ้า X มีค่ามาก Y จะมีค่าน้อย หรือถ้า X มีค่าน้อย Y จะมีค่ามาก
- ถ้า ρ มีค่าใกล้ 0 แสดงว่า มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันน้อยมาก

7.13 การประมาณค่า ρ ด้วยค่า r หรือ r_{xy}

เนื่องจากไม่ทราบค่า ρ จึงประมาณโดยใช้ข้อมูลตัวอย่างสุ่มขนาด n คือ $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), \dots, (X_n, Y_n)$ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง (Sample correlation coefficient) แทนด้วย r ; $-1 \leq r \leq 1$ ทั้งนี้สูตรในการคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r หรือ r_{xy}) มีสูตรคำนวณหลายรูปแบบ แต่ผลคำนวณให้ค่าไม่แตกต่างกัน ในที่นี้จะใช้สูตรที่คำนวณได้ง่ายและสะดวกโดยคำนวณจากข้อมูลดิบ (Raw Score) มีสูตรดังนี้

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots\dots\dots (7.1)$$

$$r_{xy} = \frac{SP}{\sqrt{(SSX)(SSY)}} \dots\dots\dots (7.2)$$

$$\text{เมื่อ } SP = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \dots\dots\dots (7.3)$$

$$SSX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \dots\dots\dots (7.4)$$

$$SSY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \dots\dots\dots (7.5)$$

n = จำนวนคู่ของข้อมูลหรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

X = ค่าของตัวแปร X

Y = ค่าของตัวแปร Y

SP = ผลรวมของผลคูณ (Sum of Product) ระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y

SSX = ผลรวมของผลต่างกำลังสอง (Sum of Square) ของตัวแปร X

SSY = ผลรวมของผลต่างกำลังสอง (Sum of Square) ของตัวแปร Y

โดยที่ r_{xy} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y และ $-1 < r_{xy} < 1$ ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r หรือ r_{xy} เป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย แม้ว่า X และ Y จะมีหน่วยเป็นอย่างไรก็ตาม เช่น X เป็นระยะเวลา มี Y เป็นค่าใช้จ่าย เป็นต้น และไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของ X และ Y ไม่ควรแปลผลในรูปของร้อยละ (%) เพราะสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นดัชนีความแปรผันของตัวแปร 2 ตัว ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r หรือ r_{xy} จะบอกขนาดของความสัมพันธ์และทิศทางของความสัมพันธ์ ดังนี้

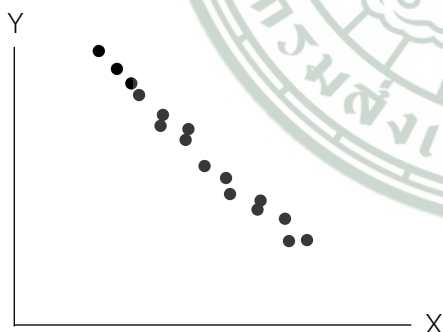
1) เมื่อ $r_{xy} = -1$ หมายถึง ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันมากหรือมีความสัมพันธ์กันสมบูรณ์และเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็มีแนวโน้มที่จะลดลง เช่น สหสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักรชนิดหนึ่ง พิจารณาภาพที่ 7.4

2) เมื่อ r_{xy} เข้าใกล้ -1 หมายถึง ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก และเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม นั่นหมายความว่า ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มตัวแปรตัวที่เหลือมีแนวโน้มที่จะลดลง พิจารณาภาพที่ 7.5

3) เมื่อ $r_{xy} = 0$ หมายถึง ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบที่ไม่แน่นอน กล่าวคือ มีการกระจายไปในทุกทิศทางจนไม่สามารถบอกได้ว่า ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าของตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะเป็นอย่างไร เช่น สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับความฉลาด เป็นต้น พิจารณาภาพที่ 7.6

4) เมื่อ r_{xy} เข้าใกล้ 1 หมายถึง ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก เป็นไปในทิศทางเดียวกัน พิจารณาภาพที่ 7.7

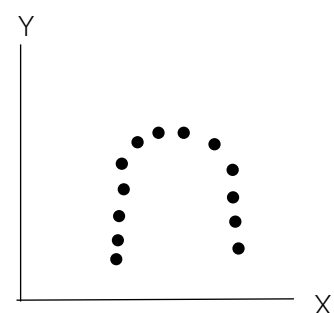
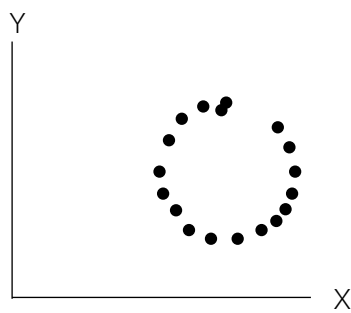
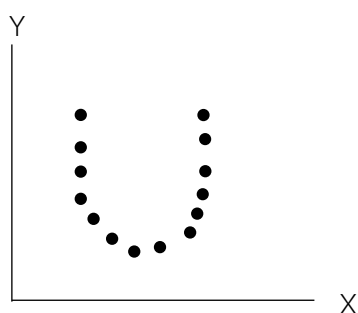
5) เมื่อ $r_{xy} = 1$ หมายถึง ตัวแปรทั้ง 2 ตัวแปร มีความสัมพันธ์กันมาก หรือมีความสัมพันธ์กันสมบูรณ์ และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มตัวแปรอีกตัวก็จะเพิ่มด้วย เช่น สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ใช้โทรศัพท์กับค่าโทรศัพท์ เป็นต้น พิจารณาภาพที่ 7.8



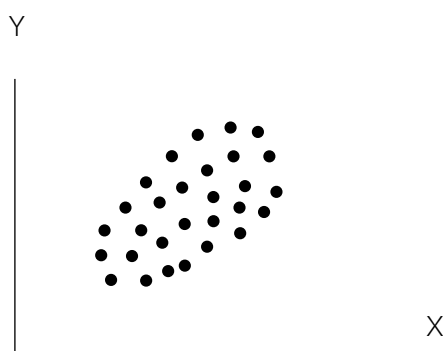
ภาพที่ 7.4 แสดงถึง $r_{xy} = -1$



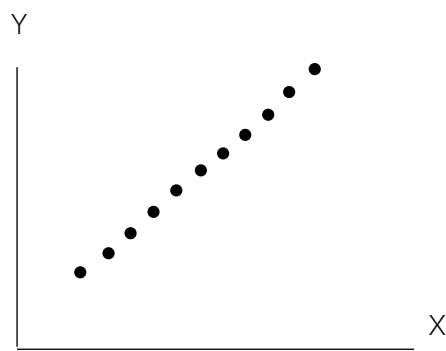
ภาพที่ 7.5 แสดงถึง $r_{xy} = -0.7$



ภาพที่ 7.6 แสดงถึง $r_{xy} = 0$



ภาพที่ 7.7 แสดงถึง $r_{xy} = 0.8$



ภาพที่ 7.8 แสดงถึง $r_{xy} = 1$

จะเห็นได้ว่า ถ้าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันมากไม่ว่าทางเดียวกันหรือทางตรงกันข้าม ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r_{xy} จะมีสูง กล่าวคือ ถ้าเป็นบวกก็จะมีค่าเข้าใกล้ 1 ถ้าเป็นลบก็จะมีค่าเข้าใกล้ -1 แต่ถ้าตัวแปรทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันน้อย ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r_{xy} จะมีค่าต่ำ แต่ถ้าตัวแปรทั้งคู่ไม่มีความสัมพันธ์กันเลยการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตัวหนึ่งไม่มีผลหรือมีผลไม่แน่นอนต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่ง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าเป็นศูนย์ ทั้งนี้ โดยทั่วไปค่าระหว่าง 0.30 – 0.70 จะถือว่าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันปานกลาง ถ้ามากกว่า 0.70 จะมีความสัมพันธ์กันมาก และถ้าน้อยกว่า 0.30 จะมีความสัมพันธ์กันน้อย แต่ก็ไม่แน่นอนเสมอไปถ้าหากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่และมีความแตกต่างกันมาก ค่า r_{xy} จะมีค่ามากตามไปด้วย

ตัวอย่างที่ 7.1 ปริมาณขนส่งข้าว และปริมาณขนส่งน้ำมัน (หน่วย: ล้านตัน) มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นหรือไม่ ดังข้อมูลต่อไปนี้

ปริมาณขนส่งข้าว (X)	1.6	2.7	3.9	3.8	2.9
ปริมาณขนส่งน้ำมัน (Y)	0.7	1.1	1.4	1.5	1.0

วิธีทำ คำนวณข้อมูลพื้นฐาน เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ ดังนี้

ปริมาณขนส่งข้าว (X) และปริมาณขนส่งน้ำมัน (Y) (หน่วย: ล้านตัน)

หน่วยที่	X	Y	X^2	Y^2	XY
1	1.6	0.7	2.56	0.49	1.12
2	2.7	1.1	7.29	1.21	2.97
3	3.9	1.4	15.21	1.96	5.46
4	3.8	1.5	14.44	2.25	5.7
5	2.9	1	8.41	1.00	2.9
รวม	14.9	5.7	47.91	6.91	18.15

จากสูตรที่ (7.1)

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$\text{จะได้ } r_{xy} = \frac{5(18.5) - (14.9)(5.7)}{\sqrt{[17.54][2.06]}} = \frac{5.82}{\sqrt{36.1324}}$$

$$= \frac{5.82}{6.011} = 0.968$$

นั่นคือ $r_{xy} = 0.968$ แสดงว่า ปริมาณขนส่งข้าวและปริมาณขนส่งน้ำมัน มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น สูงมาก และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

7.1.4 การทดสอบนัยสำคัญ (Test significance) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r หรือ r_{xy})

การทดสอบนัยสำคัญ (Test the Significance) ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หากข้อมูลได้มาจากกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีการทดสอบนัยสำคัญ เพื่อตรวจสอบว่ามีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่ ซึ่งสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r หรือ r_{xy} คือค่าที่คำนวณจากตัวอย่าง เป็นค่าประมาณสหสัมพันธ์ของประชากรคือ ρ ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y มีข้อตกลงว่าตัวแปรทั้งสองต้องมีค่าต่อเนื่อง ตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงแบบปกติร่วมกัน และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองเป็นเชิงเส้น การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y ว่ามีความสัมพันธ์กันจริงหรือไม่นั้น โดยจะตั้งสมมติฐานหลัก H_0 ว่า ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน และทดสอบด้วย t -test ซึ่งพบว่ากระจายของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีลักษณะใกล้เคียงกับการกระจายแบบ t สูตรที่ใช้คือ

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \dots\dots\dots (7.6)$$

เมื่อ $df = n - 2$

1) ตั้งสมมติฐาน

$$H_0 : \rho = 0 \quad (\text{ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน})$$

$$H_1 : \rho \neq 0 \quad (\text{ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน})$$

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3) การคำนวณ จากตัวอย่างที่ 7.1 ได้ค่า r หรือ $r_{xy} = 0.968$ และ $n = 5$ จะแทนค่าในสูตรที่ (7.6) จะได้ว่า

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$$\text{แทนค่าในสูตร } t = 0.968 \sqrt{\frac{5-2}{1-0.968^2}} = 6.68$$

4) หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 หรือค่าวิกฤต จากที่กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
 $df = 5 - 2 = 3$ เป็นการทดสอบแบบ 2 ทาง ($\alpha/2 = 0.05/2 = 0.025$ จะเปิดตาราง the t Distribution
 ที่ $t_{.975}$ และ $df = 3$) ได้ค่า $t_{ตาราง} = 3.1825$

5) การตัดสินใจ ถ้าค่า $t_{คำนวณ} \leq t_{ตาราง}$ หรือ $t_{คำนวณ} \geq t_{ตาราง}$ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งจาก
 การคำนวณได้ค่า $t_{คำนวณ} = 6.68 \geq t_{ตาราง} = 3.1825$ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

6) สรุป ปริมาณขนส่งข้าวและปริมาณขนส่งน้ำมันมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นจริง

ตัวอย่างที่ 7.2 โรงงานแห่งหนึ่ง ได้เก็บรวบรวมข้อมูลยอดขายสินค้า และราคาสินค้า (หน่วย:บาท)
 มาจำนวน 20 วัน ดังนี้

ยอดขายสินค้า (X)	118	108	135	131	146	127	195	156	158	172
ราคา (Y)	4	3	8	9	11	4	16	11	10	14
ยอดขายสินค้า (X)	155	192	186	205	130	113	136	208	201	149
ราคา (Y)	13	19	18	20	10	4	7	20	18	9

ก. จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของยอดขายสินค้าและราคาสินค้า

ข. จงทดสอบว่ายอดขายสินค้าและราคาสินค้าไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วิธีทำ คำนวณข้อมูลพื้นฐาน เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ ดังนี้

ยอดขายสินค้า (X) ราคาสินค้า (Y) (หน่วย:บาท)

วันที่	X	Y	X^2	Y^2	XY
1	118	4	13,924	16	472
2	108	3	11,664	9	324
3	135	8	18,225	64	1,080
4	131	9	17,161	81	1,179
5	146	11	21,316	121	1,606
6	127	4	16,129	16	508
7	195	16	38,025	256	3,120
8	156	11	24,336	121	1,716
9	158	10	24,964	100	1,580
10	172	14	29,584	196	2,408

วันที่	X	Y	X ²	Y ²	XY
11	155	13	24,025	169	2,015
12	192	19	36,864	361	3,648
13	186	18	34,596	324	3,348
14	205	20	42,025	400	4,100
15	130	10	16,900	100	1,300
16	113	4	12,769	16	452
17	136	7	18,496	49	952
18	208	20	43,264	400	4,160
19	201	18	40,401	324	3,618
20	149	9	22,201	81	1,341
	3,121	228	506,869	3,204	38,927

ก. จงคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของยอดขายสินค้าและราคาสินค้า

จะใช้สูตรที่ (7.2) ในการคำนวณ

$$r_{xy} = \frac{SP}{\sqrt{(SSX)(SSY)}}$$

1) หาค่า SP, SSX และ SSY

1.1) หาค่า SSX แทนค่าในสูตรที่ (7.4)

$$SSX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SSX = 506,869 - 487,032.05$$

$$SSX = 19,836.95$$

1.2) หาค่า SSY แทนค่าในสูตรที่ (7.5)

$$SSY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$\text{แทนค่า } SSY = 3,204 - 2,599.20$$

$$SSY = 604.80$$

1.3) หาค่า SP แทนค่าในสูตรที่ (7.3)

$$SP = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$$

$$\text{แทนค่า } SP = 38,927 - 3347.60$$

$$SP = 3,347.60$$

2) หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยแทนค่าในสูตรที่ (7.2)

$$r_{xy} = \frac{SP}{\sqrt{(SSX)(SSY)}}$$

$$\text{จะได้ } r_{xy} = \frac{3,347.60}{\sqrt{(19,836.95)(604.80)}}$$

$$r_{xy} = 0.966$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.966 ดังนั้น ยอดขายสินค้าและราคาสินค้า มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นสูงมาก

