แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6

หัวข้อเนื้อหาประจำบท

1. การวางแผนการทดลอง
2. นิยามศัพท์และหลักทางสถิติในการทำการวิจัย
3. ความหมายของสมมติฐาน

บทสรุป

คำถามท้ายบท

เอกสารอ้างอิง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เพื่อให้นักศึกษาสามารถ

1. บอกการวางแผนการทดลองได้
2. บอกนิยามศัพท์และหลักทางสถิติในการทำการวิจัยได้
3. บอกความหมายของสมมติฐาน

วิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนประจำบท

1. ศึกษาเอกสารประกอบการสอน เรื่อง การวางแผนการทดลอง
2. ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเรื่อง โจทย์วิจัย
3. ตั้งโจทย์วิจัยของตนเอง

สื่อการเรียนการสอน

1. เอกสารประกอบการสอน
2. สไลด์ Microsoft Power Point เรื่อง การวางแผนการทดลอง

การวัดผลและการประเมินผล

1. สังเกตจากความสนใจ ความตั้งใจเรียน
2. ตรวจคำตอบจากการค้นคว้าเพิ่มเติมเรื่องโจทย์วิจัย
3. ตรวจคำตอบจากโจทย์วิจัยของตนเอง

บทที่ 6
หลักการวางแผนการทดลอง และการทดสอบสมมติฐาน

การวางแผนการทดลอง

งานทดลอง (Experimentation) คือการสืบสวน (investigation) เพื่อหาความจริงที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ หรือเพื่อที่จะสอบย้ำหรือปฏิเสธผลการทดลองที่ผ่านมา ทั้งนี้เพื่อที่จะใช้เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจในการแนะนำส่งเสริม (สุวัฒน์, 2534)

หรือ การทดลอง คือ การทดสอบ (Test หรือ trial) เพื่อสอบย้ำ (confirmation) ความรู้ในเรื่องนั้นๆ หรือ เพื่อสำรวจ (exploration) ความจริงใหม่ๆ (Montgomery, 1989)

งานวิจัย (Research) หมายถึง การค้นคว้าที่มีระบบแบบแผนซึ่งเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ความจริงใหม่ๆ ซึ่งยังไม่เคยค้นพบ หรือ เพื่อการสอบย้ำ (confirmation) ความจริง ซึ่งยังไม่ได้รับความยืนยัน (อนันต์ชัย, 2539)

จะเห็นได้ว่าจากการให้ความหมายของคำทั้งสองคำจากหลายๆแหล่ง พบว่า งานทดลองกับงานวิจัยมีความหมายที่เป็นเรื่องเดียวกัน จึงมีการใช้คำว่างานวิจัยกับงานทดลองสลับกันไปมาอยู่เสมอ แต่อย่างไรก็ตามการค้นคว้าหรือการศึกษาที่ถือได้ว่าเป็นการค้นคว้าหรือการศึกษาที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) นั้น จะต้องประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้ (Steel and Torrie, 1981)

1. การรวบรวมข้อความจริง (a review of fact) ทฤษฎี (Theory) และข้อค้นพบที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ซึ่งในการทำปัญหาพิเศษ เรียกขั้นตอนนี้ว่า การตรวจเอกสาร (review of literature)
2. การตั้งสมมุติฐานที่มีเหตุมีผล (Formation of a logical hypothesis) เพื่อที่จะให้สามารถทดสอบได้โดยวิธีการทางสถิติ
3. การประเมินผลของสมมุติฐานจากผลของการทดลองที่ได้ (Evaluation of the hypothesis)

ดังนั้นใน**การดำเนินการทดลอง**จึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการศึกษาเพื่อเป็นการหาหลักฐาน ซึ่งก็คือ**ผลการทดลอง**ที่ได้นั่นเอง ทั้งนี้ เพื่อ**นำผลที่ได้นั้นมาใช้ในการพิสูจน์สมมุติฐานที่ตั้งไว้**ว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งจริงๆ แล้วข้อมูลหรือหลักฐานที่จะนำมาใช้ในการพิสูจน์สมมุติฐานนั้นได้มาจากหลาย ๆ ทางได้แก่

ก. ได้จากการทดลอง (experiment) ซึ่งเป็นการจำลองสภาพความจริงในธรรมชาติ ให้อยู่ในลักษณะที่สามารถควบคุมความผันแปรได้ โดยใช้แผนการทดลองชนิดต่างๆ เพื่อจะควบคุมความผันแปรดังกล่าว เรียกการทดลองหรือการวิจัยในลักษณะว่า “การวิจัยแบบบริสุทธิ์”(Experimental studies) (ศรเทพ, 2535) หรือ “งานวิจัยเชิงทดลอง” (ชูศรี, 2530)

ข. ได้จากการสำรวจ (Survey) เป็นการสำรวจข้อมูลซึ่งมีอยู่แล้วแต่ผู้วิจัยเข้าไปวัดข้อมูลภายหลัง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวอาจจะเป็นข้อมูลในระดับต้น (Primary data) คือข้อมูลที่ผู้สำรวจ เป็นผู้สำรวจคนแรก หรือ อาจจะเป็น Secondary data คือข้อมูลที่มีผู้สำรวจมาแล้วและเราเป็นผู้เอามาใช้ ซึ่งในการสำรวจข้อมูลดังกล่าวอาจจะทำได้โดย

- การสำรวจจากทุกหน่วยในประชากร เช่นในการทำสำมะโนประชากร (Census) ของประเทศต่างๆ
- การสำรวจจากบางส่วนของประชากร โดยอาศัยวิธีการสุ่มตัวอย่าง (Survey sampling) ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย โดยที่ตัวอย่างที่จะนำมาใช้ศึกษานั้น จะต้องได้มาโดยกระบวนการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะต้องใช้เทคนิค (Sampling technique) และแผนการสุ่มตัวอย่าง (Sampling design) เช่นเดียวกับแผนการทดลอง ซึ่งเรียกการวิจัยแบบนี้ว่าการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey studies)

ค. จากการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experiment) เป็นงานวิจัยที่เราไม่สามารถควบคุม ความคลาดเคลื่อนได้ แต่เรารู้อยู่แล้วว่ามีความคลาดเคลื่อนในการทดลอง เช่น การวิจัยถึงผลของการให้นักเรียนกินนมในโรงเรียนเพื่อจะวัดความสมบูรณ์ของเด็ก โดยให้เด็กกินนมในปริมาณที่เท่ากันแต่เมื่อเด็กกลับไปบ้านแล้วเด็กบางคนได้กินอาหารดีๆ ขณะที่บางคนได้รับอาหารไม่ดีแต่ผลที่ได้จากการศึกษาเราก็ยังประเมินว่าเป็นผลมาจากการที่เราให้เด็กกินนมในโรงเรียน ซึ่งเรียกการวิจัยลักษณะนี้ว่า การวิจัยกึ่งทดลอง

ซึ่งหลักฐาน หรือ ข้อมูลที่ได้จาก 3 แหล่ง ดังกล่าวนี้ จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน เพื่อจะบอกว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่าถูกหรือผิด ควรยอมรับหรือปฏิเสธ ซึ่งจะเป็นหนทางแห่งการค้าหาความจริงในธรรมชาติ ตามแบบของการค้นคว้าที่มีระบบ และเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) นั่นเอง

นิยามศัพท์และหลักทางสถิติในการทำการวิจัย

ในการทำการทดลองหรือการวิจัยมีคำศัพท์หลายๆคำที่ผู้ที่เกี่ยวข้องควรจะรู้ทั้งในด้านความหมายที่เหมาะสมกับโอกาส และความเข้าใจที่ถูกต้องในวิธีปฏิบัติตามความหมายของคำนั้นๆ อันจะเป็นการสนับสนุนให้การทดลองนั้นเป็นไปได้ด้วยความสำเร็จบริบูรณ์และได้ข้อมูลที่มีคุณภาพ ซึ่งคำศัพท์ต่างๆที่นักศึกษาควรทราบมีดังนี้

1. **Treatment** เป็นคำที่เรียกเป็นไทยได้หลายอย่าง เช่น **สิ่งทดลอง** แต่การให้ความหมายที่เป็นภาษาไทยนั้นอาจจะครอบคลุมได้ไม่ครบทั้งหมด ดังนั้นส่วนใหญ่จึงนิยมเรียกทับศัพท์ว่า “**ทรีตเมนต์**” (**Treatment**) ซึ่งมีความหมายได้ 2 ลักษณะคือ

1.) หมายถึงสิ่งที่เป็นลักษณะประจำตัวของวัตถุทดลอง เช่น พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ เพศ อายุ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ถือได้ว่าเป็นลักษณะประจำตัวของวัตถุทดลอง ดังนั้นในการทดลองถ้าหากต้องการศึกษาหรือต้องการจะวัดผลถึงสิ่งต่างๆ เหล่านี้ก็ถือว่าสิ่งเหล่านี้เป็น Treatment ได้ เช่น ศึกษาการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์ LW กับ LL ที่อายุเท่ากันว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ในกรณีนี้พันธุ์ถือว่าเป็นTreatment ได้