ข. จงทดสอบว่ายอดขายสินค้าและราคาสินค้าไม่มีความสัมพันธ์กัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

1) ตั้งสมมติฐาน

H_0 : การทดสอบสมมติฐานยอดขายสินค้าและราคาสินค้าไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : การทดสอบสมมติฐานยอดขายสินค้าและราคาสินค้ามีความสัมพันธ์กัน

หรือ $H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

3) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากข้อ ก) ได้ค่า r หรือ $r_{xy} = 0.966$ และ $n = 20$ แทนค่าในสูตรที่ (7.6)

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$$\text{แทนค่าในสูตร } t = 0.966 \sqrt{\frac{18}{1-0.966^2}} = 0.966 (16.40) = 15.84$$

4) หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 หรือค่าวิกฤต จากที่กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$df = 20 - 2 = 18$ เป็นการทดสอบแบบ 2 ทาง ($\alpha/2 = 0.05/2 = 0.025$ จะเปิดตาราง the t Distribution ที่ t_{975} และ $df = 18$) ได้ค่า $t_{ตาราง} = 2.10$

5) การตัดสินใจ ถ้าค่า $t_{คำนวณ} \leq -t_{ตาราง}$ หรือ $t_{คำนวณ} \geq t_{ตาราง}$ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งจากการคำนวณได้ค่า $t_{คำนวณ} = 15.84 > t_{ตาราง} = 2.10$ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

6) สรุป ยอดขายสินค้าและราคาสินค้า มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นจริง

อย่างไรก็ตาม เมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีนัยสำคัญจะต้องจำไว้เสมอว่า ค่า r_{xy} ไม่ได้บ่งบอกถึงความสัมพันธ์และผลของตัวแปร 2 ตัว

7.2 สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination: CD หรือ R^2)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือสัมประสิทธิ์ความผันแปร ซึ่ง เมื่อนำ ค่า r_{xy} ยกกำลังสองแล้วคูณด้วย 100 จะได้ค่าดังกล่าว โดยค่านี้ประยุกต์มาจากการวิเคราะห์การถดถอยที่คำนวณมาจากอัตราส่วนระหว่างผลรวมของผลต่างกำลังสองที่อธิบายได้ กับผลรวมของผลต่างกำลังสองทั้งหมด ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร จึงหมายถึงความผันแปรร่วมกันของตัวแปร 2 ตัวนั้นที่บ่งบอกถึงปริมาณความสัมพันธ์ว่า ความแปรปรวนของตัวแปร X อธิบายความแปรปรวนของตัวแปร Y ได้ร้อยละเท่าใด เช่น จากตัวอย่างที่ 7.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างยอดขายสินค้าและราคาสินค้ามีค่าเท่ากับ 0.966 จะเป็นสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (CD หรือ R^2) เท่ากับ 0.933 แสดงว่ายอดขายสินค้าและราคาสินค้าแปรผันร่วมกันร้อยละ 93.3 หรือถ้าหากทราบยอดขายสินค้าก็จะสามารถทำนายราคาสินค้าได้ร้อยละ 93.3

ทั้งนี้ในการนำเสนอสรุปผลเมื่อคำนวณหาค่า r_{xy} และทดสอบนัยสำคัญแล้ว ควรเสนอเป็นตารางสรุปผลการวิเคราะห์ ดังตัวอย่างที่ 7.2 เมื่อนำมาเสนอตารางสรุปผลการวิเคราะห์ จะได้ดังนี้

ตารางสรุปผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างที่ 7.2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) และสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (CD หรือ R^2) ระหว่างยอดขายสินค้าและราคาสินค้า

	$\bar{X}$	S.D.	r_{xy}	R^2 หรือ CD
ยอดขายสินค้า	156.05	32.31	0.966	0.933
ราคาสินค้า	11.40	5.64		

7.3 การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวเช่นเดียวกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพียงแต่การวิเคราะห์การถดถอยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นสาเหตุกับตัวแปรที่เป็นผล ซึ่งนอกจากจะทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองแล้วยังสามารถนำค่าของตัวแปรที่เป็นสาเหตุไปพยากรณ์ตัวแปรที่เป็นผลได้ พร้อมด้วยขนาดของความสามารถในการอธิบายตัวแปรผล ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยจะเรียกตัวแปรที่เป็นสาเหตุว่าตัวแปรตัวแปรอิสระ (Independent variable) นิยมแทนด้วย X หรืออาจเรียกเป็นตัวแปรพยากรณ์ (Predictor) และเรียกชื่อตัวแปรที่เป็นผลว่าตัวแปรตาม (Dependent variable) นิยมแทนด้วย Y

จากหัวข้อที่ผ่านมาเราได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว เมื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาสร้างกราฟเพื่อหารูปแบบของความสัมพันธ์ว่าเป็นเส้นตรงในทางบวกหรือทางลบหรือไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นเส้นตรง ถ้าพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ขั้นต่อไปจึงหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) แล้วทดสอบนัยสำคัญ ในหัวข้อนี้จึงเป็นความต่อเนื่องกันว่า ถ้าหากพบว่ามีนัยสำคัญจึงจะสร้างสมการถดถอย (Regression Equation) ที่เหมาะสมกับข้อมูล วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอยจึงมีเพื่อศึกษาแนวโน้มและทำนายตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระที่ทราบค่า การวิเคราะห์ต้องระบุว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระ

และตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ซึ่งในการระบุต้องอาศัยแนวคิด ทฤษฎี ผลงานวิจัยในอดีตสนับสนุนอย่างชัดเจนว่า มีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่มีอิทธิพลหรือสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

การวิเคราะห์การถดถอยเป็นวิธีทางสถิติที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตัวหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า “ตัวแปรตาม (Dependent variable) แทนด้วย Y” และตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งเรียกว่า “ตัวแปรอิสระ (Independent variable) แทนด้วย X” ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะอยู่ในรูปแบบคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนาย (Prediction) นั่นคือ ใช้ X เป็นเกณฑ์ในการประมาณ Y โดย

1) ถ้าใช้ตัวแปร X เพียงตัวเดียวในการประมาณ Y เรียกว่า “การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple regression analysis)” มีตัวแบบดังนี้

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$$

2) ถ้าใช้ตัวแปร X มากกว่าหนึ่งตัวในการประมาณ Y เรียกว่า “การวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple regression analysis)” มีตัวแบบดังนี้

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon \quad (\text{ไม่ได้นำเสนอเนื้อหาส่วนนี้})$$

ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะข้อ 1) คือ ใช้ตัวแปร X เพียงตัวเดียวในการประมาณ Y ที่อยู่ในรูปแบบสมการเชิงเส้น

7.4 ความสัมพันธ์ของสหสัมพันธ์และการถดถอย

ถ้าตัวแปรคู่ใดคู่หนึ่งสัมพันธ์กัน (ในเชิงเส้นตรง) สิ่งหนึ่งที่จะบอกได้ก็คือ ตัวแปรคู่นี้มีการแปรค่ารวมกัน แต่จะแปรร่วมกันมากหรือน้อยแค่ไหน ก็จะขึ้นอยู่กับค่าของค่าสหสัมพันธ์หรือระดับของความสัมพันธ์ของตัวแปรคู่นี้ ทั้งนี้เพราะขนาดของการแปรค่ารวมกัน (มักจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์) สามารถคำนวณจากการยกกำลังสองของค่าดัชนีวัดความสัมพันธ์ที่คำนวณได้ (โดยเฉพาะดัชนีวัดเพียร์สัน) แล้วคูณด้วย 100 เพื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการแปรค่ารวมกัน เช่น ถ้าเราวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างการศึกษากับฐานะทางเศรษฐกิจเพื่อจะดูว่าคนที่มีการศึกษามีแนวโน้มที่จะมีเศรษฐกิจดีหรือไม่หรือไม่เกี่ยวข้องกัน แบบนี้ถ้าใช้หลักในการเลือกดัชนีที่จะนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็คงจะคำนวณโดยหาค่า r แบบเพียร์สัน (เพราะตัวแปรทั้งสองตัวที่จะหาค่าความสัมพันธ์เป็นตัวแปรต่อเนื่อง) สมมุติว่าได้ค่า r เท่า 0.80 ก็จะแสดงว่าตัวแปรระดับการศึกษากับตัวแปรฐานะทางเศรษฐกิจ จะแปรค่ารวมกันอยู่ 64% (0.80 ยกกำลังสองได้ค่า r^2 เท่ากับ 64 แล้วคูณด้วย 100 เพื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์) ค่ากำลังสองของค่า r หรือ r^2 นี้จะแสดงถึงสัดส่วนของการที่ตัวแปรคู่นี้จะสามารถอธิบายซึ่งกันและกันได้ หรือสัดส่วนของการที่ความรู้จากตัวแปรตัวหนึ่งจะสามารถนำไปทำนายตัวแปรอีกตัวหนึ่งได้ จึงเรียกค่านี้ว่า “สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ” (coefficient of determination) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 (ค่านี้จะไม่ขึ้นกับทิศทางของความสัมพันธ์ คือแม้ว่าความสัมพันธ์จะเป็นลบ ค่า r^2 ก็ยังคงเดิม) ถ้าค่า r^2 เท่ากับ 0 ก็แปลว่าตัวแปรนี้เป็นตัวแปรอิสระต่อกัน คือไม่แปรค่ารวมกันเลย แต่ถ้าเท่ากับ 1 ก็คือแปรค่ารวมกัน 100%

จากลักษณะของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและการแปรค่าร่วมกันของตัวแปร นักสถิติได้พัฒนาสมการถดถอยเชิงเส้นตรงขึ้นมาโดยใช้หลักการที่ทำกรทำนายมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งในกรณีที่มิตัวทำนายเพียงตัวเดียวจะสร้างสมการขึ้นตามหลักการ เรียกว่า สมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression equation) ตัวแปรที่ใช้ในการทำนายเราจะเรียกว่าตัวแปรทำนาย หรือตัวทำนายและตัวแปรที่ถูกทำนายเรียกว่าตัวแปรเกณฑ์ จากที่กล่าวแล้วข้างต้น ถ้าตัวทำนายมีตัวเดียว สมการที่ใช้ในการทำนายก็จะเรียกว่าเป็นสมการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียนสมการแบบนี้ คือ $Y = a + bx$

สมการถดถอยเชิงเส้นตรงสำหรับในกรณีที่ตัวทำนายมีตัวเดียวโดยที่ Y ก็คือตัวแปรเกณฑ์ หรือตัวแปรตามที่เราจะทำนายค่าจากการที่รู้ค่า X ดังนั้น X ก็คือตัวทำนายหรือตัวแปรอิสระ ส่วน a เป็นค่าคงที่ และ b เป็นค่าความชัน (slope) ของเส้นตรงหรือค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร X ซึ่งถือว่าเป็นตัวที่สำคัญที่จะแสดงถึงอิทธิพลของการแปรค่าของ X ที่จะไปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของ Y เพราะถ้าดูจากสมการจะเห็นว่า ถ้า X เปลี่ยนไป 1 หน่วย Y ก็จะเปลี่ยนไป b หน่วย นั่นคือถ้า b มีค่ามาก การเปลี่ยนค่าของ X ก็จะกระทบกระเทือนค่าของ Y ได้มาก เราสามารถพิจารณาผลกระทบของ X ที่มีต่อ Y ได้โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ของ X โดยเฉพาะในกรณีที่ X มีหลาย ๆ ตัว ซึ่งจะได้กล่าวถึงในที่นี้ ค่า Y ที่ทำนายได้จากสมการจะต่างไปจากค่า Y จริงแค่ไหน จะขึ้นอยู่กับว่า X และ Y สัมพันธ์กันมากน้อยแค่ไหน หรือแปรค่าร่วมกันมากน้อยแค่ไหน คือถ้าสัมพันธ์กันสูงการทำนายก็ย่อมจะทำได้ดีค่า $\hat{Y}$ ที่ทำนายได้ก็จะใกล้เคียงกับค่า Y จริง ความคลาดเคลื่อนในการทำนายก็จะน้อย

ในการวิจัยเพื่อการทำนายค่าของตัวแปรเกณฑ์ตัวใดตัวหนึ่งจากการรู้ค่าของตัวแปรที่ใช้ในการทำนายนี้ ถ้าตัวทำนายมีจำนวนมากขึ้น การทำนายก็จะทำได้ดีขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทำนายเราจึงมักจะไม่ค่อยได้เห็นที่ใช้ตัวทำนายเพียงตัวเดียว เพราะส่วนใหญ่สมการที่มีตัวทำนายเพียงตัวเดียวมักจะนำมาพูดถึงในการเรียนเกี่ยวกับ concept ของการทำนายมากกว่า นอกเสียจากว่าในงานวิจัยนั้นมีตัวทำนายที่ใช้ในการทำนายเกณฑ์ได้เพียงตัวเดียวจริง ๆ ซึ่งในความเป็นจริงมักจะไม่ค่อยเป็นเช่นนั้น ส่วนใหญ่มักจะทำนาย Y โดยใช้ X ช่วยกันหลาย ๆ ตัว ซึ่งสมการที่ใช้ในการทำนายในแบบนี้เรียกว่าสมการถดถอยพหุ (multiple regression) ซึ่งลักษณะของสมการจะคล้ายกับสมการถดถอยอย่างง่าย เพียงแต่ว่า ตัวทำนาย X จะมีมากขึ้น เพื่อช่วยให้การทำนายได้ดีขึ้น ทั้งนี้ผู้อ่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราการใช้สถิติขั้นสูง

7.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย

7.5.1 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ถดถอย

- 1) ความผิดพลาด (Error term) ต้องเป็นตัวแปรสุ่ม และมีการแจกแจงแบบโค้งปกติ
- 2) ความแปรปรวนของตัวแปรตาม (Y) ในทุกค่าของตัวแปรอิสระ (X) จะต้องเท่ากัน
- 3) ความผิดพลาดของตัวแปรตาม (Y) แต่ละค่าเป็นอิสระกัน

7.5.2 ตัวแบบ (Model) การหาค่าตัวแปรตาม Y โดยอาศัยตัวแปรอิสระ X

สมการถดถอย (Regression Equation) เป็นสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ หรืออิทธิพลของตัวแปรอิสระ (X) ที่มีต่อตัวแปรตาม (Y) ใช้สำหรับประมาณค่าหรือทำนายตัวแปรตามเมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ เมื่อตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กับตัวแปร X แสดงว่าตัวแปร Y จะแปรผันไปตามตัวแปร X ซึ่งเขียนเป็นสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$Y = a + bX \quad \dots\dots\dots (7.7)$$

เมื่อ a = ค่าคงที่ ซึ่งเป็นจุดตัด (Intercept) ของเส้นการถดถอย

b = ความชัน (Slope) ของเส้นการถดถอย หรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (Coefficient of Regression)

ทั้งนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอาจจะเป็นแบบที่แน่นอน ((Deterministic) หรือแบบสุ่ม (Stochastic or Random) ก็ได้ ดังนี้

1) ในการหาค่าของตัวแปรตาม Y โดยอาศัยตัวแปรอิสระ X เมื่ออาศัยความสัมพันธ์ หรือตัวแบบ (Model) ของตัวแปรทั้งสอง ถ้าความสัมพันธ์มาจากตัวแบบที่แน่นอน จะเรียกตัวแบบดังกล่าวว่า ตัวแบบเชิงกำหนด (Deterministic Model) ตัวอย่างของตัวแบบเชิงกำหนด เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ใช้โทรศัพท์บ้านกับค่าโทรศัพท์ที่ต้องจ่ายต่อเดือน มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$Y = 100 + 3X$$

เมื่อ x = จำนวนครั้งที่ใช้โทรศัพท์บ้านต่อเดือน

Y = ค่าโทรศัพท์บ้านต่อเดือน

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว เมื่อทราบจำนวนครั้งของการใช้โทรศัพท์ ก็สามารถทำนายหรือพยากรณ์ค่าโทรศัพท์บ้านได้อย่างไม่คลาดเคลื่อน คือ เมื่อกำหนดค่า X มา 1 ค่า ก็สามารถหาค่า Y ได้ 1 ค่า เท่านั้น ความสัมพันธ์ชนิดนี้จะเรียกว่า “ฟังก์ชัน” เช่น เดือนใดที่ใช้โทรศัพท์ 40 ครั้ง เดือนนั้นก็ต้องมีค่าใช้จ่ายโทรศัพท์บ้านเป็น $Y = 100 + 40(3) = 220$ บาทต่อเดือน เป็นต้น

2) จากหัวข้อที่ 1) เรามีตัวแบบในการหาค่าตัวแปรตามโดยอาศัยตัวแปรอิสระ ในรูปแบบที่แน่นอน ที่เรียกว่า ตัวแบบเชิงกำหนด (Deterministic Model) แต่ยังมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่โดยทั่วไปจะมีความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นตัวแบบอีกชนิดหนึ่งที่แม้ว่าจะทราบค่าของตัวแปรอิสระก็ไม่สามารถทำนายค่าของตัวแปรตามได้แน่นอน เพราะตัวแปรตามมีลักษณะเป็นตัวแปรสุ่ม เรียกตัวแบบนี้ว่า ตัวแบบความน่าจะเป็น (Probabilistic Model หรือ Stochastic Model) เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับความดันโลหิตของคน จะมีความแตกต่างกันตามบุคคลไม่มีอัตราความสัมพันธ์ที่แน่นอนที่เหมือนกันทุกคน จึงเป็นความสัมพันธ์แบบสุ่ม การถดถอยเชิงเส้นก็อยู่ในรูปแบบนี้ โดยจะมีความผิดพลาดบางส่วนที่ต้องอธิบายหรือทำนาย ตัวแบบทั่วไปของสมการเชิงเส้นอย่างง่าย คือ

สมการในรูปของประชากร $Y = \alpha + \beta X + \varepsilon$ (7.8)

ค่า α และ β เป็นค่าพารามิเตอร์ ซึ่งโอกาสที่จะทราบได้เกือบไม่มี แต่สามารถประมาณได้จากข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง จะได้สมการดังนี้

สมการในรูปของตัวอย่าง $Y = a + bx + e$ (7.9)

เมื่อ a และ b แทน α และ β และ e เป็นค่าความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาด (Error) ซึ่งมีลักษณะเป็นการสุ่ม ฉะนั้นผลรวมของ e จึงเท่ากับ 0 ($\sum e = 0$) สมการที่ใช้ประมาณค่าตัวแปรตาม Y จะเป็น

สมการทำนาย $\hat{Y} = a + bX$ (7.10)

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่ม

X = ตัวแปรอิสระ เป็นตัวแปรที่สามารถวัดและสังเกตได้

α = ค่าคงที่ของตัวแบบ และ a เป็นตัวประมาณค่า (estimator) ของ α

ε = ค่าคลาดเคลื่อนของประชากร

e = ค่าคลาดเคลื่อนของตัวอย่าง

$\hat{Y}$ = ตัวประมาณค่าของ Y

β = สัมประสิทธิ์การถดถอย และ b เป็นตัวประมาณค่าของ β

คือความชันของเส้นตรง เป็นค่าที่แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ X เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

- ถ้า $\beta > 0$ หมายถึง X และ Y มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน
- ถ้า $\beta < 0$ หมายถึง X และ Y มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม
- ถ้า $\beta = 0$ หมายถึง X และ Y ไม่มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นตรง

ระดับการวัดของตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์การถดถอยนั้น ตัวแปรตาม Y ต้องมีระดับการวัดค่าไม่ต่ำกว่ามาตราอันตรภาค (Interval Scale) หรืออยู่ในมาตราอัตราส่วน (Ratio scale) เช่น คะแนน อายุ รายได้ เป็นต้น และตัวแปรอิสระ X ต้องมีระดับการวัดไม่ต่ำกว่ามาตราอันตรภาค และมีข้อสมมติเมื่อต้องนำสมการทำนายไปใช้ และจะเกิดความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ว่ามีความสอดคล้องกับข้อสมมติ (Assumption) ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเพียงใด ข้อสมมติดังกล่าวมีดังนี้

- ตัวแปรอิสระ X ไม่มีความสัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อน ε
- ค่าคลาดเคลื่อน ε มีการแจกแจงปกติ
- ค่าคลาดเคลื่อน ε มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (0)
- ค่าคลาดเคลื่อน $\varepsilon_i \varepsilon_j$ ไม่มีความสัมพันธ์กัน
- ค่าคลาดเคลื่อน ε มีความแปรปรวนคงตัว
- X และ Y มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

ความแม่นยำในการทำนายหรือพยากรณ์ขึ้นอยู่กับตัวประมาณค่า a และ b ถ้า a และ b เป็นตัวประมาณค่าที่ดีของ α และ β แล้ว ผลการทำนายก็มีความแม่นยำ ในทางทฤษฎีถ้าข้อสมมติเป็นจริงและใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดในการคำนวณ a และ b แล้ว a และ b จะเป็นตัวประมาณค่าเชิงเส้นแบบไม่เอนเอียงที่ดีที่สุด (best linear unbiased estimator) ของ α และ β ตามลำดับ คำว่า “ไม่เอนเอียง” หมายถึง ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาดเท่ากันมาหลาย ๆ ครั้งจากประชากรเดียวกันแล้ว ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวอย่างจะเท่ากับค่าเฉลี่ยของประชากร นั่นคือ $E(b) = \beta$ เมื่อ $E(b)$ คือค่าเฉลี่ยหรือค่าคาดหวังของ b คำว่า “ดีที่สุด” หมายถึงความแปรปรวนของตัวประมาณค่าที่คำนวณได้จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีค่าต่ำกว่าตัวประมาณค่าเชิงเส้นแบบไม่เอนเอียงที่คำนวณด้วยวิธีอื่น ๆ

7.5.3 การหาจุดตัด (a) และความชัน (b) ด้วยหลักกำลังสองน้อยที่สุด

ค่าของ a และ b หาได้โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares Method: OLS) ซึ่งจะได้ค่า a ที่เหมาะสมกับเส้นการถดถอยที่สุด ความแม่นยำในการทำนายผล เมื่อพิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อน E หากค่าคลาดเคลื่อนยังมีค่าน้อยความแม่นยำยิ่งมีค่าสูง ค่าคลาดเคลื่อนคือผลต่างระหว่างค่าที่สังเกตได้กับค่าทำนาย คือ $E = \text{ค่าสังเกต} - \text{ค่าทำนาย} = Y - \hat{Y}$ ค่าคลาดเคลื่อนเป็นได้ทั้งบวก (ค่าสังเกต > ค่าทำนาย) และลบ (ค่าสังเกต < ค่าทำนาย) เมื่อนำมายกกำลังสองและรวมกันจะเรียกว่า ผลรวมค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง หรือ SSE (Sum Square error) ซึ่งเขียนได้ว่า $SSE = \sum(Y - \hat{Y})^2$ เราสามารถทำให้ SSE มีค่าน้อยที่สุด กล่าวคือ หาค่าอนุพันธ์ (เทคนิคของแคลคูลัส) ของ SSE เทียบกับ a และ b แล้วให้ค่าเท่ากับศูนย์ จะได้สมการปกติ ซึ่งใช้ในการคำนวณค่า a และ b จากหลักการนี้ การหาค่า a และ b จึงต้องใช้การหาค่าผลรวมของผลต่างกำลังสอง (SS) ของตัวแปร X และตัวแปร Y และผลรวมของผลคูณ (SP) ของตัวแปร X กับตัวแปร Y

1) หาค่า b จากสูตร

$$b = \frac{SP}{SSX} \dots\dots\dots (7.11)$$

$$\text{หรือ } b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (7.12)$$

2) หาค่า a จากสูตร

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \dots\dots\dots (7.13)$$

หลักกำลังสองน้อยที่สุดเป็นหลักในการกระชับเส้นตรงหรือสร้างเส้นตรงให้เหมาะสมกับข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องมีข้อสมมติเกี่ยวกับความเป็นปกติของข้อมูล แต่การตรวจสอบเกี่ยวกับค่าคลาดเคลื่อนตัวอย่างจะต้องสุ่มมาจากการที่มีการแจกแจงปกติ

3) ความชัน (Slope) และค่าคงที่ (Constant)

ความหมายของ b ซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์การถดถอย คือความชันของเส้นตรง $\hat{Y} = a + bX$ ความชันของเส้นตรงแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ยของ Y เมื่อ X เพิ่มขึ้น 1 หน่วย ซึ่ง b เป็นได้ทั้งบวก (+) และลบ (-) โดยค่าบวกแสดงการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้น และค่าลบแสดงการเปลี่ยนแปลงในทางลดลง (หรือสวนทางกันกับการเพิ่มขึ้นของ X)

ความหมายของ a ซึ่งเป็นค่าคงที่ของสมการ $\hat{Y} = a + bX$ คือจุดตัดแกน Y หรือกล่าวได้ว่า a เป็นค่าเฉลี่ยของ Y เมื่อ $X = 0$

7.5.4 ตัวอย่างการคำนวณการถดถอยอย่างง่าย

ตัวอย่างที่ 7.3 สุ่มตัวอย่างครัวเรือนในชนบทแห่งหนึ่งมา 10 ครัวเรือน แล้วบันทึกค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอาหารของครัวเรือน (Y) ต่อเดือน กับ รายได้ของครัวเรือน (X) ต่อเดือน ได้ข้อมูลดังในตาราง

ครัวเรือนที่	X (รายได้: 100 บาท)	Y (ค่าใช้จ่ายอาหาร: 100 บาท)
1	80	22
2	100	23
3	70	18
4	20	9
5	40	14
6	60	20
7	70	21
8	60	18
9	40	16
10	60	19

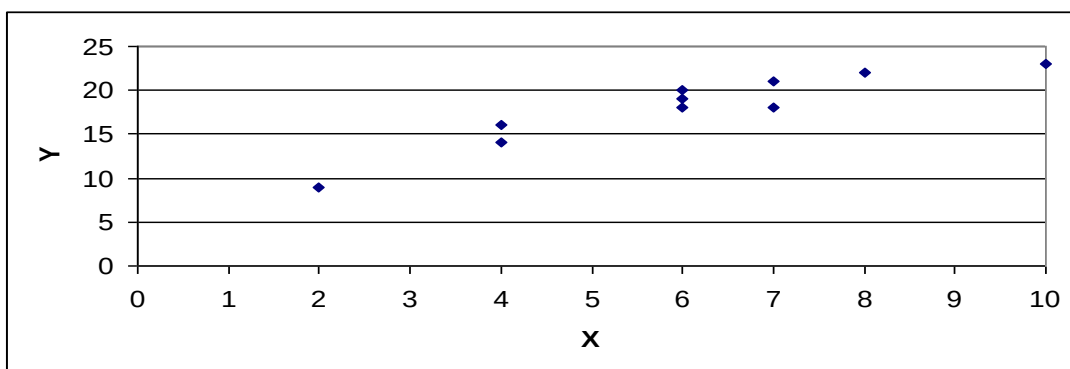
ก. จงเขียนแผนภาพการกระจาย

ข. อยากทราบว่าค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือน มีความสัมพันธ์กันในทิศทางใด และสร้างสมการทำนายหรือพยากรณ์ค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน (กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$)

วิธีทำ

ก. แผนภาพการกระจาย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y ดังนี้

พิจารณาลักษณะการกระจายของข้อมูลเรียงกันอยู่ในแนวเส้นตรง แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ของครัวเรือน (X) และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอาหารของครัวเรือน (Y) น่าจะอยู่ในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังในรูป



ข. สมการถดถอยของ Y เมื่อกำหนด X

ที่	X (100 บาท)	Y (100 บาท)	X ²	Y ²	XY
1	80	22	6400	484	1760
2	100	23	10,000	529	2,300
3	70	18	4,900	324	1,260
4	20	9	400	81	180
5	40	14	1,600	196	560
6	60	20	3,600	400	1,200
7	70	21	4,900	441	1,470
8	60	18	3,600	324	1,080
9	40	16	1,600	256	640
10	60	19	3,600	361	1,140
รวม	600	180	40,600	3,396	11,590
	$\bar{X} = 60$	$\bar{Y} = 18$			

ข. อยากทราบว่าค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือน มีความสัมพันธ์กันในทิศทางใด และสร้างสมการทำนายหรือพยากรณ์ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอาหารของครัวเรือน

วิธีทำ

1) หาค่าสหสัมพันธ์ ของความสัมพันธ์ค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือน

ใช้สูตรที่ (7.2 – 7.5) ในการคำนวณ

$$r_{xy} = \frac{SP}{\sqrt{(SSX)(SSY)}}$$

1.1) หาค่า SP, SSX และ SSY

1.1.1) หาค่า SSX แทนค่าในสูตรที่ (7.4)

$$SSX = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$SSX = 40,600 - 36,000$$

$$SSX = 4,600$$

1.1.2) หาค่า SSY แทนค่าในสูตรที่ (7.5)

$$SSY = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

$$\text{แทนค่า } SSY = 3,396 - 3,240$$

$$SSY = 156$$

1.1.3) หาค่า SP แทนค่าในสูตรที่ (7.3)

$$SP = \sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}$$

$$\text{แทนค่า } SP = 11,590 - 10,800$$

$$SP = 790$$

1.2) หาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยแทนค่าในสูตรที่ (7.2)

$$r_{xy} = \frac{SP}{\sqrt{(SSX)(SSY)}}$$

$$\text{จะได้ } r_{xy} = \frac{790}{\sqrt{(4,600)(156)}}$$

$$r_{xy} = 0.9326$$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9326 ดังนั้น ค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือนมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นสูงมาก

2) ทดสอบนัยสำคัญของ r_{xy} จะทดสอบว่าค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือนมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือไม่

2.1) ตั้งสมมติฐาน

H_0 : การทดสอบสมมติฐานค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือนไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : การทดสอบสมมติฐานค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือนมีความสัมพันธ์กัน

หรือ $H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

2.2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

2.3) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ได้ค่า r หรือ $r_{xy} = 0.9326$ และ $n = 10$ แทนค่าในสูตรที่ (7.6)