2.) วิธีปฏิบัติที่กระทำกับหน่วยทดลอง (Experimental unit) ได้แก่

- ระดับโปรตีนที่ให้แก่ไก่เก้าชั่งที่แตกต่างๆกัน ในกรณีนี้ **ระดับโปรตีน** ก็ถือว่าเป็น Treatment ได้เช่นกัน
- ปริมาณปุ๋ยที่ให้แก่ข้าวโพดที่ระดับต่างๆ ในกรณีนี้ **ปริมาณปุ๋ยที่ให้แก่ข้าวโพด** ก็ถือว่าเป็น Treatment ได้เช่นกัน
- ชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงโค (กากมะพร้าว, กากยาง, กากปาล์ม) ก็ถือว่าแต่ละชนิด เป็นTreatment ได้เช่นกัน

ดังนั้นวิธีปฏิบัติที่ต่างกันเหล่านี้ก็ถือว่าเป็น Treatment ได้ และในการศึกษาบางครั้ง Treatment ต่างๆ เหล่านี้อาจจะมาจากปัจจัยเดี่ยว เช่น เรื่องพันธุ์อย่างเดียว เรื่องเพศอย่างเดียว หรือเรื่องระดับโปรตีนเพียงอย่างเดียว เป็นต้น เราเรียก Treatment ลักษณะว่า Single factor treatment แต่ในการศึกษาที่มุ่งศึกษาอิทธิพลของ Treatment ที่มาจากหลายๆ ปัจจัยพร้อมๆ กัน เช่น ศึกษาอิทธิพลของพันธุ์พืชและระดับปุ๋ยที่มีผลอยู่ปริมาณผลผลิต ของข้าวโพด เรียก Treatment ลักษณะนี้ว่า Multifactor Treatment ซึ่งTreatment ที่มีทั้งพันธุ์และระดับปุ๋ยร่วมกัน เรียก Treatment ลักษณะนี้ว่าเป็น “Treatment Combination” แต่ในระดับนี้ให้นักศึกษารู้จักเฉพาะแต่ Treatment ที่มาจากปัจจัยเดี่ยว (Single factor treatment) เท่านั้น

นอกจากนี้ Treatment บางประเภทอาจจะมีชื่อเรียกเฉพาะ เช่น

ก.) Control หรือ Check เป็น Treatment ที่ใช้สำหรับเป็นตัวเปรียบเทียบ (Check) หรือควบคุม(Control) Treatment. อื่นๆ ตัวอย่างเช่น

Treatment 1 ไม่ใส่ปุ๋ย

Treatment 2 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์

Treatment 3 ใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์

การมี Control หรือ Check ก็เพื่อพิจารณาว่า การใส่ปุ๋ยให้กับพืชกับการไม่ได้ใส่ปุ๋ยจะให้ผลผลิตต่างกันหรือไม่

ข.) Standard ได้แก่ Treatment มาตรฐานซึ่งใช้กันโดยทั่วไป เช่น พันธุ์พืชมาตรฐาน ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบกับพันธุ์พืชอื่นๆ ซึ่งเป็นพันธุ์ใหม่เพื่อเปรียบเทียบให้ผลผลิตต่างกันหรือไม่

โดยสรุปแล้วในการทดลองนั้น ผู้ทำการทดลองหรือนักวิจัยจะต้องเลือก Treatment มาใช้ในการทดลองและ Treatment ที่เลือกมานั้นผู้ทดลองจะต้องกำหนดสิ่งต่างๆเหล่านี้ไว้คือ

- กำหนดวัตถุประสงค์ให้แน่ชัดว่าต้องการทราบอะไร
- ต้องกำหนดไว้ก่อนว่าควรจะมี Control หรือ Check หรือ Standard หรือไม่
- และต้องกำหนดให้แน่นอนว่า Treatment ที่ใช้นั้นอยู่ในรูป Single factor หรือ Multi factor

ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้จะต้องกำหนดเอาไว้ก่อนการทดลอง

2. Experimental unit (eu) (หน่วยทดลอง) หมายถึง หน่วยหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งของวัตถุทดลองที่ถูกกระทำโดย Treatment ใดๆในครั้งหนึ่งๆ ซึ่งหน่วยทดลองดังกล่าวอาจจะเป็นหน่วยเดี่ยวๆ เช่น โค 1 ตัวเป็น 1 หน่วยทดลอง หรือ สุกร 1 ตัว หรือไก่ 1 ตัว หรือต้นข้าว 1 กระถางก็ถือว่าเป็น 1 หน่วยทดลองได้ และในการทดลองบางครั้ง 1 หน่วยทดลองก็อาจจะเป็นกลุ่มของวัตถุทดลองก็ได้ เช่น ไก่ 8 ตัว/คอกเป็น 1 หน่วยทดลอง หรือ สุกร 4 ตัว/คอก เป็น 1 หน่วยทดลองหรือ อาจจะเป็นข้าวโพด 1 แปลงเป็น 1 หน่วยทดลองก็ได้ ดังนั้น หน่วยทดลองจึงอาจจะมีทั้งที่เป็นหน่วยเดี่ยว หรือหน่วยกลุ่มก็ได้

นอกจากนี้ในการทดลองบางอย่างหน่วยทดลองอาจจะอยู่ในรูปของปริมาตรก็ได้ เช่น

น้ำนม 1 ลิตรเป็น 1 หน่วยทดลอง

เนื้อ 1 ลิตร เป็น 1 หน่วยทดลอง

ผลไม้ 1 กิโลกรัม เป็น 1 หน่วยทดลอง

ดังนั้นในการทดลองทุกครั้งจะต้องระบุให้แน่ชัดว่าหน่วยทดลอง (eu) คืออะไร มีขนาดเท่าไหร่ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปที่เป็นจำนวนนับ (ไก่ 1 ตัว, หมู 1 ตัว, ต้นข้าว 1 กระถาง หรือข้าวโพด 1 แปลง) หรืออาจจะอยู่ในรูปนี้เป็นปริมาตร เช่น น้ำนม 1 ลิตร เนื้อ 1 กิโลกรัมเป็นต้น ซึ่ง หน่วยทดลองแต่ละหน่วยจะต้องให้ค่าสังเกต (Observation) 1 ค่า

ดังนั้นกรณีที่หน่วยทดลองที่อยู่ในรูปหน่วยกลุ่ม เช่น ไก่ 8 ตัว ในคอกเดียวกัน ถ้าต้องการศึกษาถึงการเพิ่มน้ำหนักตัว ก็จะต้องชั่งน้ำหนักไก่ทั้ง 8 ตัว ทั้งน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้าย แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จึงจะได้เป็นน้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายอย่างละ 1 ค่าสังเกต

หรือในกรณีของการศึกษาในข้าวโพดเพื่อจะดูอิทธิพลของระดับปุ๋ยต่อน้ำหนักเฉลี่ย/เมล็ดของข้าวโพดในแต่ละฝักซึ่งข้าวโพดในแต่ละแปลงก็จะมีฝักแทบทุกต้น การที่จะเก็บฝักข้าวโพดจากทุกๆ ต้นของแต่ละแปลงมาเพื่อนำมาแกะเมล็ดและชั่งน้ำหนักเมล็ดเป็นการไม่สมควรเพราะเสียเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจำเป็นที่จะต้องทำการสุ่มเก็บฝักข้าวโพดจากแปลงหนึ่งๆในจำนวนหลายๆต้น ซึ่งแต่ละต้นจะให้น้ำหนักเมล็ดที่แตกต่างกัน น้ำหนักจากแต่ละต้นดังกล่าวเป็นน้ำหนักของตัวแทน (Sampling unit) ซึ่งไม่ใช่น้ำน้ำหนักของหน่วยทดลอง แต่สามารถจะหาค่าสังเกตของหน่วยทดลองได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยอีกต่อหนึ่ง

3. **Experimental Error (ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง)** หมายถึง ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองที่ได้รับ Treatment เดียวกันเช่น

ให้ Treatment A ให้กับ หน่วยทดลองที่ 1 ได้ผลผลิตเป็น y1

ให้ Treatment A ให้กับ หน่วยทดลองที่ 2 ได้ผลผลิตเป็น y2

ถ้าหาก $y1 \neq y2$ ทั้งๆที่ได้รับ Treatment เดียวกันนั่นแสดงว่าเกิด experimental errorขึ้นแล้ว ซึ่งการที่ $y1 \neq y2$ นั้นเราไม่สามารถอธิบายได้ว่าเป็นเพราะด้วยเหตุใด เนื่องจากเป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และเราเรียก “**ความผันแปร**” นี้ว่า “**ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง**” (experimental error) ซึ่งเป็นความผันแปรนี้ไม่สามารถอธิบายได้ (unexplained variation) ว่าเป็นเพราะเหตุใด แต่พอจะทราบสาเหตุของความผันแปรได้ว่ามีมาจาก 2 แหล่งที่สำคัญ ได้แก่

ก. Inherent variability เป็นความผันแปรที่มีอยู่แล้วในหน่วยทดลอง เช่นในพืชอาจจะมีพันธุกรรมของเมล็ดแตกต่างกัน แม้ว่าจะเป็นพันธุ์เดียวกันเนื่องมาจากมาจากคนละต้นกัน

ข. Extraneous variability เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นขณะที่ดำเนินการทดลองซึ่งได้แก่

- การขาดความสม่ำเสมอในการทดลอง เช่น ให้อาหารไม่เสอมกัน (3%BW)
- การขาดมาตรฐานในการวัด เช่นชั่งน้ำหนักไม่เป็นเวลา

ซึ่งในการทดลองเราปรารถนาให้มี Experimental error ที่ต่ำที่สุดเพื่อให้มีความแม่นยำ (precision) มากที่สุด ซึ่งการลด experimental error สามารถทำได้ดังนี้

- เลือกหน่วยทดลองให้สม่ำเสมอกันจริงๆ มาใช้ในการทดลอง
- เลือกแผนการทดลองให้เหมาะสมกับความผันแปรของหน่วยทดลองนั้นๆก่อนการทดลอง
- เพิ่มความละเอียดละออ (refining technique) ในการทดลองให้มากขึ้น

ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง (Experimental error) นี้มีความสำคัญอย่างมากการดำเนินการทดลองเป็นเนื่องจากว่าการที่เราจะตรวจพบความแตกต่างระหว่าง Treatment ได้หรือไม่นั้น Experimental Error เป็นปัจจัยที่จะเป็นตัวชี้ว่า Treatment ที่ศึกษานั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ เช่น

กรณีที่ 1 ผลผลิตของข้าวโพด (ถัง/ไร่) จากการใช้ปุ๋ยที่ต่างกัน 2 ชนิด

Treatment A (อินทรีย์)	Treatment B (อนินทรีย์)
35	25
25	15
เฉลี่ย($\bar{Y}$A) = 30	เฉลี่ย ($\bar{Y}$ B) = 20

∴ความแตกต่างระหว่าง A กับ B คือ 30 – 20 = 10

แต่เมื่อพิจารณา Experimental error ที่เกิดขึ้น

จาก Treatment A = 35-25 = 10

จาก Treatment B = 25-15 = 10

เฉลี่ย $= \frac{\mathbf{10 + 10}}{\mathbf{2}} = 10$

ในกรณีเช่นนี้ ถ้าเราต้องการจะหาค่าความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้ (Observed Treatment different) ก็สามารถหาได้จากสูตรดังนี้

ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้= ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่แท้จริง – ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

(Observed Treatment different) = (Real treatment different) – (Experimental error)

แทนค่า

ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้ = 10 – 10

= 0

∴ ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้ = 0

นั่นคือเราไม่สามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่าง Treatment ได้เลย (มีค่าเท่ากับ 0) ทั้งนี้เนื่องจากในการทดลองนี้มีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการทดลอง (Experimental error) มากเกินไป และ error ดังกล่าวไปปกปิดความแตกต่างที่มีทำให้ไม่สามารถตรวจพบความแตกต่างได้

กรณีที่ 2

ผลผลิตของข้าวโพด (ถัง/ไร่) ตารางการใช้ปุ๋ยที่ต่างกัน 2 ชนิด

Treatment A (อินทรีย์)	Treatment B (อนินทรีย์)
31 29	21 19
เฉลี่ย($\bar{Y}$A) = 30	เฉลี่ย ($\bar{Y}$ B) = 20

∴ความแตกต่างระหว่าง A กับ B คือ 30 – 20 = 10

Error จากการใช้ Treatment A = 31- 29 = 2

Error จากการใช้ Treatment B = 21-19 = 2

เฉลี่ย $= \frac{2+2}{2}$ = 2

ซึ่งสามารถหาค่าความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้ดังนี้

ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้ = ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่แท้จริง – ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

แทนค่า

ความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่สังเกตได้ = 10-2

= 8

∴ ในกรณีนี้เราสามารถเห็นหรือตรวจพบได้ว่า มีความแตกต่างระหว่าง Treatment = 8

จะเห็นได้ว่าในกรณี 1 เราไม่สามารถตรวจพบได้ว่ามีความแตกต่างระหว่าง Treatment แต่กรณีที่2 พบว่ามีความแตกต่างระหว่าง Treatment ทั้ง ๆ ที่การทดลองทั้งสองนั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ทั้งนี้เพราะว่าในกรณีแรกนั้นมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นมากเกินไป จึงไปปิดบังความแตกต่างระหว่าง Treatment ที่แท้จริงได้

ดังนั้นคุณภาพของงานวิจัยจึงอยู่ที่ความสามารถในการควบคุม Error ว่าใครสามารถจะควบคุม Error ได้ดีกว่ากัน การทดลองที่มี Error ต่ำก็จะให้ผลการทดลองที่สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่าง Treatment ได้ดีกว่าการทดลองที่มี Error สูงๆ

4. การซ้ำ (Replication) และจำนวนซ้ำ (Number of replicate) การซ้ำ หมายถึงปรากฏการที่ Treatment ใดๆ ปรากฏในการทดลองมากกว่า 1 ครั้ง ส่วนคำว่า จำนวนซ้ำ หมายถึงจำนวนครั้งที่ Treatment ปรากฏในการทดลอง

เช่น ในการทดลองที่มี 4 Treatment คือ A B C D

A	B	C	D

ซึ่งเห็นได้ว่าแต่ละ Treatment ปรากฏในการทดลองเพียงครั้งเดียวนั่นคือ เราถือว่าการทดลองนี้ ไม่มี การซ้ำ (Replication) และมีจำนวนซ้ำ (Number of replicate) = 1

แต่ ถ้าเป็นการทดลองอีกลักษณะคือ

A	B	C	D
C	A	D	B

ซึ่งเห็นได้ว่าการทดลองนี้มี การซ้ำ(Replication)เกิดขึ้น และมีจำนวนซ้ำ(Number of replicate) = 2

ซึ่งจำนวนซ้ำในการทดลองอาจจะมีเท่ากันหรือไม่ก็ได้ แต่ในการวิจัยเชิงทดลองทั่วๆไป มักจะกำหนดให้มีจำนวนซ้ำเท่ากัน เพื่อความสะดวกในการคำนวณ(ด้วยมือ) แต่ปัจจุบันนี้เราใช้โปรแกรมสำเร็จช่วยคำนวณ ดังนั้นถึงแม้ว่าจำนวนซ้ำจะมีไม่เท่ากันในระหว่าง Treatment ก็สามารถเขียนคำสั่งให้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติให้ได้ โดยไม่ทำให้ผลการวิเคราะห์ด้อยประสิทธิภาพลง

ความจำเป็นที่ต้องมีการซ้ำในการทดลอง

การซ้ำมีความจำเป็นในการทดลองในลักษณะต่างๆ ดังนี้

1) การมีการซ้ำจะทำให้สามารถประมาณค่า Experimental Error ได้ ซึ่งถ้าหากไม่มีการซ้ำจะทำให้ไม่สามารถคำนวณค่า Error meansquareได้เพราะ degree of freedom ของ Error = 0 จึงไม่สามารถประมาณค่า Experimental Error ได้

2) การซ้ำจะทำให้มีความแม่นยำในการทดลองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปกติแล้วสิ่งที่ใช้ในการพิจารณาความแม่นยำในการทดลอง คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error : ($S_{\bar{y}}$) ซึ่งหาได้จาก

$$S_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\text{ErrorMS}}{r}} = \frac{S}{\sqrt{r}} \qquad \text{Error MS} \approx S^2$$

$\therefore S_{\bar{y}}$ จะมีค่ามากหรือน้อยก็จะขึ้นอยู่กับค่าจำนวนซ้ำ (r) ถ้ามีจำนวนซ้ำมากๆ $S_{\bar{y}}$ ก็จะต่ำ ซึ่งการทดลองที่มี $S_{\bar{y}}$ ต่ำ แสดงว่ามีความแม่นยำในการสรุปผลสูง ซึ่งเป็นสิ่งที่เราต้องการ

3) การซ้ำทำให้สามารถขยายขอบเขตของการสรุปผลการทดลองได้ เช่น ในการทดลองซ้ำ ในส่วนที่ต่างกัน ก็สามารถสรุปผลได้ทั้งในเพศ ผู้และเมียได้แทนที่จะทำเฉพาะในเพศใดเพศหนึ่ง นอกจากนี้การซ้ำในลักษณะที่ทำคนละเวลา หรือสถานที่ ที่เรียกว่า Repetition ก็ทำให้สามารถสรุปผลการทดลองได้ในขอบเขตที่กว้างขวางขึ้นได้