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$$\text{แทนค่าในสูตร } t = 0.9326 \sqrt{\frac{8}{1-0.9326^2}} = 0.9326 (7.835) = 7.3074$$

2.4) หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 หรือค่าวิกฤต จากที่กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
 $df = 10 - 2 = 8$ เป็นการทดสอบแบบ 2 ทาง ($\alpha/2 = 0.05/2 = 0.025$ จะเปิดตาราง the t Distribution
 ที่ $t_{.975}$ และ $df = 8$) ได้ค่า $t_{\text{ตาราง}} = 2.306$

2.5) การตัดสินใจ ถ้าค่า $t_{\text{คำนวณ}} \leq -t_{\text{ตาราง}}$ หรือ $t_{\text{คำนวณ}} \geq t_{\text{ตาราง}}$ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งจาก
 การคำนวณได้ค่า $t_{\text{คำนวณ}} = 7.307 > t_{\text{ตาราง}} = 2.306$ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

2.6) สรุป ค่าใช้จ่ายด้านอาหารและรายได้ของครัวเรือนมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นจริง

3) การหาสมการถดถอย เพื่อทำนายค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน ซึ่งต้องหาจุดตัด a และค่า
 ความชัน b ของเส้นการถดถอยแล้วไปแทนค่าในสมการถดถอย

3.1) หาความชันของเส้นการถดถอยด้วยสูตรที่ (7.11)

$$b = \frac{SP}{SSX}$$

$$\text{จะได้ } b = \frac{790}{4,600} = 0.1717$$

3.2) หาจุดตัด a ด้วยสูตรที่ (7.13)

$$\begin{aligned} a &= \bar{Y} - b\bar{X} \\ &= 18 - 0.1717(60) \\ &= 7.698 \text{ (100 บาท) จะได้} \\ a &= 769.8 \end{aligned}$$

สมการถดถอยของ Y เมื่อกำหนด X คือ

$$\hat{Y} = a + bX$$

$$\text{จะได้สมการทำนาย } \hat{Y} = 769.8 + 0.1717X$$

$a = 769.8$ หมายถึง ถ้าครัวเรือนไม่มีรายได้เลย จะมีค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน
 769.80 บาท

$b = 0.1717$ หมายถึง ถ้าครัวเรือนมีรายได้เพิ่มขึ้น 1,000 บาท จะทำให้ค่าใช้จ่ายด้าน
 อาหารของครัวเรือนเพิ่มขึ้น 171.70 บาท เช่นเดียวกัน

$$\text{จากสมการถดถอย } \hat{Y} = 769.8 + 0.1717X$$

ถ้ากำหนดค่า X จะสามารถประมาณค่า Y ได้ เช่น ถ้าครัวเรือนหนึ่งมีรายได้ $X = 50,000$ บาท จะประมาณได้ว่า ครัวเรือนนี้จะใช้จ่ายด้านอาหารเป็นจำนวนเงิน 9,354.8 บาท

$$\begin{aligned}\hat{Y} &= 769.8 + 0.1717(50,000) \\ &= 769.8 + 8,585 = 9,354.8 \text{ บาท}\end{aligned}$$

4) การแปลผลความหมายของค่า a และ b

4.1) ค่า a เป็นค่าคงที่ของเส้นการถดถอย สามารถให้ค่าได้ทั้งบวก (+) ลบ (-) และเป็นศูนย์ (0)

4.2) ถ้า a เป็นบวก (+) เส้นการถดถอยจะตัดแกน Y เหนือจุดเริ่มต้น แสดงว่าถ้า $X = 0$ ค่า Y จะต้องเป็นบวก (+)

4.3) ถ้า a เป็นลบ (-) เส้นการถดถอยจะตัดแกน Y ได้จุดเริ่มต้น แสดงว่า ถ้า $X = 0$ ค่า Y จะต้องเป็นลบ (-)

4.4) ถ้า a เป็นศูนย์ (0) เส้นการถดถอยจะผ่านจุดเริ่มต้นพอดี แสดงว่า ถ้า $X = 0$ ค่า $Y = 0$ ด้วย

4.5) ค่า b เป็นความชันของเส้นถดถอย ให้ค่าได้ทั้งบวก (+) และ ลบ (-) เครื่องหมายจะบอกให้ทราบว่าตัวแปร X กับ Y มีความสัมพันธ์กันแบบใด หาก b ให้ค่าบวก แสดงว่าตัวแปร X กับ Y มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้า b เป็นลบ ตัวแปร X กับ Y จะมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้าม

4.6) ปริมาณของค่า b แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร Y ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร X เช่น จากสมการ $\hat{Y} = 769.8 + 0.1717X$ ถ้า X เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย Y จะเปลี่ยนแปลงไป 0.1717 หน่วย

5) การทดสอบนัยสำคัญ และช่วงความเชื่อมั่น

จุดประสงค์ในการวิจัยเชิงพยากรณ์หรือเชิงทำนาย โดยอาศัยการวิเคราะห์เชิงเส้น คือ ต้องการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของตัวแปรตาม Y เมื่อ X เพิ่มขึ้น 1 หน่วย กล่าวคือ ต้องการศึกษาค่าการมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การถดถอย (b) ถ้า b ไม่มีนัยสำคัญแล้ว แสดงว่า X กับ Y ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (r หรือ r_{xy} ก็ไม่มีนัยสำคัญเชิงเส้นเช่นเดียวกัน) จึงไม่มีประโยชน์ที่จะใช้ตัวแปรอิสระ X ไปทำนายตัวแปรตาม (เพราะสามารถใช้ $\hat{Y} = \bar{Y} = a$ เป็นค่าทำนายได้) แต่ถ้า b มีนัยสำคัญแล้ว สามารถนำตัวแปร X ไปทำนายตัวแปรตาม Y ได้ และในกรณีนี้อาจให้ความสนใจกับการศึกษาช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ของ b โดยการทดสอบนัยสำคัญของ b และการคำนวณช่วงความเชื่อมั่นของ b มีรายละเอียดดังนี้

5.1) การทดสอบนัยสำคัญของค่า b ค่า a และค่า b เป็นค่าของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง จึงต้องมีการทดสอบนัยสำคัญก่อนนำไปใช้ เพื่อให้ทราบว่าเป็นเส้นการถดถอยจริง สำหรับค่า a ไม่มีความจำเป็นต้องทดสอบเพราะในโลกความเป็นจริงเราไม่จำเป็นต้องทดสอบว่า ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นด้านอาหารในครอบครัวเท่ากับศูนย์หรือไม่ เพราะเราทราบว่าอย่างไรก็ตามค่าใช้จ่ายด้านอาหารก็ต้องมีไม่มากก็น้อย เว้นแต่ต้องการทราบว่าค่า a จากกลุ่มตัวอย่างนั้นเท่ากับค่า a ตามทฤษฎีหรือตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ ส่วนค่า b จำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ต้องทดสอบว่า เส้นการถดถอยระหว่างตัวแปร Y กับตัวแปร X

มีจริงหรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานหลัก H_0 ว่า $H_0: \beta = 0$ หากไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ค่า b จะเท่ากับ 0 แสดงว่าการกระจายของค่า Y ไม่ขึ้นอยู่กับค่า X แต่ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ค่า b จะไม่เท่ากับ 0 แสดงว่าการกระจายของค่า Y ขึ้นอยู่กับค่า X จริง ซึ่งเป็นที่ต้องการของการวิเคราะห์การถดถอย

การทดสอบนัยสำคัญของค่า b จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) หรือใช้ t-test ก็ได้ จะให้คำตอบที่เหมือนกัน (ในที่นี้จะใช้การทดสอบ t-test เท่านั้น)

ทดสอบด้วย t-test ใช้สูตร

$$t = \frac{b}{SER} \dots\dots\dots (7.14)$$

เมื่อ $df = n - 2$ และ n เท่ากับขนาดกลุ่มตัวอย่าง

SER = ผลรวมของผลต่างกำลังสองคลาดเคลื่อนของเส้นการถดถอย (Sum of Square Error of Regression) หาได้จาก

$$SER = \frac{SEE}{\sqrt{SSX}} \dots\dots\dots (7.15)$$

SEE = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimate) ได้จาก

$$SEE = \sqrt{\frac{SSE}{n-2}} \dots\dots\dots (7.16)$$

SSE = ผลรวมของผลต่างกำลังสองการประมาณค่า (Sum of Square of Estimate)

$$SSE = SSY - \frac{(sp)^2}{SSX} \dots\dots\dots (7.17)$$

การทดสอบนัยสำคัญของ b มีดังนี้

- 1) ตั้งสมมติฐาน $H_0: \beta = 0$
 $H_1: \beta \neq 0$

- 2) กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

- 3) การคำนวณ

- 3.1) หาค่า SSE แทนค่าในสูตรที่ (7.17)

$$\begin{aligned} SSE &= 156 - \frac{(790)^2}{4,600} \\ &= 20.326 \end{aligned}$$

3.2) หาค่า SEE แทนค่าในสูตรที่ (7.16)

$$SEE = \sqrt{\frac{20.326}{8}} = 1.594$$

3.3) หาค่า SER แทนค่าในสูตรที่ (7.15)

$$SER = \frac{1.594}{\sqrt{4,600}} = 0.0235$$

3.4) หาค่า t ด้วยการแทนค่าในสูตร (7.14)

$$t = \frac{b}{SER}$$

$$\text{จะได้ } t = \frac{0.1717}{0.0235} = 7.306$$

4) หาขอบเขตปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 หรือค่าวิกฤต จากที่กำหนดระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ $df = 10 - 2 = 8$ เป็นการทดสอบแบบ 2 ทาง ($\alpha/2 = 0.05/2 = 0.025$ จะเปิดตาราง the t Distribution ที่ $t_{0.025}$ และ $df = 8$) ได้ค่า $t_{ตาราง} = 2.306$

5) การตัดสินใจ ถ้าค่า $t_{คำนวณ} \leq t_{ตาราง}$ หรือ $t_{คำนวณ} \geq t_{ตาราง}$ จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งจากการคำนวณได้ค่า $t_{คำนวณ} = 7.306 > t_{ตาราง} = 2.306$ ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

6) สรุป ค่า $\beta \neq 0$ แสดงว่าการกระจายของค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนขึ้นอยู่กับรายได้ของครัวเรือนจริง

5.2) ช่วงความเชื่อมั่นของการทำนาย

หลังจากมีการปฏิเสธสมมติฐานหลัก $H_0: \beta = 0$ แล้วจะสรุปว่า ตัวแปรอิสระ X มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y ตามระดับนัยสำคัญที่กำหนด หมายความว่าสามารถทำนายค่า Y โดยอาศัยค่า X ได้ เราอาจจะใช้วิธีการประมาณค่าแบบจุดหรือแบบช่วงก็ได้ การประมาณค่าแบบจุดให้นำค่าตัวแปรอิสระที่ต้องการนำไปทำนายซึ่งเรียกว่า ตัวทำนาย เช่น X_p ไปแทนค่าในสมการทำนาย $\hat{Y}$ ก็จะได้ค่าการทำนาย $\hat{Y}_p$ ดังนี้ $\hat{Y}_p = a + bX_p$ การประมาณค่าแบบจุดหรือการทำนายเป็นค่าใดค่าหนึ่งนั้นมีโอกาสถูกต้องน้อย เพราะค่าที่เกิดขึ้นจริงเป็นได้หลายค่า ดังนั้นจึงนิยมทำนายเป็นช่วงโดยใช้สูตรช่วงความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ ของค่าทำนาย ($\hat{Y}_p$) จากตัวแปรอิสระ (X_p) การหาช่วงความเชื่อมั่นมีดังนี้

ช่วงความเชื่อมั่นของค่า β ค่า b ซึ่งเป็นความชันของเส้นการถดถอย เมื่อต้องการประมาณค่าของ β จากค่า b ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง หาได้จากสูตร

$$100(1-\alpha)\%CI \beta = b \pm t_{(1-\alpha/2)} SER \quad \dots\dots\dots (7.18)$$

ข้อมูลในตัวอย่างที่ 7.3 ค่า $b = 0.1717$ ค่า $SER = 0.0235$ ที่ $\alpha = 0.05$ $df = 8$ ค่า $t_{(1-\alpha/2)} = 2.306$

$$95\% \text{ CI } \beta = 0.1717 \pm 2.306(0.0235) \\ = 0.1717 \pm 0.0542$$

ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่า จะมีค่าระหว่าง 0.1175 – 0.2259

นั่นคือ $(0.1175 < \beta < 0.2259)$

จากตัวอย่างที่ 7.3 อาจกล่าวด้วยความเชื่อมั่น 95% ว่า อัตราการเพิ่มของค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนนั้น หากครัวเรือนมีรายได้เพิ่ม 1,000 บาท ค่าใช้จ่ายด้านอาหารจะเพิ่มขึ้นระหว่าง 117.50 บาทถึง 225.90 บาท

5.3) การทำนายค่า Y และค่าเฉลี่ย Y การวิเคราะห์ถดถอยต้องการประมาณค่าหรือทำนายค่าของตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระที่ทราบค่าแล้ว ฉะนั้น ในกรณีตัวอย่างที่ 7.3 เมื่อพบว่าค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนมีความสัมพันธ์กับรายได้ของครัวเรือน ดังนั้น หากทราบว่าครัวเรือนมีรายได้ 8,000 บาท ต่อเดือนแล้ว ครัวเรือนควรจะมีค่าใช้จ่ายด้านอาหารเป็นเท่าใด จากประเด็นนี้ โจทย์ต้องการทราบค่าช่วงความเชื่อมั่นของค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน หรือ ค่า Y หรือค่าเฉลี่ยค่าใช้จ่ายด้านอาหารที่ครัวเรือนจะใช้จ่าย

5.3.1) การหาช่วงความเชื่อมั่นของค่า Y ใช้สูตร

$$(1-\alpha)\% \text{ CI } Y = \hat{Y} \pm t_{(1-\alpha/2)} \text{ SEE } \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{SSx}} \quad \dots\dots\dots (7.19)$$

ข้อมูลจากโจทย์ตามตัวอย่างที่ 7.3 ซึ่งได้ค่าต่าง ๆ ตามสูตรแล้วดังนี้

$$X_p = 8,000 \quad SSx = 4,600 \quad \text{SEE} = 1.594 \quad n = 10 \quad \bar{x} = \frac{60,000}{10} = 6,000$$

กำหนด $\alpha = 0.05$ ค่า t ที่ $df = 8 = 2.306$ ส่วน $\hat{Y}$ หาจากสมการ

$$\hat{Y} = 769.8 + 0.1717X \text{ แทนค่า } X \text{ ด้วย } X_p = 8,000 \text{ จะได้ว่า}$$

$$\hat{Y} = 769.8 + 0.1717 (8,000) = 2,143.4$$

แทนค่าในสูตร (7.19) จะได้ช่วงความเชื่อมั่นของค่า Y ดังนี้

$$95\% \text{ CI } Y = 2,143.4 \pm 2.306 (1.594) \sqrt{1 + \frac{1}{10} + \frac{(8,000 - 6,000)^2}{4,600}}$$

$$\text{จะได้ } 95\% \text{ CI } Y = 2,143.4 \pm 3.676(29.507) \\ = 2,143.4 \pm 108.468$$

ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อ $X = 8,000$ ค่า Y จะมีค่าระหว่าง 2,034.932 – 2,251.868

จะแปลความได้ว่า ถ้าครัวเรือนใดมีรายได้ 8,000 บาท แล้ว ค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนนั้นควรอยู่ในช่วง 2,034.932 บาทถึง 2,251.868 บาท คำกล่าวนี้มีโอกาสถูกต้องร้อยละ 95

5.3.2) ช่วงความเชื่อมั่นของค่า $\bar{Y}$ หาได้ด้วยสูตร

$$(1-\alpha) \% \text{ CI } \bar{Y} = \hat{Y} \pm t(1-\alpha/2) \text{ SEE } \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_p - \bar{x})^2}{SSx}} \quad \dots\dots\dots (7.20)$$

แทนค่าในสูตร (7.20) จะได้ค่า $\bar{Y}$ ดังนี้

$$95\% \text{ CI } \bar{Y} = 2,143.4 \pm 2.306(1.594) \sqrt{\frac{1}{10} + \frac{(8,000-6,000)^2}{4,600}}$$

$$\begin{aligned} 95\% \text{ CI } \bar{Y} &= 2,143.4 \pm 3.676 (29.490) \\ &= 2,143.4 \pm 108.405 \end{aligned}$$

ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อ $X = 8,000$ ค่า $\bar{Y}$ จะมีค่าระหว่าง 2,034.995 – 2,251.805

จะแปลความได้ว่า หากครัวเรือนมีรายได้ 8,000 บาท จะมีค่าใช้จ่ายด้านอาหารโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2,034.995 บาทถึง 2,251.805 บาท ด้วยความน่าจะเป็น 0.95 เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนใดครัวเรือนหนึ่งกับค่าใช้จ่ายด้านอาหารโดยเฉลี่ยแล้วปรากฏช่วงความเชื่อมั่นมีค่าใกล้เคียงกัน

6) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of Determination: CD, R^2 , r^2_{xy}) อาจคำนวณจาก r^2 หรือ r^2_{xy} ก็ได้ จากตัวอย่างที่ 7.3 เราหาค่า r หรือ $r_{xy} = 0.9326$ ไว้แล้ว ดังนั้นจะหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R^2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} R^2 \text{ หรือ } r^2_{xy} &= (0.9326)^2 \\ &= 0.8697 \end{aligned}$$

ค่าสัมประสิทธิ์การทำนายได้ 0.8697 หรือร้อยละ 86.97 แสดงว่าค่าใช้จ่ายด้านอาหารจะมีความแปรปรวนหรือแปรผันไปตามความแปรปรวนของรายได้ครอบครัว ร้อยละ 86.97 ซึ่งจะแปลความหมายง่าย ๆ ว่า รายได้ของครัวเรือนใช้อธิบายค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนได้ร้อยละ 86.97

7) การเสนอและสรุปผล ผลการวิเคราะห์จะเสนอและแปลผลดังนี้

ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ถดถอยรายได้ครัวเรือนกับค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน

	$\bar{x}$	S.D.	r_{xy}	$r^2 \times 100$	b	95%CI
รายได้ครัวเรือน	6,000	2,260.78	0.9326*	86.97	0.1717	0.1175 – 0.2259
ค่าใช้จ่ายด้านอาหาร	1,800	416.33				
ครัวเรือน						

*มีนัยสำคัญที่ 0.05 และ $a = 769.8$

จากตาราง สรุปและแปลผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

รายได้ของครัวเรือนและค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน มีความสัมพันธ์กันในทางบวก ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.9326 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยรายได้ของครัวเรือนสามารถอธิบายหรือทำนายค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือนได้ร้อยละ 86.97 และมีสมการทำนายค่าใช้จ่ายด้านอาหารของครัวเรือน คือ $\hat{Y} = 769.8 + 0.1717X$

7.6 ความแตกต่างระหว่างสหสัมพันธ์กับการถดถอย

สหสัมพันธ์และการถดถอยมีความเหมือนกันคือ ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ว่า ตัวแปรเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้ามีจะเป็นไปในทิศทางใดและขนาดใด ดังนั้น ถ้าวิเคราะห์สหสัมพันธ์แล้วพบว่าค่า $r = 0$ เมื่อวิเคราะห์การถดถอยก็จะได้ว่า $b = 0$ ด้วย

ส่วนที่ต่างกันของสหสัมพันธ์และการถดถอย คือ

- 1) สหสัมพันธ์ไม่ต้องคำนึงว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ขณะที่การถดถอยต้องกำหนดตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม นั่นคือ ต้องระบุว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรเหตุและตัวแปรใดเป็นผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอีกตัวหนึ่งได้ (เป็นเหตุและเป็นผลกัน)
- 2) สหสัมพันธ์เพียงแต่บอกว่าตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้ามีความสัมพันธ์กันจะไปในทิศทางใดและขนาดใด มากน้อยเพียงใด ในขณะที่การถดถอยนอกจากบอกความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปรแล้วยังบอกปริมาณและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ
- 3) สหสัมพันธ์จะคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้งสองตัวพร้อมกัน แต่การถดถอยจะพิจารณาว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระเท่านั้น
- 4) สหสัมพันธ์ใช้ประโยชน์ได้แคบกว่าการถดถอย เพราะสหสัมพันธ์บอกถึงความสัมพันธ์ ส่วนการถดถอยบอกถึงความสัมพันธ์แล้วยังสามารถพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามได้เมื่อกำหนดค่าของตัวแปรอิสระ

7.7 ข้อควรระวังในการใช้วิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย

- 1) จำนวนข้อมูลต้องมีมากพอ เพื่อให้การทำนายมีความถูกต้องมากขึ้น
- 2) ตัวแปรตามอาจได้รับอิทธิพลจากตัวแปรอิสระหลาย ๆ ตัว ดังนั้นการวิเคราะห์การถดถอยเส้นตรงก็ควรเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมที่จะมีอิทธิพลต่อตัวแปรได้มาก หรืออาจใช้วิธีการถดถอยแบบพหุคูณ
- 3) การถดถอยสามารถใช้ได้ดีกับข้อมูลเชิงปริมาณ
- 4) รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรในบางครั้งอาจไม่เป็นแบบเส้นตรงก็ได้ ดังนั้น การใช้การถดถอยเส้นตรงมาอธิบายจึงไม่เหมาะสม (แต่การที่ค่า r ต่ำ ก็อาจไม่ได้หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่มันอาจมีความสัมพันธ์กันในแบบที่เป็นเส้นโค้งก็ได้)
- 5) สมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งจะนำไปใช้ทำนายกับกลุ่มตัวอย่างอื่นไม่ได้ใช้ทำนายได้เฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเท่านั้น และต้องไม่เกินขอบเขตของค่าสังเกต (x) เนื่องจากจะทำให้สรุปผลผิดได้

6) สมการถดถอยสามารถทำนายค่าตัวแปรตาม (Y) เมื่อกำหนดตัวแปรอิสระ (x) แต่จะไม่สามารถทำนายค่าตัวแปรอิสระ (x) เมื่อกำหนดตัวแปรตาม (y)

7.8 การนำสหสัมพันธ์และการถดถอยมาใช้ในการทดลองทางพืช

โดยทั่วไปแล้วงานทดลองทางด้านพืชศาสตร์สามารถนำสหสัมพันธ์และการถดถอยมาใช้ได้โดยตรง เช่น การศึกษาว่าลักษณะต่าง ๆ ของพืชมีความสัมพันธ์กันอย่างไร (สหสัมพันธ์) และลักษณะใดมีผลต่อผลผลิตของพืช (การถดถอย) โดยในส่วนของ การถดถอย นั้น ในทางปฏิบัติมักใช้ Multiple Linear Regression ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระหลายตัว หรือหลาย ๆ ลักษณะ

สรุป

สหสัมพันธ์ (Correlation) และการวิเคราะห์การถดถอย (Regression) เป็นวิธีที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองวิธี แต่การวิเคราะห์การถดถอยนอกจากจะบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยบอกว่าเมื่อค่าตัวแปร X เปลี่ยนไป 1 หน่วย ค่าตัวแปร Y จะเปลี่ยนไปเท่าใด (พิจารณาจากสัมประสิทธิ์การถดถอย: ค่า b) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสามารถใช้สมการถดถอยทำนายค่าตัวแปรตาม (Y) เมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ (X) หากผู้วิเคราะห์ต้องการทำนายค่าตัวแปรใด จะต้องกำหนดให้ตัวแปรนั้นเป็นตัวแปรตาม (Y) และตัวแปรที่เหลือให้เป็นตัวแปรอิสระ ในส่วนของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์นั้นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r หรือ r_{xy}) ที่คำนวณได้บอกแต่เพียงว่าตัวแปรที่นำมาหาความสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดเป็นไปในทิศทางใดเท่านั้น ไม่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งเมื่อทราบค่าตัวแปรที่เหลือได้ แต่ความสัมพันธ์ที่หาได้นี้จะบอกถึงขนาดหรือระดับความสัมพันธ์ (Degree of Relationship) ระหว่างตัวแปรได้ดีกว่าความสัมพันธ์ที่วัดได้จากสัมประสิทธิ์การถดถอย เนื่องจากจะทราบค่าสูงสุด (1) และค่าต่ำสุด (0) ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r หรือ r_{xy}) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1) ทั้งนี้ ความเชื่อมโยงของสหสัมพันธ์และการถดถอย พิจารณาจากขั้นตอนดังนี้ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วสร้างกราฟกระจาย (Scatter Plot) เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ว่าเป็นเส้นตรงในทางบวกหรือเส้นตรงในทางลบหรือไม่ หรือไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นเส้นตรง ถ้าพบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ขั้นตอนต่อไปจึงหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: r หรือ r_{xy}) และทดสอบนัยสำคัญ ถ้าพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสร้างสมการถดถอย (Regression Equation) ที่เหมาะสมกับข้อมูลนั้น ถ้าหาก r_{xy} ไม่มีนัยสำคัญ (ตัวแปร 2 ตัว ไม่มีความสัมพันธ์กัน) สมการถดถอยก็ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการทำนายได้ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ถดถอย เพื่อศึกษาแนวโน้มและทำนายตัวแปรตามจากตัวแปรอิสระ ในการวิเคราะห์ต้องระบุว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระและตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ในการระบุต้องอาศัยแนวความคิด ทฤษฎี ผลงานการวิจัยในอดีตสนับสนุนอย่างชัดเจนว่าตัวแปรใดบ้างที่มีอิทธิพลหรือสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ในการวิเคราะห์ความถดถอยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น เรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ถ้ามีตัวแปรอิสระ 1 ตัว จะเรียกการถดถอย

เชิงเส้นเชิงเดียว ในที่นี้จะเรียกการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (มีตัวแปรอิสระ 1 ตัว) เนื้อหาในบทที่ 7 จะนำเสนอเพียงการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายเท่านั้น ข้อสมมติการวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายคือ (1) ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (2) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน = 0 (3) ความแปรปรวนของ e คือ σ^2 ต้องคงที่ทุกค่าของ X (4) ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระกัน ทั้งนี้ค่ากำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เรียกว่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจหรือเรียกสัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient of determination: CD, R^2) ใช้วัดอิทธิพลของตัวแปรตัวหนึ่งว่ามีผลต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งมากน้อยเพียงใด และแสดงถึงสัดส่วนความแปรปรวนที่ 2 ตัวแปรจะแปรผันร่วมกัน สัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ถ้าค่า $r^2 = 0$ ตัวแปรคู่นี้จะเป็นอิสระต่อกัน หาก $= 1$ ก็จะเป็นค่าร่วมกัน 100% ในการวิจัยเพื่อทำนายค่าของตัวแปรตามตัวใดตัวหนึ่งจากการรู้ค่าของตัวแปรอิสระที่ใช้ในการทำนาย ถ้าตัวทำนายมีจำนวนมากขึ้นการทำนายก็จะทำได้ดีขึ้น ส่วนใหญ่จะทำนาย Y โดยใช้ X หลาย ๆ ตัว ซึ่งสมการที่ใช้ในการทำนายแบบนี้เรียกว่า สมการถดถอยพหุ (multiple regression) ลักษณะของสมการจะคล้ายกับสมการถดถอยอย่างง่าย เพียงแต่ตัวทำนาย X จะมีมากขึ้นเพื่อช่วยให้การทำนายได้ดีขึ้น ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากตำราการใช้สถิติขั้นสูง

เอกสารอ้างอิง

- กัญญ์สิริ จันทร์เจริญ. (2554). บทที่ 5 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (*Identifying Population and sample*). การวิจัยทางการพยาบาล แนวคิด หลักการ และวิธีปฏิบัติ. สืบค้นเมื่อ 2567, มีนาคม 2, เข้าถึงได้จาก: https://www.ict.up.ac.th/surinthips/ResearchMethodology_2554/87.PDF
- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2551). *การใช้ SPSS for windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2549). *สถิติสำหรับงานวิจัย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณรงค์ โพธิ์พุกษานันท์ (2556). *ระเบียบวิธีวิจัย: หลักการและแนวคิด เทคนิค การเขียนรายงานการวิจัย*. กรุงเทพฯ: เอ็กซ์เปอร์เน็ท
- นงนพร ทับทิมทวีโชค. (2556). *ความรู้ความเข้าใจและความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวกลุ่มจังหวัดอีสานตอนใต้ที่มีต่อโครงการประกันรายได้เกษตรกร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ) คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2555). *สถิติขั้นสูง*. กรุงเทพฯ: โอเคพรีนติ้ง.
- นิยะดา จิตต์จรัส. (2555). *การศึกษาระดับปริญญาโทประสบการณ์ชีวิต (Experience of Spirituality in Teachers: A Phenomenological Study)*. วารสารพฤติกรรมศาสตร์ (Journal of Behavioral Science) : วารสารพฤติกรรมศาสตร์ ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม 2555
- บุญธรรม กิจปรีดาภิรัช. (2546). *สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.
- บุญใจ ศรีสถิตย่นารากร. (2550). *ระเบียบวิธีการวิจัย: แนวทางปฏิบัติสู่ความสำเร็จ*. กรุงเทพฯ: ยูเออนด์ไอ อินเตอร์มีเดีย
- บุญศรี พรหมมาพันธุ์. (ม.ป.ป.). *หน่วยที่ 3 การออกแบบการวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์: การออกแบบประชากร กลุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์ข้อมูล*. สืบค้นเมื่อ 2567, มีนาคม 2, เข้าถึงได้จาก: https://www.stou.ac.th/thai/schools/sca/ma_learning/.doc
- ปราโมทย์ พรสุริยา. (2557). *การวางแผนทดลองทางพืชศาสตร์*. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
- มนตรี สังข์ทอง. 2557. *หลักสถิติ*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2564). *Analysis and Planning of Completely Randomized Design: CRD*. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University*. 11 (May - August) 2021. Vol. 11, No. 2