5. การสุ่ม (Randomization) เป็นวิธีการจัด Treatment ให้แก่หน่วยทดลองโดยอาศัยกฎแห่งโอกาส หรือความน่าจะเป็น (Law of chance หรือ Probability) เข้าช่วย เพื่อเป็นหลักประกันว่าหน่วยทดลองแต่ละหน่วยมีโอกาสเท่ากันที่จะได้รับ Treatment ใดๆก็ได้ตามกฎแห่งโอกาส ทั้งนี้เพื่อเป็นการขจัดความได้เปรียบเสียเปรียบระหว่างTreatment ซึ่งในการทดลองทั่วๆไปจะต้องมีการสุ่มเสมอ

หน้าที่ของการสุ่มที่สำคัญมี 2 ประการคือ

1. เพื่อเป็นการขจัดความลำเอียง (Bias) ที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ทั้งนี้เพราะในการทดลองการที่จะให้หน่วยทดลองใดได้รับTreatment ใดๆนั้นทุกอย่างจะต้องเป็นไปโดยสุ่มเพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียง ซึ่งจริงๆ แล้ว Bias อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งในกรณีที่เป็น

-Systematic bias ได้แก่ความลำเอียงที่เกิดขึ้นจากการจัดระบบในการวัด เช่นในการทดสอบการชิมที่ต้องลำดับจาก 1 2 3 และ 4 เสมอๆ)

-ความลำเอียงจากความต้องการหรือความพอใจของผู้ทดลองเอง (ชอบตัวไหน สิ่งไหน ก็ให้แต่สิ่งดีกับตัวนั้นๆ)

2. การสุ่มทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นไปตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์ (Assumption underling the analysis) โดยเฉพาะข้อกำหนดของการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่เป็นที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพราะว่าจริงๆ แล้ว

ในการทดลองทุกครั้ง ข้อมูลหรือตัวเลขที่ได้มาจะต้องนำไปตรวจสอบ (Check assumption)เสียก่อนว่า ข้อมูลเหล่านั้นๆมีลักษณะที่เป็นไปตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์หรือไม่ หรืออาจจะพูดได้ว่าข้อมูลเหล่านั้นสามารถใช้วิเคราะห์ได้หรือไม่ ซึ่งข้อกำหนดของข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นมี 2 ข้อสำคัญได้แก่

1. Error ต้องเกิดขึ้น หรือ เป็นไปโดยสุ่ม (Random) มีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) เป็นอิสระจากกัน (Independent) มีค่าเฉลี่ย (μ) = 0 และมีความแปรปรวน(σ^2) เท่ากัน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $\in \sim$ NID (0, σ^2)
2. อิทธิพลต่างๆ ทั้ง Treatment และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ต้องเป็นแบบสะสมบวก (Additive effect) เช่น Model ดังต่อไปนี้

$$y_{ij} = \mu + \sigma_i + T_j + \in_{ij}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่าอิทธิพลต่างๆเหล่านี้อยู่ในรูปของอิทธิพล**แบบสะสมบวก**(additive effects) ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยใดๆเลยที่**ไม่ใช่อิทธิพลแบบสะสมบวก** (non additive effect) เช่น คูณ หรือ หาร เป็นต้น

6. แบบหุ่น หรือ รูปแบบทางสถิติ (Statistical model) เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่บอกให้ทราบว่า ค่าสังเกต ต่างๆที่ได้จากการทดลองนั้นๆมีอิทธิพลของปัจจัยใดอยู่บ้าง เช่นในการทดลองที่มี 2 หน่วยทดลองดังนี้

จะเห็นว่า ผลผลิตของหน่วยทดลองที่1 ให้ Y_1 = 10

ผลผลิตของหน่วยทดลองที่ 2 ให้ Y2 = 8

ซึ่งทั้ง 2 หน่วยมีค่าเฉลี่ย = $\frac{(10 + 8)}{2}$ = **9**

แต่การที่ Y_1 = 10 ก็เพราะ เกิดจากค่าเฉลี่ย(9) และ error1 (1) มารวมกัน

ขณะที่ Y2 = 8 ก็เพราะ เกิดจากค่าเฉลี่ย(9) และ error2(-1) มารวมกัน

ซึ่ง Error นี้ก็คือ Inherent variation คือความผันแปรที่มีอยู่แล้วในหน่วยทดลองและเราไม่สามารถอธิบายได้

ดังนั้น ในกรณีเช่นนี้ เราสามารถจะเป็น Model ได้ว่า

$$Yi = \mu + \in i$$

แต่ในการทดลองจริง ค่าสังเกตุที่ได้จะมีอิทธิพลของ Treatment เข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วย คือ หน่วยทดลองที่ได้รับ Treatment ที่ต่างกันก็จะให้ผลที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้ Treatment แก่ หน่วยทดลองที่ต่างกันนี้ ทำให้อิทธิพลของ Treatment ที่ให้แก่หน่วยทดลองแตกต่างกันด้วย ดังนั้นค่าสังเกตที่ได้จึงควรจะประกอบด้วยอิทธิพลของ Treatment อยู่ด้วยนอกจากค่าเฉลี่ย (μ) และ Error term ($\in$) ดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งอาจจะเขียนเป็น Model ทางสถิติได้ว่า

$$Y_{ij} = \mu + \tau i + \in ij$$

ซึ่งสมการดังกล่าวนี้เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายได้ว่าในค่าสังเกตแต่ละค่านั้นประกอบด้วยส่วนต่างๆอะไรบ้างเพื่อเป็นการบอกให้ทราบว่าค่าสังเกตดังกล่าวมีปัจจัยอะไรมากระทบต่อการแสดงออกของค่าสังเกต (Y_{ij}) บ้าง

7. ปัจจัย (Factor หรือ Class of treatment) เป็นตัวแปรอิสระที่สนใจจะศึกษาว่ามีความสัมพันธ์หรือมีผลกระทบต่อตัวแปรตามหรือไม่

8. ระดับของปัจจัย (Factor level หรือ Treatment within) เป็นประเภทต่างๆของปัจจัยที่กำลังศึกษาอยู่ ซึ่งก็คือแต่ละ Treatment ภายใน Factor นั่นเอง

9. ปัจจัยคงที่และปัจจัยสุ่ม (Fixed Factor and Random Factor) ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นจะต้องทำความเข้าใจว่าปัจจัยที่กำลังจะศึกษานั้นเป็นปัจจัยคงที่หรือปัจจัยสุ่ม ซึ่งปัจจัยสุ่มหมายถึง ปัจจัยที่ระดับของปัจจัย (Level) ที่นำมาศึกษาจัดเป็นบางส่วนของระดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัจจัยนั้น เช่น ปุ๋ยเป็นปัจจัยที่กำลังศึกษา ถ้าปุ๋ยจริงๆมีอยู่ 20 สูตรแต่เรานำมาศึกษาแค่เพียง 5 สูตร และการอนุมานผลก็สรุปอ้างถึงทั้ง 20 สูตร ดังนั้นปุ๋ยในการศึกษาครั้งนี้จึงจัดว่าเป็นปัจจัยสุ่ม ส่วนปัจจัยคงที่หรือปัจจัยกำหนดคือ ปัจจัยที่ระดับของปัจจัยที่นำมาศึกษาจัดเป็นจำนวนระดับที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัจจัยนั้น เช่น การศึกษาสูตรอาหารสุกรของบริษัท A ที่ผลิตได้มี 5 สูตร เมื่อทำการศึกษาอาหารทั้ง 5 สูตร

10. หน่วยย่อยหรือหน่วยตัวอย่าง (Sampling Unit) เป็นหน่วยย่อยในหน่วยทดลอง (Experimental Unit)

11. ผลตอบสนอง (Yield หรือ Response) คือสิ่งที่วัดได้จากหน่วยทดลอง

12. การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)

สมมติฐาน (Hypothesis) มี 2 ชนิด คือ สมมติฐานทางการวิจัย (Resaerch hypothesis) กับสมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis) การวิจัยบางเรื่องอาจไม่มีสมมติฐานการวิจัยที่ มีสมมติฐานมักเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นต้น หรือเป็นการวิจัยที่อยู่ในลักษณะ ที่เป็นการเปรียบเทียบความมีวินัยในตนเองระหว่างนักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูด้วยวิธีต่างกัน

กระบวนการทดสอบสมมติฐาน จะช่วยผู้วิจับในการตัดสอนใจสรุปผลว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรจริงหรือไม่ หรือช่วยใจการตัดสอนใจเพื่อสรุปผลว่าสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้นแตกต่างกันจริงหรือไม่ สำหรับหัวข้อสำคัญที่จะกล่าวถึงคือ ความหมายของสมมติฐาน ประเภทของสมมติฐาน ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน ชนิดของความคลาดเคลื่อน ระดับนัยสำคัญ และการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทางและแบบไม่มีทิศทาง