- วงจันทร์ เพชรพิเชฐเชียร.(ม.ป.ป.). เอกสารประกอบการสอน การใช้สถิติเพื่อการวิจัย: บทนำ. สืบค้นเมื่อ 2567, มีนาคม 2, เข้าถึงได้จาก: http://hsmi2.psu.ac.th/edu/upload/forum/1-2_introduction_to_statistics.pdf
- วัฒนา สุนทรชัย. (2546). *เรียนสถิติด้วย SPSS ภาคสถิติเชิงพารามิเตอร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทจูนพับลิชชิงจำกัด
- ศิริชัย พงษ์วิชัย. (2550). *การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทสุพีเรียพรินติ้งเฮาส์.
- ศุภวัฒน์กร วงศ์ธนวิสุ และ พิรสิทธิ์ คำนวนศิลป์. (2550). *สถิติพื้นฐานสำหรับผู้บริหารท้องถิ่น*. กรุงเทพฯ: บริษัท เอ็กสเปอร์เน็ท จำกัด
- สรชัย พิศาลบุตร. (2546). *วิธีวิจัยเชิงปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: บริษัทจูนพับลิชชิง จำกัด
- สิน พันธุ์พินิจ. (2551). *เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด
- _____. (2558). *การสุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัย*. สืบค้นเมื่อ 2567, มีนาคม 3, เข้าถึงได้จาก: <https://plan.eng.cmu.ac.th/wp-content/uploads/2015/07/sampling.pdf>
- Bruning, James L. Kintz, B.L. (1997) *Computational Handbook of Statistics*. 4th ed. Addison-Wesley Education Publishers Inc., One Jacob way, New York, NY 01867
- Borg, Walter R. and Gall, Meredith D. (1989). *Education Research*. 5th ed. New York: Longman.
- Daniel, W.W. (1995). *Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences*. New York : Wiley & Sons.
- David S. Moore and George McCabe. (2006). *Introduction to the Practice of Statistics*. 4th ed. W.H. Freeman
- Ferguson, G.A., & Takane, Y. (1989). *Statistical analysis in psychology and education*. New York: McGraw-Hill
- Glass, G.V., & Hopkins. K.D. (1996). *Statistical methods in education and psychology*. Boston: Allyn & Bacon.
- Healey, Joseph, (1990). *Statistics: A Tool for Social Research*. 2th ed. California: Wadsworth.
- Kerlinger, Fred N. (1973). *Foundation of Behavioral Science Research*. 2 nd ed. New York : Holt, Rinehart and Winston.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางการเลือกใช้สถิติกรณีมี 2 ตัวแปร (Bivariate Statistics)

ภาคผนวก ข_1 ตารางการเลือกใช้สถิติจำแนกตามวัตถุประสงค์และประเภทของข้อมูล

ภาคผนวก ข_2 ตารางการเลือกใช้สถิติจำแนกตามวัตถุประสงค์และประเภทของข้อมูล

ภาคผนวก ค ตารางสถิติ

ตารางที่ 1 ตารางพื้นที่ใต้โค้งปกติ

ตารางที่ 2 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงที

ตารางที่ 3 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงไคสแควร์

ตารางที่ 4 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงเอฟ



ภาคผนวก ก ตารางการเลือกใช้สถิติกรณี 2 ตัวแปร (Bivariate Statistics)

ตัวแปร	Nominal	Ordinal	Interval ขึ้นไป
Nominal	ต้องการเปรียบเทียบ - ใช้ Chi-Square for Independent Test หาขนาดความสัมพันธ์ - ใช้ Cramer's V		
Ordinal	ต้องการเปรียบเทียบ อันดับ แบ่งเป็น 1) แบ่ง 2 กลุ่ม ใช้ Mann-Whitney U 2) แบ่งมากกว่า 2 กลุ่ม ใช้ Kruskal-Wallis ต้องการหาขนาดความสัมพันธ์ - ใช้ Cramer's V	ต้องการเปรียบเทียบอันดับ และ 2 ตัวแปร เป็นตัวแปรเดียวกันที่มีการวัดซ้ำคนละช่วงเวลา - ใช้ Wilcoxon_s Signed Rank Test ถ้ามีมากกว่า 2 ตัวแปร - ใช้ Friedman Test ต้องการหาขนาดความสัมพันธ์ 2 ตัวแปร เป็นคนละตัวแปรกัน - ใช้ Kendall's Tau หรือ Speaman Rank Correlation	
Interval หรือ Ratio	ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จากตัวแปรระดับ Interval และมีตัวแปรระดับ Nominal หรือ Ordinal เป็นตัวแปรแบ่งกลุ่มคน - แบ่งได้ 2 กลุ่ม เป็นคนละคนกัน ใช้ t-test for Independent Samples ■ ถ้าละเมิด Assumptions ใช้ Mann-Whitney U - แบ่งได้มากกว่า 2 กลุ่มที่เป็นคนละคนกัน ใช้ ANOVA ■ ถ้าละเมิด Assumptions ใช้ Kruskal-Wallis Test - ถ้ามีตัวแปร Nominal หรือ Ordinal Scale มากกว่า 1 ตัว ใช้ p-way ANOVA เมื่อ p คือ จำนวนตัวแปร ต้องการหาขนาดความสัมพันธ์ - ใช้ Eta		ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และมี 2 ตัวแปรขึ้นไปที่เป็นตัวแปรเดียวกัน แต่เป็นการวัดซ้ำคนละช่วงเวลา - มีตัวแปร 2 ตัวใช้ t-test for Dependent Samples ■ ถ้าละเมิด Assumptions ใช้ Wilcoxon_s Signed Rank Test - มีตัวแปรมากกว่า 2 ตัวใช้ ANOVA for Repeated Measures ■ ถ้าละเมิด Assumptions ใช้ Friedman Test ต้องการหาขนาดความสัมพันธ์ - ใช้ pearson Correlation ■ ถ้าละเมิด Assumptions ใช้ Kendall's Tau หรือ Speaman Rank Correlation

อ้างอิง: ดร.นำชัย ศุภฤกษ์ชัยสกุล สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ภาคผนวก ข_1 ตารางการเลือกใช้สถิติจำแนกตามวัตถุประสงค์และประเภทของข้อมูล

ตัวแปรตาม (Y) หรือทั้งตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ในข้อ 7			
วัตถุประสงค์	ประชากรที่มีการแจกแจงปกติ	เรียงลำดับ/ไม่แน่ใจว่าประชากรมีการแจกแจงปกติ	ตัวแปรกลุ่มที่มี 2 กลุ่มหรือมีค่าเป็นไปได้ 2 ค่า เช่น 0,1
1. อธิบาย 1 กลุ่ม	Mean, SD	Median, Inter-quartile Range	Proportion
2. เปรียบเทียบหนึ่งกลุ่มกับค่าที่ระบุ	One-sample t- test	Wilcoxon signed ranks test	Chi-square goodness of fit
3. เปรียบเทียบสองกลุ่มที่เป็นอิสระกัน	Two independent samples t- test	Mann-Whitney U test	Chi-square, Z-test, Fisher's exact test, Odds ratio, Relative risk
4. เปรียบเทียบสองกลุ่มที่จับคู่ (มีความสัมพันธ์กัน)	Paired t- test	Wilcoxon matched pairs signed ranks test	McNemar's test
5. เปรียบเทียบตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปที่เป็นอิสระกัน	One-way ANOVA, CRD	Kruskal-Wallis test	Chi-square test
6. เปรียบเทียบตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปที่มีความสัมพันธ์กัน	Repeated measures ANOVA, RCBD	Friedman test	Cochran Q test
7. ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว	Pearson's correlation	Spearman's rank correlation	Contingency coefficients, etc
8. พยากรณ์ค่า Y จาก X ซึ่งเป็นตัวแปรต่อเนื่อง 1 ตัว	Simple linear or nonlinear regression	Ordinal regression (Y is ordinal multinomial) / Nonparametric regression (Y is nonnormal)	Binary logistic regression
9. พยากรณ์ค่า Y จาก X หลายตัวที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือมีอันดับหรือแบ่งกลุ่มหรือผสมหลายแบบ	Multiple linear or nonlinear regression	Ordered logistic regression, Ordered Logit Model (Y is ordinal multinomial) / Generalized linear model (Y is non-normal)	Binary logistic models (X's are continuous or mixed) Logit models (X's are categorical)

อ้างอิง : สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. (ศูนย์จัดการความรู้การวิจัย. งานสัมมนา 7 สิงหาคม 2554)

ภาคผนวก ข_2 ตารางการเลือกใช้สถิติจำแนกตามวัตถุประสงค์และประเภทของข้อมูล

ตัวแปรตาม (Y) หรือทั้งตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y) ในข้อ 7	
วัตถุประสงค์	ตัวแปรกลุ่มที่มีหลายกลุ่ม หรือมีค่าที่เป็นไปได้หลายค่า
1. อธิบาย 1 กลุ่ม	Proportion
2. เปรียบเทียบหนึ่งกลุ่มกับค่าที่ระบุ	Chi-square goodness of fit
3. เปรียบเทียบสองกลุ่มที่เป็นอิสระกัน	Chi-square, Likelihood ratio test, Odds ratio
4. เปรียบเทียบสองกลุ่มที่จับคู่ (มีความสัมพันธ์กัน)	McNemar's test Wald test
5. เปรียบเทียบตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปที่เป็นอิสระกัน	Chi-square test Likelihood ratio test
6. เปรียบเทียบตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปที่มีความสัมพันธ์กัน	Logit Models for repeated responses, Wald test, Score test
7. ระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว	Contingency coefficients, etc
8. พยากรณ์ค่า Y จาก X ซึ่งเป็นตัวแปรต่อเนื่อง 1 ตัว	Multinomial logistic regression, Multinomial Logit Model
9. พยากรณ์ค่า Y จาก X หลายตัวที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องหรือมีอันดับหรือแบ่งกลุ่มหรือผสมหลายแบบ	Multinomial logistic regression (X's are continuous) Multinomial Logit Models (X's are categorical)

อ้างอิง : สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ. (ศูนย์จัดการความรู้การวิจัย. งานสัมมนา 7 สิงหาคม 2554)

ภาคผนวก ค

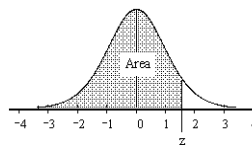
ตารางสถิติ

- ตารางที่ 1 ตารางพื้นที่ได้ไค้ปกติ
- ตารางที่ 2 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงที
- ตารางที่ 3 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงไคสแควร์
- ตารางที่ 4 ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงเอฟ



ตารางที่ 1. ตารางพื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐาน Z

เมื่อกำหนดค่า z ค่าจากตัวเลขในตารางคือค่า $P(-\infty < Z < z)$

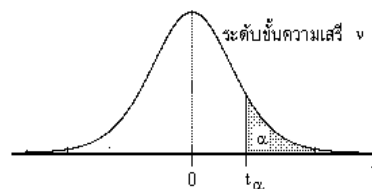


z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

ตารางที่ 2. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง t

เมื่อกำหนดระดับชั้นความเสรี v และค่า α

ค่าจากตารางคือ t_α คือค่าที่ทำให้ $P(t_\alpha < T < \infty) = \alpha$

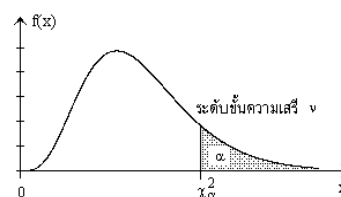


v	α				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

ตารางที่ 3. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจงไคสแควร์ χ^2

เมื่อระดับชั้นความเสรีเท่ากับ v

χ^2_α คือค่าที่ทำให้ $P(\chi^2 > \chi^2_\alpha) = \alpha$



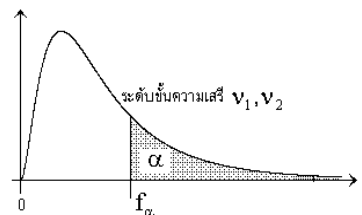
v	α									
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.004393	0.00457	0.00482	0.00503	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980	45.559
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
31	14.458	15.655	17.539	19.281	21.434	41.422	44.985	48.232	52.191	55.003
32	15.134	16.362	18.291	20.072	22.271	42.585	46.194	49.480	53.486	56.328
33	15.815	17.074	19.047	20.867	23.110	43.745	47.400	50.725	54.776	57.648
34	16.501	17.789	19.806	21.664	23.952	44.903	48.602	51.966	56.061	58.964
35	17.192	18.509	20.569	22.465	24.797	46.059	49.802	53.203	57.342	60.275
36	17.887	19.233	21.336	23.269	25.643	47.212	50.998	54.437	58.619	61.581
37	18.586	19.960	22.106	24.075	26.492	48.363	52.192	55.668	59.892	62.883
38	19.289	20.691	22.878	24.884	27.343	49.513	53.384	56.896	61.162	64.181
39	19.996	21.426	23.654	25.695	28.196	50.660	54.572	58.120	62.428	65.476
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.01$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.01}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.01} < F < \infty) = \alpha = 0.01$

$f_{0.01, (v_1, v_2)}$



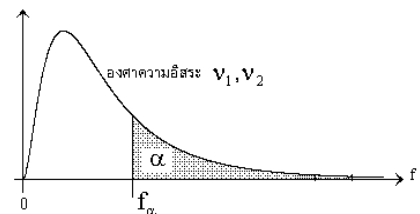
v_2	v_1								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052.18	4999.50	5403.35	5624.58	5763.65	5858.99	5928.36	5981.07	6022.47
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.01$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.01}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.01} < F < \infty) = \alpha = 0.01$