ความหมายของสมมติฐาน

สมมติฐาน คือ คำตอบที่ผู้วิจัยคาดคะเนไว้ล่วงหน้าอย่างมีเหตุผล หรือสมมติฐานคือข้อความที่อยู่ในรูปของการคาดคะเนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว หรือมากกว่า 2 ตัวเพื่อใช้ตอบปัญหาที่ต้องการศึกษา สมาติฐานที่ดีมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญ 2 ประการคือ

1. เป็นข้อความที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

2.เป็นสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้โดยวิธีการทางสถิติ

ประเภทของสมมติฐาน

สมมติฐานมี 2 ประเภท คือ

1. สมมติฐานทางการวิจัย(Resaerch hypothesis) เป็นคำตอบที่ผู้วิจัยคาดคะเนไว้ล่วงหน้าและเป็นข้อความที่แสดงความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปร ตัวอย่างเช่น

ตัวอย่างที่ 1 นักเรียนในกรุงเทพฯจะมีทัศนะคติทางวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนในชนบท

ตัวอย่างที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูด้วยวิธีการต่างกัน จะมีวินัยในตนเองต่างกัน

ตัวอย่างที่ 3 ความถนัดทางการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตัวอย่างที่ 4 ความสนใจในการชมภาพยนตร์กับระดับการศึกษาของผู้ชมมีความสัมพันธ์กัน

สมมติฐานดังกล่าวเป็นเพียงการคาดคะเน ยังไม่เป็นความรู้ที่เชื่อถือได้ จนกว่าจะได้รับการทดสอบโดยใช้วิธีการทางสถิติ

ตัวอย่างที่ 1 มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ 1) ภูมิลำเนาของนักเรียน และ 2)ทัศนะคติทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างที่ 2 มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ 1) วิธีการอบรมเลี้ยงดูและ 2) วินัยในตนเอง

ตัวอย่างที่ 3 มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 2 ตัว คือ 1) ความถนัดทางการเรียน และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตัวอย่างที่ 4 มีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 2 ตัวคือ 1)ความสนใจในการชมภาพยนตร์ 2) ระดับการศึกษาของผู้ชม

สมมติฐานทางการวิจัย มี 2 ชนิดคือ การทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทางและไม่มีทิศทาง

ในการทดสอบสมมติฐานอาจทำได้ 2 ลักษณะคือ การทดสอบแบบมีทิศทาง (Directional test หรือการทดสอบแบบหางเดี่ยว (one tailed test) และการทดสอบแบบไม่มีทิศทาง (non directional test) หรือการทดสอบแบบ 2 หาง (two tailed test)

คำว่า “หาง” ในทางสถิติหมายถึง ส่วนปลายของโค้งทั้ง 2 ข้าง

ภาพ แสดงส่วนปลายของโค้งทั้ง 2 ข้างที่เรียกว่าหางในทางสถิติ

1.1 สมมติฐานทางการวิจัยมีแบบมีทิศทาง (Directional hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนระบุอย่างชัดเจนถึงทิศทางของความแตกต่างถึงทิศทางของความแตกต่างระหว่างกลุ่ม โดยมีคำว่า “ ดีกว่า ” หรือ “ สูงกว่า ” หรือ “ ต่ำกว่า ” หรือ “ น้อยกว่า” ในสมมติฐานนั้นๆดังตัวอย่างที่ 1 ข้างต้น หรือระบุทิศทางของความสัมพันธ์ โดยมีคำว่า “ ทางบวก ” หรือ“ทางลบ ” ในสมมติฐานนั้นๆ

เช่น

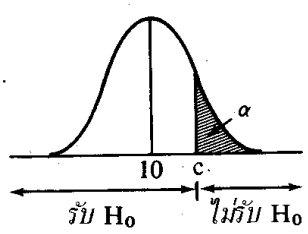
ผู้บริหารเพศชายมีประสิทธิภาพในการบริหารงาน**มากกว่า**ผู้บริหารเพศหญิง

ผู้บริหารชายมีการใช้อำนาจในตำแหน่ง**มากกว่า**ผู้บริหารหญิง

ครูอาจารย์เพศชายมีความวิตกกังวลในการทำงาน**น้อยกว่า**ครูอาจารย์เพศหญิง

เจตคติต่อวิชาวิจัยทางการศึกษามี**ความสัมพันธ์ทางบวก**กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิจัยทางการศึกษา

และเมื่อทำการทดสอบแล้ว ถ้าหากปรากฏว่าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในเขตวิกฤติเราก็จะปฏิเสธ Ho ว่า Hoนั้นไม่จริง



ภาพ ขอบเขตการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทาง (Directional test ***หรือ*** one tailed test

1.2 สมมติฐานทางการวิจัยไม่มีแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional hypothesis) หรือเรียกว่าการทดสอบแบบ 2 หาง (Two tailed test) เป็นการทดสอบที่มุ่งพิจารณาว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยไม่ได้คำนึงว่าความแตกต่างเป็นไปในทิศทางใด ซึ่งในการตั้ง H_1 ของการทดสอบแบบนี้จะตั้งไว้ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรมีค่าไม่เท่ากัน กล่าวคือ

Ho: μ1=μ2

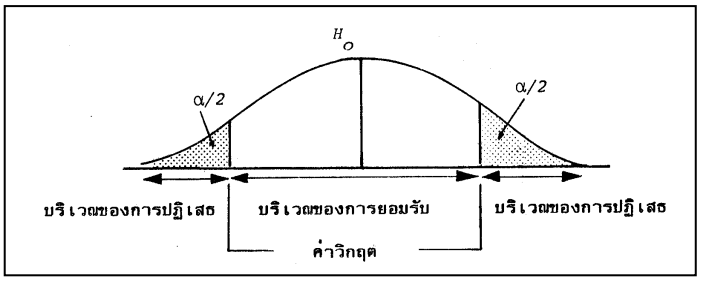
H1: μ1 ≠ μ2 หรือ μ ≠ μ0

หรือ

นักเรียนที่มีเพศต่างกันมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ผู้บริหารที่มีเพศต่างกันมีปัญหาในการบริหารงานวิชาการแตกต่างกัน

ภาวะผู้ของผู้บริหารมีความสัมพันธ์กับบรรยากาศองค์การ



ภาพ ขอบเขตการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานแบบไม่มีทิศทาง (Non directional test ***หรือ*** two tailed test

ในการทดสอบแบบ 2 ทางนี้ ค่าวิกฤตหรือค่าที่เป็นจุดแบ่งเขตยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานจะถูกแบ่งเป็น 2 ข้าง ทางด้านปลายแต่ละข้างของโค้ง (หาง) ซึ่งปริมาณของค่าวิกฤตแต่ละข้างมีค่า = $\frac{\alpha}{2}$

เช่น ถ้ากำหนด α = 0.05 ขอบเขตของค่าวิกฤตแต่ละข้างก็จะมีค่า = $\frac{0.05}{2}$ = 0.025

ดังนั้น ค่าสถิติที่คำนวณได้จึงมีโอกาสที่จะตกอยู่บริเวณเขตวิกฤติของปลายทั้ง 2 ข้างได้ กล่าวคือถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบก็จะต้องอยู่ต้นซ้ายของรูปแต่ว่าค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่าเป็นบวกก็จะไปตกอยู่ด้านขวาของรูป ซึ่งจะอยู่ในเขตวิกฤตหรือไม่ก็เป็นไปตามผลการทดสอบสมมติฐาน

2. สมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis) เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อใช้ทดสอบว่าสมมติฐานทางการวิจัยที่ผู้วิจัยตั้งไว้เป็นจริงหรือไม่ เป็นสมมติฐานที่เขียนอยู่ในรูปแบบของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้อยู่ในรูปที่สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีการทางสถิติ สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนในสมมติฐานทางสถิติจะเป็นพารามิเตอร์เสมอ ที่พบบ่อยๆได้แก่

μ (อ่านว่า มิว) แทนตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร

σ (อ่านว่า ซิกมา) แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มประชากร

ρ (อ่านว่า โร) แทนสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

สมมติฐานทางสถิติ มี 2 ชนิดคือ

2.1 สมมติฐานที่เป็นกลางหรือสมมติฐานที่ไร้นัยสำคัญ (Null hypothesis) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ H_0

2.2 สมมติฐานอื่น(Alternative hypothesis) สัญลักษณ์ที่ใช้ คือ H_1

ในการวิจัยหลังจากที่ตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยมักจะตั้งสมมติฐานทางการวิจัยเพื่อคาดคะเนคำตอบไว้ล่วงหน้า แล้วจึงเก็บรวบรวม ข้อมูลเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานทางการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยจะต้องแปลงสมมติฐานทางการวิจัยให้เป็นสมมติฐานทางสถิติก่อน จึงจะทดสอบได้ด้วยวิธีการทางสถิติเวลาตั้งสมมติฐานทางสถิติจะต้องตั้งทั้ง Null hypothesis และ Alternative hypothesis

สมมติฐานไร้นัยสำคัญแทนด้วย H_0 เป็นสมมติฐานที่แสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

หมายความว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 เท่ากันหรือไม่มีความแตกต่างกัน

$H_0 \quad : \quad \rho \; = \; 0$

หมายความว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X กับตัวแปร Y

สมมติฐานอื่น แทนด้วย H_1 เป็นสมมติฐานที่แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เช่น

$H_0 \quad : \mu_1 \neq \mu_2$

หมายความว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ไม่เท่ากันหรือมีความแตกต่างกัน

$H_1 \quad : \rho \neq 0$

หมายความว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ในกรณีที่เป็นงานวิจัยในลักษณะเปรียบเทียบ

H_1 จะมีได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

$H_1 \quad : \mu_1 \neq \mu_2$

$H_1 \quad : \mu_1 > \mu_2$

$H_1 \quad : \mu_1 < \mu_2$

(1) ในกรณีที่เป็นงานวิจัยที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร H1 มีได้ 3 ลักษณะดังนี้

$H_1 \; : \; \rho \neq 0$

$H_1 \; : \; \rho > 0$

$H_1 \; : \; \rho < 0$

ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละครั้งจะใช้ H_1 เพียงลักษณะเดียว โดยตั้งให้สอดคล้องกับสมมติฐานทางการวิจัย

ข้อสังเกต ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแต่ละครั้ง H_0 และ H_1 จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสถิติที่ใช้

ตัวอย่างที่ 1

วัตถุประสงค์การวิจัย

" เพื่อเปรียบเทียบความเป็นผู้นำระหว่างนักเรียนหญิงและนักเรียนชาย "

สมมติฐานทางการวิจัย

" นักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีลักษณะความเป็นผู้นำแตกต่างกัน "

สมมติฐานทางสถิติ

ตั้งทั้ง H_0 และ H_1 ดังนี้

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

ตัวอย่างที่ 2

วัตถุประสงค์การวิจัย

" เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ "

สมมติฐานทางการวิจัย

" เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ "

สมมติฐานทางสถิติ

ตั้ง H_0 และ H_1 ดังนี้

$H_0 : \rho = 0$

$H_1 : \rho \neq 0$

ข้อสังเกต ในตัวอย่างที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม 2 กลุ่มโดยนำข้อมูลที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลในมาตราอันตรภาค (เป็นคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบลักษณะความเป็นผู้นำ) สมามติฐานทางสถิติจึงตั้งอยู่ในรูปของการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่ม 2 กลุ่ม ส่วนในตัวอย่างที่ 2 เป็นการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรซึ่งได้มาจากแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง การตั้งสมมติฐานทางการวิจัยและสมมติฐานทางสถิติไปในรูปแบบต่างๆ

สมมติฐานทางการวิจัย	สมมติฐานทางสถิติ
1. ความถนัดทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์	H_0 : $\rho = 0$ H_1 : $\rho \neq 0$
2. นักเรียนที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูด้วยวิธีต่างกันจะมีวินัยในตนเองแตกต่างกัน	H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$
3. การพิจารณาความดีความชอบของข้าราชการโดยคำนึงถึงความสามารถมีความสัมพันธ์กันทางกับขวัญในการทำงานของข้าราชการ	H_0 : $\rho = 0$ H_1 : $\rho \neq 0$
4. วิธีการสอนแบบใช้คู่มือครูให้ผลน้อยกว่าวิธีการสอนแบบบทเรียนสำเร็จรูป	H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ H_1 : $\mu_1 > \mu_2$
5. ผู้บริหารโรงเรียนที่มีประสบการณ์ในการบริหารงานต่างกันจะมีปัญหาการปฏิบัติงานบริหารบุคลากรแตกต่างกัน (ประสบการณ์แบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ 0-5ปี ขึ้นไป 5 ปีขึ้นไป -10 ปี มากว่า 10 ปี)	H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ H_1 : มี μ อย่างน้อยหนึ่งคู่ไม่เท่ากัน (หรือ H_1 : $\mu_i \neq \mu_j$ เมื่อ i≠j

รูปแบบการเขียนสมมติฐานทางสถิติอาจเขียนได้แตกต่างจากนี้ขึ้นอยู่กับสมมติฐานทางการวิจัย

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด Hypothesis ทั้ง Ho และ H1
2. เลือกใช้ค่าสถิติให้เหมาะสมกับการทดสอบสมมติฐานซึ่งการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมนั้นจะต้องหาข้อกำหนดเบื้องต้น(Assumption) ของสถิติแต่ละค่า เช่น ถ้าเลือกใช้ ค่าสถิติ Z (Z - test) นั้น Assumption ที่ต้องมีคือ 1) ตัวอย่างต้องมีการกระจายแบบสุ่ม(random) มีการแจกแจงแบบ

ปกติ (Normal distribution) และตัวแปรแต่ละหน่วยจะต้องเป็นอิสระต่อกัน (Independence) และต้องมีจำนวนตัวอย่างต้องมีมากกว่า 30 เหล่านี้เป็นต้น

หรือ ถ้าเลือกใช้ตัวสถิติที่เป็นค่า t (t-test) หรือตัวสถิติ F (F-test) ข้อมูลที่ศึกษาก็จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของการวิเคราะห์นั้นๆด้วย

3. กำหนดค่าวิกฤต โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ ซึ่งจะต้องพิจารณารวมกับค่าสถิติที่ใช้ เช่นถ้าใช้ค่า Z และใช้การทดสอบที่ต่างกัน 2 วิธีคือ

3.1 ในกรณีที่เป็นการทดสอบสมมติฐาน 2 ทางและกำหนดระดับนัยสำคัญ= 0.05 โดยตั้ง Hypothesis ดังนี้ (ภาพที่ 1.6)

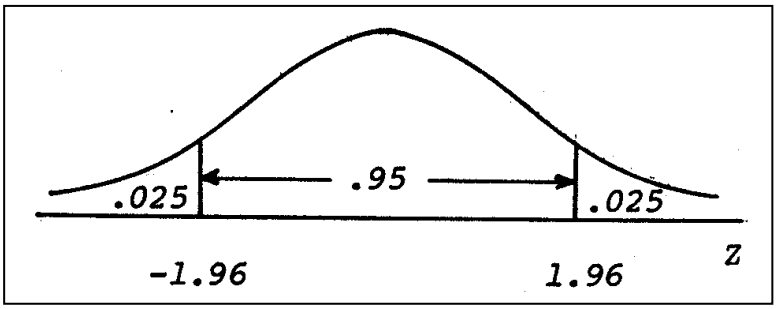
Ho: $\mu 1 = 80$

H_1: $\mu 1 \neq 80$

ค่าวิกฤตที่ได้จากตาราง (Standard normal curve) ที่ได้เมื่อใช้ $\alpha = 0.05$

$\therefore$ พื้นที่ใต้โค้งปกติที่จะใช้หาค่า Z คือ $1-\frac{0.05}{2} = 0.975$

ซึ่งได้แก่ค่า Z จากตาราง = 1.96 นั่นคือค่าวิกฤติ = $\pm$ 1.96



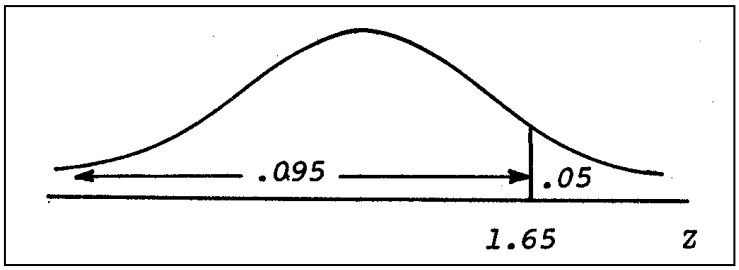
ภาพ ขอบเขตการยอมรับและปฏิเสธ Ho ***ของ การทดสอบสมมติฐานแบบ*** 2 ***ทางที่กำหนดระดับนัยสำคัญ*** = 0.05 ***โดยใช้ตัวทดสอบ*** Z

3.2)ในกรณีที่เป็นการทดสอบสมมติฐานแบบหาง โดย กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และตั้งสมมติฐานดังนี้คือ

Ho: $\mu=80$

H1: $\mu> 80$

ค่าวิกฤตจากตาราง Standard normal curve (ดูตาราง Standard normal curve ประกอบด้วย) ที่จะนำไปหาค่า Z คือ 1-0.05 = 0.95 ซึ่งค่า Z ที่ได้จากตารางคือ 1.65 (ค่าเป็นบวก)



***ภาพ ขอบเขตการยอมรับและปฏิเสธ*Ho *ของ การทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียวที่กำหนดระดับนัยสำคัญ* = 0.05 *โดยใช้ตัวทดสอบ* Z

4. กำหนดกฎการตัดสินใจ (decision rule) ซึ่งอาจจะเป็นได้ 3 กรณีต่อไปนี้คือ

ก. จะปฏิเสธ Ho ถ้าหากว่าค่าสถิติ (Z) ที่ได้จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่าวิกฤต ในกรณีที่เป็นการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียวขวามือ

ข. จะปฏิเสธ Ho ถ้าหากว่า ค่าสถิติ (Z) ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤตในกรณีนี้เป็นการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดี่ยวซ้ายมือ

ค. จะปฏิเสธ Ho ถ้าหากว่าค่าสถิติที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตที่อยู่ทางขวามือ และน้อยกว่าค่าวิกฤตที่อยู่ซ้ายมือในกรณีที่เป็นการทดสอบสมมติฐานแบบ 2 ทาง

5. คำนวณค่าสถิติที่ใช้ เช่น ค่า Z ค่า t หรือค่า F เป็นต้น

6. สรุปผลว่าปฏิเสธหรือยอมรับ Ho โดยใช้กฎการตัดสินใจช่วยในการพิจารณา

ทั้งหมดนี้คือสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งทั้งสมมติฐานและการประมาณค่าเป็นหัวใจหลักของ Inferential statistics และหลักการวางแผนการทดลองก็ต้องอาศัยวิธีการในการทดสอบสมมติฐานเช่นกัน รวมทั้งอาศัยวิธีการอื่นของหลักการทางสถิติเชิงอ้างอิงเช่นกัน ดังนั้น นักศึกษาจึงควรที่จะทำความเข้าใจเรื่องนี้เพิ่มเติมจากตำราอื่นๆ ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาเข้าใจหลักการวางแผนการทดลองได้ดียิ่งขึ้น

ความคลาดเคลื่อนในการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อมีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ จะต้องมีการตัดสินใจว่า จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานไร้นัยสำคัญทางสถิติ (H_0)ที่ตั้งเอาไว้ ไม่ว่าเราจะยอมรับหรือปฏิเสธ ก็อาจให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจได้ ซึ่งการตัดสินใจดังกล่าว จะมีความคลาดเคลื่อนได้ 2 ประเภท คือ

1. ความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 (Type I Error)

2. ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II Error)

Type I Error

หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธ H_0 ***ทั้งที่*** H_0 ***เป็นจริง ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับ*** α ***(อัลฟา)***

ค่า α คือ ค่าความน่าจะเป็นซึ่งก็คือ ค่า **ระดับนัยสำคัญทางสถิติ** ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ก่อนทำการทดสอบสมมติฐานนั้นเอง

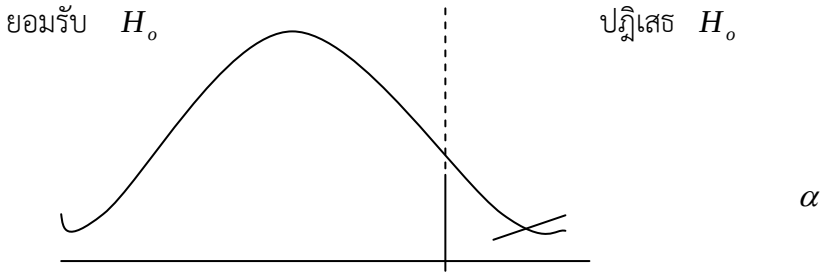
Type II Error

หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับ H_0 ***ทั้งที่*** H_0 ***เป็นเท็จ ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 มีค่าเท่ากับ*** β ***(เบตา)***

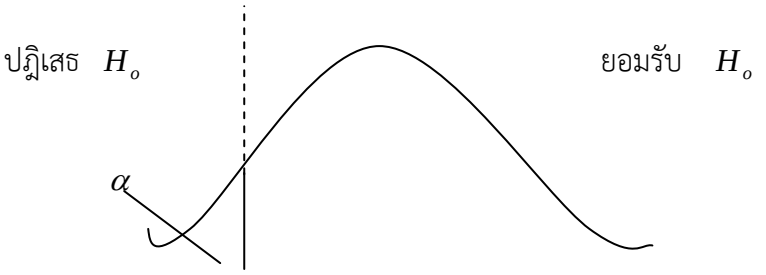
(Freund and Walpole . 1980: 363)

การทดสอบสมมติฐานแบบมีทิศทางและไม่มีทิศทาง
(Directonal and Indirect ional test)

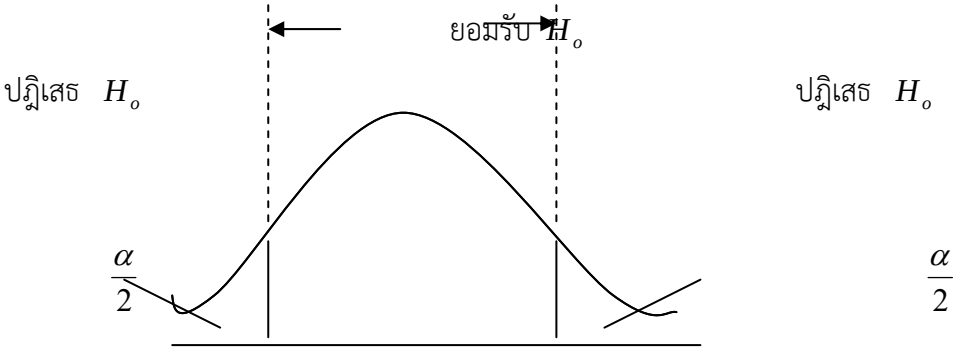
1. การทดสอบแบบมีทิศทาง หรือบางทีเรียกว่า การทดสอบแบบหางเดียว
(One- tailed test) มี 2 กรณี คือ
1.1 กรณีหางเดียวทางขวา $H_1 \quad : \mu_1 > \mu_2$



1.2 กรณีหางเดียวทางซ้าย $H_1 \quad : \mu_1 < \mu_2$



2. แบบไม่มีทิศทาง หรือการทดสอบแบบสองหาง (Two - tailed test) ซึ่งเป็นการทดสอบเมื่อ $H_1 \quad : \mu_1 \neq \mu_2$



13. การจัดกลุ่ม (Block) เป็นการจัดกลุ่มของหน่วยทดลองที่มีความผันแปรในหน่วยทดลองเองก่อนที่จะมีการกำหนดสิ่งทดลองให้ โดยหลักในการจัดกลุ่มก็คือหน่วยทดลองที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะจัดให้มีความสม่ำเสมอกันหรือเหมือนกันมากที่สุด และหน่วยทดลองที่อยู่ต่างกลุ่มกันจะจัดให้มีความแตกต่างกันมากที่สุด

ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวน Replication

จำนวน Replication ที่เหมาะสมในการทดลองนั้น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่หลายประการได้แก่ 1. ความผันแปรของหน่วยทดลอง (Variation of experimental unit) การทดลองที่ใช้หน่วยทดลองที่มีความผันแปรมาก จำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมากกว่าการทดลองที่ใช้หน่วยทดลองที่มีความผันแปรน้อยกว่า ซึ่งค่า Parameter ที่บอกถึงความมากน้อยของความผันแปรได้แก่ Variance (σ^2) ของหน่วยทดลอง แต่ค่าความผันแปรของหน่วยทดลองมักจะมีความผันแปรตามขนาดของหน่วยทดลองที่ใช้ ดังนั้นจึงนิยมใช้ค่าอื่นซึ่งได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of

variation: CV) ซึ่งก็คือเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) นั้นเอง เพื่อเป็นตัวบอกถึงความผันแปรของหน่วยทดลองแทน ซึ่ง สามารถคำนวณค่าได้ดังนี้

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \mathbf{x100} \qquad \text{(CV of Population)}$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \mathbf{x100} \qquad \text{(CV of sample)}$$

ในการทดลองทั่วๆไปจึงนิยมใช้ค่า CV เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเป็นตัวบ่งชี้ถึงความผันแปรของการทดลอง ดังนั้นในการทดลองจะใช้จำนวนซ้ำมากน้อยแค่ไหนก็จะขึ้นอยู่กัน CV ด้วย คือถ้าหากว่าหน่วยทดลองมี CV สูงก็ต้องใช้จำนวนซ้ำมากขึ้น เพื่อให้ได้ความแม่นยำในการทดลองมากขึ้นนั่นเอง แต่ถ้าหากว่า หน่วยทดลองมี CV ต่ำอยู่แล้วก็ไม่จำเป็นต้องใช้ จำนวนซ้ำมากก็ได้

แต่ในความเป็นจริงแล้ว จำนวนซ้ำที่เหมาะสมควรจะได้จากการคำนวณหาจำนวนซ้ำในการทดลองนั้นๆ ซึ่งในการคำนวณก็ต้องใช้ค่า CV ด้วย แต่จะไม่กล่าวในที่นี้ เพราะต้องรู้ CV มาตรฐานจึงจะสามารถคำนวณหาค่าจำนวนซ้ำที่เหมาะสมได้ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจำนวนซ้ำประการแรกคือค่า CV ของ หน่วยทดลอง