$f_{0.01, (v_1, v_2)}$



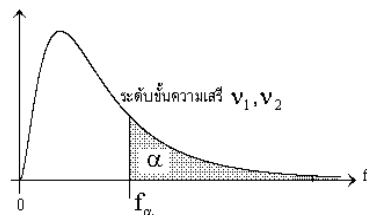
v ₂	v ₁									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	6055.85	6083.32	6106.32	6125.86	6142.67	6157.28	6170.10	6181.43	6191.53	6200.58
2	99.40	99.41	99.42	99.42	99.43	99.43	99.44	99.44	99.44	99.45
3	27.23	27.13	27.05	26.98	26.92	26.87	26.83	26.79	26.75	26.72
4	14.55	14.45	14.37	14.31	14.25	14.20	14.15	14.11	14.08	14.05
5	10.05	9.96	9.89	9.82	9.77	9.72	9.68	9.64	9.61	9.58
6	7.87	7.79	7.72	7.66	7.60	7.56	7.52	7.48	7.45	7.42
7	6.62	6.54	6.47	6.41	6.36	6.31	6.28	6.24	6.21	6.18
8	5.81	5.73	5.67	5.61	5.56	5.52	5.48	5.44	5.41	5.38
9	5.26	5.18	5.11	5.05	5.01	4.96	4.92	4.89	4.86	4.83
10	4.85	4.77	4.71	4.65	4.60	4.56	4.52	4.49	4.46	4.43
11	4.54	4.46	4.40	4.34	4.29	4.25	4.21	4.18	4.15	4.12
12	4.30	4.22	4.16	4.10	4.05	4.01	3.97	3.94	3.91	3.88
13	4.10	4.02	3.96	3.91	3.86	3.82	3.78	3.75	3.72	3.69
14	3.94	3.86	3.80	3.75	3.70	3.66	3.62	3.59	3.56	3.53
15	3.80	3.73	3.67	3.61	3.56	3.52	3.49	3.45	3.42	3.40
16	3.69	3.62	3.55	3.50	3.45	3.41	3.37	3.34	3.31	3.28
17	3.59	3.52	3.46	3.40	3.35	3.31	3.27	3.24	3.21	3.19
18	3.51	3.43	3.37	3.32	3.27	3.23	3.19	3.16	3.13	3.10
19	3.43	3.36	3.30	3.24	3.19	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03
20	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	3.09	3.05	3.02	2.99	2.96
21	3.31	3.24	3.17	3.12	3.07	3.03	2.99	2.96	2.93	2.90
22	3.26	3.18	3.12	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.88	2.85
23	3.21	3.14	3.07	3.02	2.97	2.93	2.89	2.86	2.83	2.80
24	3.17	3.09	3.03	2.98	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.76
25	3.13	3.06	2.99	2.94	2.89	2.85	2.81	2.78	2.75	2.72
26	3.09	3.02	2.96	2.90	2.86	2.81	2.78	2.75	2.72	2.69
27	3.06	2.99	2.93	2.87	2.82	2.78	2.75	2.71	2.68	2.66
28	3.03	2.96	2.90	2.84	2.79	2.75	2.72	2.68	2.65	2.63
29	3.00	2.93	2.87	2.81	2.77	2.73	2.69	2.66	2.63	2.60
30	2.98	2.91	2.84	2.79	2.74	2.70	2.66	2.63	2.60	2.57
40	2.80	2.73	2.66	2.61	2.56	2.52	2.48	2.45	2.42	2.39
60	2.63	2.56	2.50	2.44	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22
120	2.47	2.40	2.34	2.28	2.23	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06
∞	2.32	2.25	2.18	2.13	2.08	2.04	2.00	1.97	1.93	1.90

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.01$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.01}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.01} < F < \infty) = \alpha = 0.01$

$$f_{0.01, (v_1, v_2)}$$



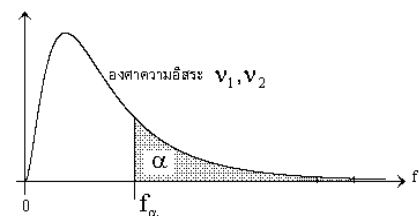
v ₂	v ₁									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	6208.73	6216.12	6222.84	6228.99	6234.63	6239.83	6244.62	6249.07	6253.20	6257.05
2	99.45	99.45	99.45	99.46	99.46	99.46	99.46	99.46	99.46	99.46
3	26.69	26.66	26.64	26.62	26.60	26.58	26.56	26.55	26.53	26.52
4	14.02	13.99	13.97	13.95	13.93	13.91	13.89	13.88	13.86	13.85
5	9.55	9.53	9.51	9.49	9.47	9.45	9.43	9.42	9.40	9.39
6	7.40	7.37	7.35	7.33	7.31	7.30	7.28	7.27	7.25	7.24
7	6.16	6.13	6.11	6.09	6.07	6.06	6.04	6.03	6.02	6.00
8	5.36	5.34	5.32	5.30	5.28	5.26	5.25	5.23	5.22	5.21
9	4.81	4.79	4.77	4.75	4.73	4.71	4.70	4.68	4.67	4.66
10	4.41	4.38	4.36	4.34	4.33	4.31	4.30	4.28	4.27	4.26
11	4.10	4.08	4.06	4.04	4.02	4.01	3.99	3.98	3.96	3.95
12	3.86	3.84	3.82	3.80	3.78	3.76	3.75	3.74	3.72	3.71
13	3.66	3.64	3.62	3.60	3.59	3.57	3.56	3.54	3.53	3.52
14	3.51	3.48	3.46	3.44	3.43	3.41	3.40	3.38	3.37	3.36
15	3.37	3.35	3.33	3.31	3.29	3.28	3.26	3.25	3.24	3.23
16	3.26	3.24	3.22	3.20	3.18	3.16	3.15	3.14	3.12	3.11
17	3.16	3.14	3.12	3.10	3.08	3.07	3.05	3.04	3.03	3.01
18	3.08	3.05	3.03	3.02	3.00	2.98	2.97	2.95	2.94	2.93
19	3.00	2.98	2.96	2.94	2.92	2.91	2.89	2.88	2.87	2.86
20	2.94	2.92	2.90	2.88	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79
21	2.88	2.86	2.84	2.82	2.80	2.79	2.77	2.76	2.74	2.73
22	2.83	2.81	2.78	2.77	2.75	2.73	2.72	2.70	2.69	2.68
23	2.78	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.64	2.63
24	2.74	2.72	2.70	2.68	2.66	2.64	2.63	2.61	2.60	2.59
25	2.70	2.68	2.66	2.64	2.62	2.60	2.59	2.58	2.56	2.55
26	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.55	2.54	2.53	2.51
27	2.63	2.61	2.59	2.57	2.55	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48
28	2.60	2.58	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.46	2.45
29	2.57	2.55	2.53	2.51	2.49	2.48	2.46	2.45	2.44	2.42
30	2.55	2.53	2.51	2.49	2.47	2.45	2.44	2.42	2.41	2.40
40	2.37	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.22
60	2.20	2.17	2.15	2.13	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04
120	2.03	2.01	1.99	1.97	1.95	1.93	1.92	1.90	1.89	1.87
∞	1.88	1.85	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.71

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.01$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.01}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.01} < F < \infty) = \alpha = 0.01$

$f_{0.01, (v_1, v_2)}$



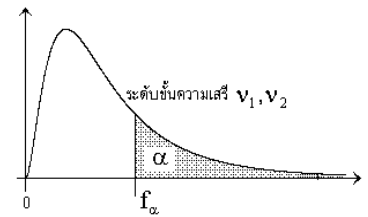
v ₂	v ₁									
	30	35	40	45	50	55	60	80	120	∞
1	6260.65	6275.57	6286.78	6295.52	6302.52	6308.25	6313.03	6326.20	6339.39	6365.86
2	99.47	99.47	99.47	99.48	99.48	99.48	99.48	99.49	99.49	99.50
3	26.50	26.45	26.41	26.38	26.35	26.33	26.32	26.27	26.22	26.13
4	13.84	13.79	13.75	13.71	13.69	13.67	13.65	13.61	13.56	13.46
5	9.38	9.33	9.29	9.26	9.24	9.22	9.20	9.16	9.11	9.02
6	7.23	7.18	7.14	7.11	7.09	7.07	7.06	7.01	6.97	6.88
7	5.99	5.94	5.91	5.88	5.86	5.84	5.82	5.78	5.74	5.65
8	5.20	5.15	5.12	5.09	5.07	5.05	5.03	4.99	4.95	4.86
9	4.65	4.60	4.57	4.54	4.52	4.50	4.48	4.44	4.40	4.31
10	4.25	4.20	4.17	4.14	4.12	4.10	4.08	4.04	4.00	3.91
11	3.94	3.89	3.86	3.83	3.81	3.79	3.78	3.73	3.69	3.61
12	3.70	3.65	3.62	3.59	3.57	3.55	3.54	3.49	3.45	3.36
13	3.51	3.46	3.43	3.40	3.38	3.36	3.34	3.30	3.25	3.17
14	3.35	3.30	3.27	3.24	3.22	3.20	3.18	3.14	3.09	3.01
15	3.21	3.17	3.13	3.10	3.08	3.06	3.05	3.00	2.96	2.87
16	3.10	3.05	3.02	2.99	2.97	2.95	2.93	2.89	2.84	2.76
17	3.00	2.96	2.92	2.89	2.87	2.85	2.83	2.79	2.75	2.66
18	2.92	2.87	2.84	2.81	2.78	2.77	2.75	2.70	2.66	2.57
19	2.84	2.80	2.76	2.73	2.71	2.69	2.67	2.63	2.58	2.49
20	2.78	2.73	2.69	2.67	2.64	2.62	2.61	2.56	2.52	2.42
21	2.72	2.67	2.64	2.61	2.58	2.56	2.55	2.50	2.46	2.36
22	2.67	2.62	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.45	2.40	2.31
23	2.62	2.57	2.54	2.51	2.48	2.46	2.45	2.40	2.35	2.26
24	2.58	2.53	2.49	2.46	2.44	2.42	2.40	2.36	2.31	2.21
25	2.54	2.49	2.45	2.42	2.40	2.38	2.36	2.32	2.27	2.17
26	2.50	2.45	2.42	2.39	2.36	2.34	2.33	2.28	2.23	2.13
27	2.47	2.42	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.25	2.20	2.10
28	2.44	2.39	2.35	2.32	2.30	2.28	2.26	2.22	2.17	2.06
29	2.41	2.36	2.33	2.30	2.27	2.25	2.23	2.19	2.14	2.03
30	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.22	2.21	2.16	2.11	2.01
40	2.20	2.15	2.11	2.08	2.06	2.04	2.02	1.97	1.92	1.80
60	2.03	1.98	1.94	1.90	1.88	1.86	1.84	1.78	1.73	1.60
120	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.68	1.66	1.60	1.53	1.38
∞	1.70	1.64	1.59	1.55	1.52	1.50	1.47	1.40	1.32	1.00

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.025$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.025}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.025} < F < \infty) = \alpha = 0.025$

$f_{0.025, (v_1, v_2)}$



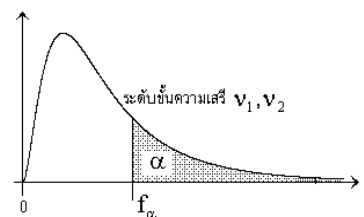
v ₂	v ₁								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	647.79	799.50	864.16	899.58	921.85	937.11	948.22	956.66	963.28
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93
19	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73
24	5.72	4.32	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33
120	5.15	3.80	3.23	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22
∞	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.025$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.025}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.025} < F < \infty) = \alpha = 0.025$

$f_{0.025, (v_1, v_2)}$



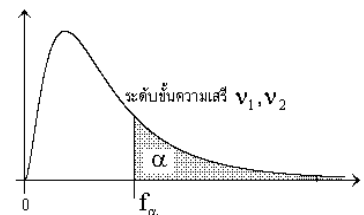
v_2	v_1									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	968.63	973.03	976.71	979.84	982.53	984.87	986.92	988.73	990.35	991.80
2	39.40	39.41	39.41	39.42	39.43	39.43	39.44	39.44	39.44	39.45
3	14.42	14.37	14.34	14.30	14.28	14.25	14.23	14.21	14.20	14.18
4	8.84	8.79	8.75	8.71	8.68	8.66	8.63	8.61	8.59	8.58
5	6.62	6.57	6.52	6.49	6.46	6.43	6.40	6.38	6.36	6.34
6	5.46	5.41	5.37	5.33	5.30	5.27	5.24	5.22	5.20	5.18
7	4.76	4.71	4.67	4.63	4.60	4.57	4.54	4.52	4.50	4.48
8	4.30	4.24	4.20	4.16	4.13	4.10	4.08	4.05	4.03	4.02
9	3.96	3.91	3.87	3.83	3.80	3.77	3.74	3.72	3.70	3.68
10	3.72	3.66	3.62	3.58	3.55	3.52	3.50	3.47	3.45	3.44
11	3.53	3.47	3.43	3.39	3.36	3.33	3.30	3.28	3.26	3.24
12	3.37	3.32	3.28	3.24	3.21	3.18	3.15	3.13	3.11	3.09
13	3.25	3.20	3.15	3.12	3.08	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96
14	3.15	3.09	3.05	3.01	2.98	2.95	2.92	2.90	2.88	2.86
15	3.06	3.01	2.96	2.92	2.89	2.86	2.84	2.81	2.79	2.77
16	2.99	2.93	2.89	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70
17	2.92	2.87	2.82	2.79	2.75	2.72	2.70	2.67	2.65	2.63
18	2.87	2.81	2.77	2.73	2.70	2.67	2.64	2.62	2.60	2.58
19	2.82	2.76	2.72	2.68	2.65	2.62	2.59	2.57	2.55	2.53
20	2.77	2.72	2.68	2.64	2.60	2.57	2.55	2.52	2.50	2.48
21	2.73	2.68	2.64	2.60	2.56	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44
22	2.70	2.65	2.60	2.56	2.53	2.50	2.47	2.45	2.43	2.41
23	2.67	2.62	2.57	2.53	2.50	2.47	2.44	2.42	2.39	2.37
24	2.64	2.59	2.54	2.50	2.47	2.44	2.41	2.39	2.36	2.35
25	2.61	2.56	2.51	2.48	2.44	2.41	2.38	2.36	2.34	2.32
26	2.59	2.54	2.49	2.45	2.42	2.39	2.36	2.34	2.31	2.29
27	2.57	2.51	2.47	2.43	2.39	2.36	2.34	2.31	2.29	2.27
28	2.55	2.49	2.45	2.41	2.37	2.34	2.32	2.29	2.27	2.25
29	2.53	2.48	2.43	2.39	2.36	2.32	2.30	2.27	2.25	2.23
30	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21
40	2.39	2.33	2.29	2.25	2.21	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09
60	2.27	2.22	2.17	2.13	2.09	2.06	2.03	2.01	1.98	1.96
120	2.16	2.10	2.05	2.01	1.98	1.94	1.92	1.89	1.87	1.84
∞	2.05	1.99	1.94	1.90	1.87	1.83	1.80	1.78	1.75	1.73

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.025$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.025}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.025} < F < \infty) = \alpha = 0.025$

$f_{0.025, (v_1, v_2)}$



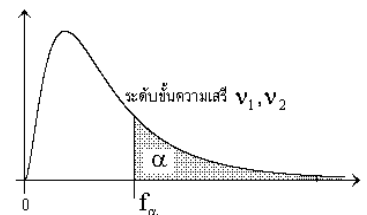
v ₂	v ₁									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	993.10	994.29	995.36	996.35	997.25	998.08	998.85	999.56	1000.22	1000.84
2	39.45	39.45	39.45	39.45	39.46	39.46	39.46	39.46	39.46	39.46
3	14.17	14.16	14.14	14.13	14.12	14.12	14.11	14.10	14.09	14.09
4	8.56	8.55	8.53	8.52	8.51	8.50	8.49	8.48	8.48	8.47
5	6.33	6.31	6.30	6.29	6.28	6.27	6.26	6.25	6.24	6.23
6	5.17	5.15	5.14	5.13	5.12	5.11	5.10	5.09	5.08	5.07
7	4.47	4.45	4.44	4.43	4.41	4.40	4.39	4.39	4.38	4.37
8	4.00	3.98	3.97	3.96	3.95	3.94	3.93	3.92	3.91	3.90
9	3.67	3.65	3.64	3.63	3.61	3.60	3.59	3.58	3.58	3.57
10	3.42	3.40	3.39	3.38	3.37	3.35	3.34	3.34	3.33	3.32
11	3.23	3.21	3.20	3.18	3.17	3.16	3.15	3.14	3.13	3.13
12	3.07	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00	2.99	2.98	2.97
13	2.95	2.93	2.92	2.91	2.89	2.88	2.87	2.86	2.85	2.85
14	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79	2.78	2.77	2.76	2.75	2.74
15	2.76	2.74	2.73	2.71	2.70	2.69	2.68	2.67	2.66	2.65
16	2.68	2.67	2.65	2.64	2.63	2.61	2.60	2.59	2.58	2.58
17	2.62	2.60	2.59	2.57	2.56	2.55	2.54	2.53	2.52	2.51
18	2.56	2.54	2.53	2.52	2.50	2.49	2.48	2.47	2.46	2.45
19	2.51	2.49	2.48	2.46	2.45	2.44	2.43	2.42	2.41	2.40
20	2.46	2.45	2.43	2.42	2.41	2.40	2.39	2.38	2.37	2.36
21	2.42	2.41	2.39	2.38	2.37	2.36	2.34	2.33	2.33	2.32
22	2.39	2.37	2.36	2.34	2.33	2.32	2.31	2.30	2.29	2.28
23	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30	2.29	2.28	2.27	2.26	2.25
24	2.33	2.31	2.30	2.28	2.27	2.26	2.25	2.24	2.23	2.22
25	2.30	2.28	2.27	2.26	2.24	2.23	2.22	2.21	2.20	2.19
26	2.28	2.26	2.24	2.23	2.22	2.21	2.19	2.18	2.17	2.17
27	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.18	2.17	2.16	2.15	2.14
28	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17	2.16	2.15	2.14	2.13	2.12
29	2.21	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.13	2.12	2.11	2.10
30	2.20	2.18	2.16	2.15	2.14	2.12	2.11	2.10	2.09	2.08
40	2.07	2.05	2.03	2.02	2.01	1.99	1.98	1.97	1.96	1.95
60	1.94	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.86	1.85	1.83	1.82
120	1.82	1.81	1.79	1.77	1.76	1.75	1.73	1.72	1.71	1.70
∞	1.71	1.69	1.67	1.66	1.64	1.63	1.61	1.60	1.59	1.58

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.025$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.025}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.025} < F < \infty) = \alpha = 0.025$

$f_{0.025, (v_1, v_2)}$



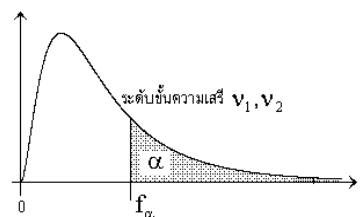
v ₂	v ₁									
	30	35	40	45	50	55	60	80	120	∞
1	1001.41	1003.80	1005.60	1007.00	1008.12	1009.03	1009.80	1011.91	1014.02	1018.26
2	39.46	39.47	39.47	39.48	39.48	39.48	39.48	39.49	39.49	39.50
3	14.08	14.06	14.04	14.02	14.01	14.00	13.99	13.97	13.95	13.90
4	8.46	8.43	8.41	8.39	8.38	8.37	8.36	8.33	8.31	8.26
5	6.23	6.20	6.18	6.16	6.14	6.13	6.12	6.10	6.07	6.02
6	5.07	5.04	5.01	4.99	4.98	4.97	4.96	4.93	4.90	4.85
7	4.36	4.33	4.31	4.29	4.28	4.26	4.25	4.23	4.20	4.14
8	3.89	3.86	3.84	3.82	3.81	3.79	3.78	3.76	3.73	3.67
9	3.56	3.53	3.51	3.49	3.47	3.46	3.45	3.42	3.39	3.33
10	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.21	3.20	3.17	3.14	3.08
11	3.12	3.09	3.06	3.04	3.03	3.01	3.00	2.97	2.94	2.88
12	2.96	2.93	2.91	2.89	2.87	2.86	2.85	2.82	2.79	2.72
13	2.84	2.80	2.78	2.76	2.74	2.73	2.72	2.69	2.66	2.60
14	2.73	2.70	2.67	2.65	2.64	2.63	2.61	2.58	2.55	2.49
15	2.64	2.61	2.59	2.56	2.55	2.54	2.52	2.49	2.46	2.40
16	2.57	2.53	2.51	2.49	2.47	2.46	2.45	2.42	2.38	2.32
17	2.50	2.47	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38	2.35	2.32	2.25
18	2.44	2.41	2.38	2.36	2.35	2.33	2.32	2.29	2.26	2.19
19	2.39	2.36	2.33	2.31	2.30	2.28	2.27	2.24	2.20	2.13
20	2.35	2.31	2.29	2.27	2.25	2.24	2.22	2.19	2.16	2.09
21	2.31	2.27	2.25	2.23	2.21	2.19	2.18	2.15	2.11	2.04
22	2.27	2.24	2.21	2.19	2.17	2.16	2.14	2.11	2.08	2.00
23	2.24	2.20	2.18	2.15	2.14	2.12	2.11	2.08	2.04	1.97
24	2.21	2.17	2.15	2.12	2.11	2.09	2.08	2.05	2.01	1.94
25	2.18	2.15	2.12	2.10	2.08	2.06	2.05	2.02	1.98	1.91
26	2.16	2.12	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	1.99	1.95	1.88
27	2.13	2.10	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.97	1.93	1.85
28	2.11	2.08	2.05	2.03	2.01	1.99	1.98	1.94	1.91	1.83
29	2.09	2.06	2.03	2.01	1.99	1.97	1.96	1.92	1.89	1.81
30	2.07	2.04	2.01	1.99	1.97	1.95	1.94	1.90	1.87	1.79
40	1.94	1.90	1.88	1.85	1.83	1.82	1.80	1.76	1.72	1.64
60	1.82	1.78	1.74	1.72	1.70	1.68	1.67	1.63	1.58	1.48
120	1.69	1.65	1.61	1.59	1.56	1.55	1.53	1.48	1.43	1.31
∞	1.57	1.52	1.48	1.45	1.43	1.41	1.39	1.33	1.27	1.00

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.05$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.05}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.05} < F < \infty) = \alpha = 0.05$

$f_{0.05, (v_1, v_2)}$



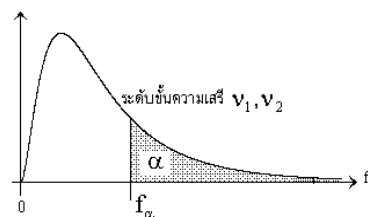
v ₂	v ₁								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.05$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.05}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.05} < F < \infty) = \alpha = 0.05$

$f_{0.05, (v_1, v_2)}$



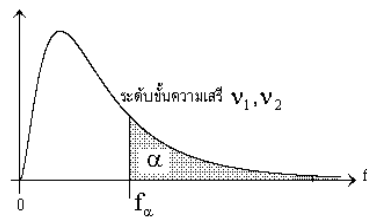
v ₂	v ₁									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	241.88	242.98	243.91	244.69	245.36	245.95	246.46	246.92	247.32	247.69
2	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43	19.43	19.44	19.44	19.44
3	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67
4	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.82	5.81
5	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57
6	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88
7	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46
8	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16
9	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95
10	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79
11	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66
12	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56
13	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47
14	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46	2.44	2.43	2.41	2.40
15	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34
16	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29
17	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24
18	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20
19	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17
20	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14
21	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18	2.16	2.14	2.12	2.11
22	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08
23	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.08	2.06
24	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04
25	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.02
26	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00
27	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99
28	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97
29	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03	2.01	1.99	1.97	1.96
30	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95
40	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85
60	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76
120	1.91	1.87	1.83	1.80	1.78	1.75	1.73	1.71	1.69	1.67
∞	1.83	1.79	1.75	1.72	1.69	1.67	1.64	1.62	1.60	1.59

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.05$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.05}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.05} < F < \infty) = \alpha = 0.05$

$$f_{0.05, (v_1, v_2)}$$



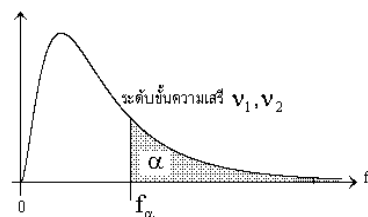
v ₂	v ₁									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	248.01	248.31	248.58	248.83	249.05	249.26	249.45	249.63	249.80	249.95
2	19.45	19.45	19.45	19.45	19.45	19.46	19.46	19.46	19.46	19.46
3	8.66	8.65	8.65	8.64	8.64	8.63	8.63	8.63	8.62	8.62
4	5.80	5.79	5.79	5.78	5.77	5.77	5.76	5.76	5.75	5.75
5	4.56	4.55	4.54	4.53	4.53	4.52	4.52	4.51	4.50	4.50
6	3.87	3.86	3.86	3.85	3.84	3.83	3.83	3.82	3.82	3.81
7	3.44	3.43	3.43	3.42	3.41	3.40	3.40	3.39	3.39	3.38
8	3.15	3.14	3.13	3.12	3.12	3.11	3.10	3.10	3.09	3.08
9	2.94	2.93	2.92	2.91	2.90	2.89	2.89	2.88	2.87	2.87
10	2.77	2.76	2.75	2.75	2.74	2.73	2.72	2.72	2.71	2.70
11	2.65	2.64	2.63	2.62	2.61	2.60	2.59	2.59	2.58	2.58
12	2.54	2.53	2.52	2.51	2.51	2.50	2.49	2.48	2.48	2.47
13	2.46	2.45	2.44	2.43	2.42	2.41	2.41	2.40	2.39	2.39
14	2.39	2.38	2.37	2.36	2.35	2.34	2.33	2.33	2.32	2.31
15	2.33	2.32	2.31	2.30	2.29	2.28	2.27	2.27	2.26	2.25
16	2.28	2.26	2.25	2.24	2.24	2.23	2.22	2.21	2.21	2.20
17	2.23	2.22	2.21	2.20	2.19	2.18	2.17	2.17	2.16	2.15
18	2.19	2.18	2.17	2.16	2.15	2.14	2.13	2.13	2.12	2.11
19	2.16	2.14	2.13	2.12	2.11	2.11	2.10	2.09	2.08	2.08
20	2.12	2.11	2.10	2.09	2.08	2.07	2.07	2.06	2.05	2.05
21	2.10	2.08	2.07	2.06	2.05	2.05	2.04	2.03	2.02	2.02
22	2.07	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	2.01	2.00	2.00	1.99
23	2.05	2.04	2.02	2.01	2.01	2.00	1.99	1.98	1.97	1.97
24	2.03	2.01	2.00	1.99	1.98	1.97	1.97	1.96	1.95	1.95
25	2.01	2.00	1.98	1.97	1.96	1.96	1.95	1.94	1.93	1.93
26	1.99	1.98	1.97	1.96	1.95	1.94	1.93	1.92	1.91	1.91
27	1.97	1.96	1.95	1.94	1.93	1.92	1.91	1.90	1.90	1.89
28	1.96	1.95	1.93	1.92	1.91	1.91	1.90	1.89	1.88	1.88
29	1.94	1.93	1.92	1.91	1.90	1.89	1.88	1.88	1.87	1.86
30	1.93	1.92	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85	1.85
40	1.84	1.83	1.81	1.80	1.79	1.78	1.77	1.77	1.76	1.75
60	1.75	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69	1.68	1.67	1.66	1.66
120	1.66	1.64	1.63	1.62	1.61	1.60	1.59	1.58	1.57	1.56
∞	1.57	1.56	1.54	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47

ตารางที่ 4. ตารางค่าวิกฤตของการแจกแจง F

เมื่อกำหนดองศาอิสระ v_1, v_2 และค่า $\alpha = 0.05$

ค่าจากตารางคือ $f_{0.05}$ คือค่าที่ทำให้ $P(f_{0.05} < F < \infty) = \alpha = 0.05$

$f_{0.05, (v_1, v_2)}$



v_2	v_1									
	30	35	40	45	50	55	60	80	120	∞
1	250.10	250.69	251.14	251.49	251.77	252.00	252.20	252.72	253.25	254.31
2	19.46	19.47	19.47	19.47	19.48	19.48	19.48	19.48	19.49	19.50
3	8.62	8.60	8.59	8.59	8.58	8.58	8.57	8.56	8.55	8.53
4	5.75	5.73	5.72	5.71	5.70	5.69	5.69	5.67	5.66	5.63
5	4.50	4.48	4.46	4.45	4.44	4.44	4.43	4.41	4.40	4.37
6	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.75	3.74	3.72	3.70	3.67
7	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.31	3.30	3.29	3.27	3.23
8	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	3.01	2.99	2.97	2.93
9	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79	2.79	2.77	2.75	2.71
10	2.70	2.68	2.66	2.65	2.64	2.63	2.62	2.60	2.58	2.54
11	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.50	2.49	2.47	2.45	2.40
12	2.47	2.44	2.43	2.41	2.40	2.39	2.38	2.36	2.34	2.30
13	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30	2.30	2.27	2.25	2.21
14	2.31	2.28	2.27	2.25	2.24	2.23	2.22	2.20	2.18	2.13
15	2.25	2.22	2.20	2.19	2.18	2.17	2.16	2.14	2.11	2.07
16	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.11	2.08	2.06	2.01
17	2.15	2.12	2.10	2.09	2.08	2.07	2.06	2.03	2.01	1.96
18	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.03	2.02	1.99	1.97	1.92
19	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.99	1.98	1.96	1.93	1.88
20	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.96	1.95	1.92	1.90	1.84
21	2.01	1.98	1.96	1.95	1.94	1.93	1.92	1.89	1.87	1.81
22	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.90	1.89	1.86	1.84	1.78
23	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.86	1.84	1.81	1.76
24	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.84	1.82	1.79	1.73
25	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.83	1.82	1.80	1.77	1.71
26	1.90	1.87	1.85	1.84	1.82	1.81	1.80	1.78	1.75	1.69
27	1.88	1.86	1.84	1.82	1.81	1.79	1.79	1.76	1.73	1.67
28	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.78	1.77	1.74	1.71	1.65
29	1.85	1.83	1.81	1.79	1.77	1.76	1.75	1.73	1.70	1.64
30	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.75	1.74	1.71	1.68	1.62
40	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.65	1.64	1.61	1.58	1.51
60	1.65	1.62	1.59	1.57	1.56	1.55	1.53	1.50	1.47	1.39
120	1.55	1.52	1.50	1.47	1.46	1.44	1.43	1.39	1.35	1.25
∞	1.46	1.42	1.39	1.37	1.35	1.33	1.32	1.27	1.22	1.00

คณะผู้จัดทำเอกสาร

ที่ปรึกษา

นายพีรพันธุ์ คอทอง	อธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตร
นายครองศักดิ์ สงรักษา	รองอธิบดีกรมส่งเสริมการเกษตร
ดร.สุรางค์ศรี วาเพชร	ผู้อำนวยการศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

คณะผู้จัดทำ

กลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ	
นายสรายุทธ สิริภูษิต	ผู้อำนวยการกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ
นายศานันท์ ดวงนิล	นักวิชาการสถิติปฏิบัติการ
นางศศิพัชร วงศ์รินทราเมธี	นักสถิติ
นางสาวจณิษดา หงส์คำเมือง	นักสถิติ