จำนวนTreatment ที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากจำนวน Treatment ที่ใช้มีผลต่อค่า degree of freedom ของ Error (Error df) เพราะในการทดลองที่มี Treatment มากๆ จะทำให้มีค่า Error df สูง เพราะ Error MS ได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{Error MS} = \frac{\text{ErrorSS}}{\text{Errordf}}$$

ซึ่งถ้าหากการทดลองใดมีค่า Error df สูงก็จะทำให้มีความแม่นยำในการทดสอบมากขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าการทดลองที่มี Error df มาก ๆ จะทำให้ Error Mean square: Error MS) มีค่าต่ำ ซึ่งเมื่อ Error MS ต่ำ ซึ่งก็คือค่าประมาณของvariance (Error MS เป็นค่าประมาณของค่า variance ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน) มีค่าต่ำ และการมี variance ต่ำแสดงว่าการทดสอบนั้นๆมีความแม่นยำสูงนั้นเอง ดังนั้นในงานทดลองถ้าหากมีจำนวนTreatment มากๆ ก็จำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำลดลง

2. ปริมาณความแตกต่างระหว่าง Treatment ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Treatment ถ้าหากว่าค่าของ 2 Treatment แตกต่างกันมากก็ไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมากก็พอที่จะให้ความมั่นใจในการทดสอบได้ เช่น ในการแข่งขันฟุตบอลระหว่าง 2 ทีมคือทีม A กับ B มีผลการแข่งขันดังนี้

A ทำประตูได้ 10 ประตู

B ทำประตูได้ 0 ประตู ดังนั้น Score เป็น 10:0 ซึ่งแตกต่างกันมาก

ในกรณีนี้มีความแตกต่างระหว่าง Score มาก จึงพอที่บอกได้ว่าทีมไหนเก่งกว่ากัน ไม่จำป็นต้องแข่งนัด replay หลายๆ ครั้ง เปรียบได้กับกรณีที่ Treatment ที่มีความแตกต่างกันมาก ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวนซ้ำมาก

3. ขนาดของความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดสอบสมมุติฐาน กล่าวคือในการตัดสินใจว่ายอมรับหรือ ปฏิเสธ Ho นั้น มีความเป็นไปได้ในการที่จะสรุปผลผิดทั้งที่เป็นความผิดประเภทที่1 (Type I error) และความผิดประเภทที่2 (Type II error) ซึ่งโอกาสของการสรุปผลผิดทั้ง 2 ประเภทนี้แทนด้วย α และ β ตามลำดับ ซึ่งถ้าหากต้องการให้มีโอกาสผิดในการสรุปผลทั้งสองชนิดต่ำ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าถ้าหากต้องการให้มีโอกาสในการสรุปผลจากการทดสอบมีความแม่นยำสูง จึงจำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมากขึ้นด้วย ดังนั้นการทดลองใดที่ต้องการให้มีความคลาดเคลื่อนต่ำ จำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมากกว่าด้วย

ในทางปฏิบัติเราจะกำหนดค่า α ไว้คงที่ (Fix) คือที่ระดับนัยสำคัญระดับใดระดับหนึ่ง (0.05 0.01 หรือ 0.001) แล้วก็เลือกใช้วิธีการทางสถิติที่ทำให้ค่า β ต่ำที่สุด และเมื่อ β มีค่าต่ำสุด ค่า 1-β ก็จะมีค่าสูงสุด ซึ่งเราเรียก 1-β ว่า Power of the test หรือ พลังหรือ อำนาจในการทดสอบ

4. ประเภทของการทดสอบ ตามที่ได้ทราบแล้วว่าในการทดสอบสมมุติฐานนั้น การทดสอบแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- การทดสอบแบบหางเดี่ยว (One tailed test)
- การทดสอบแบบ 2 หาง (Two tailed test)

ซึ่งการพิจารณาว่าเป็นการทดสอบสมมุติฐานแบบไหนก็คำนวณของ H_1 กล่าวคือ ถ้าเป็น One tailed test นั้น H_1 จะระบุไว้ดังนี้

Ho: μ1 = μ2

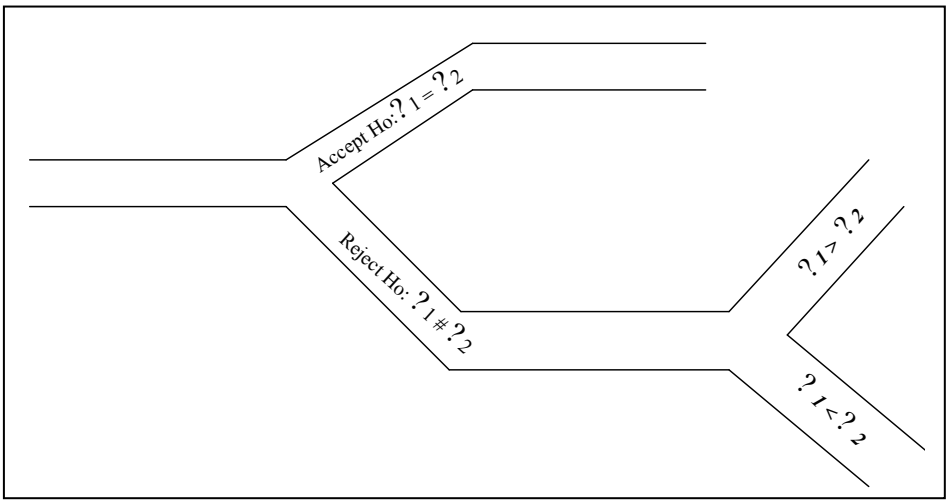
H_1: μ1 >μ2 (เนื่องจากH_1 กำหนดชัดเจนไปเลยว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางใดจึงจัดเป็นการทดสอบแบบหางเดี่ยว (One tailed test))

แต่ในกรณีต่อไปนี้คือ

Ho: μ1 = μ2

H_1: μ1 ≠ μ2 (เนื่องจากH_1 ไม่ได้ระบุชัดเจนลงไปว่าความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางใดเพียงแต่ระบุว่าไม่เท่ากัน แต่ไม่รู้ว่าจะมากหรือน้อยกว่า ซึ่งมีความเป็นไปได้ทั้ง 2 ทาง ดังนั้นเรียกการทดสอบแบบนี้ว่าเป็นการทดสอบแบบ2หาง (Two tailed test))

เนื่องจากการทดสอบแบบ Two tailed test มีความเสี่ยงมากกว่าในการตัดสินใจเพื่อที่จะให้ได้คำตอบที่ถูก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมากกว่า One tailed test ซึ่งเปรียบได้กับการตัดสินใจในการเลือกทางเดินเพื่อไปสู่เป้าหมาย 2 วิธีดังนี้



ดังเมื่อพิจารณาตาม Decision theory แล้วTwo tailed tests จึงมีความเสี่ยงในการตัดสินใจผิดมากกว่าจึงจำเป็นต้องใช้จำนวนซ้ำมากกว่า

14. แผนการทดลองที่ใช้ (Experimental design)

การทดลองที่ต้องการให้มีความแม่นยำในการทดสอบเท่าๆ กันแต่ถ้าใช้แผนการทดลองที่ต่างกัน จำนวนซ้ำที่ใช้ก็ต่างกันด้วย ในกรณีของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized design: CRD) นั้น ใช้จำนวนซ้ำน้อยกว่าแผนการทดลองแบบ Randomized completed block design: RCBD)

7. งบประมาณ (Budget) และเวลา (Time) เป็นสิ่งที่จำกัดจำนวนซ้ำเช่นกันเพราะการทดลองที่ใหญ่เกินไปจะต้องใช้งบประมาณมากและต้องเสียเวลาด้วย

ขั้นตอนในการวางแผนการทดลอง (Steps in planning of experiment)

นักวิจัยที่ดีควรมีการวางแผนการทดลองก่อนที่จะดำเนินการทดลอง ทั้งนี้เพราะว่าการทดลองที่ไม่ได้วางแผนไว้ล่วงหน้าและเมื่อได้ทำการทำการทดลองไปเสร็จแล้ว ปรากฏว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ทางสถิติ หรือว่าวิเคราะห์ผลและสรุปผลของการทดลองแล้วได้ผลการทดลองที่ไม่สอดคล้องกับที่ได้ตรวจเอกสารไว้ และไม่สามารถให้คำอธิบายได้ว่าผลที่เป็นเช่นนั้นเป็นเพราะอะไร ซึ่งการทดลองลักษณะเช่นนี้ ถือว่าเป็นงานทดลองที่ล้มเหลว ถ้าเป็นปัญหาพิเศษที่มีการสอบก็ถือว่าสอบไม่ผ่าน เพราะไม่สามารถอธิบายเหตุผลของการทดลองได้ ดังนั้นการวางแผนการทดลองไว้ล่วงหน้าจึงมีความจำเป็นซึ่งขั้นตอนในการวางแผนการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดวัตถุประสงค์ (Statement of objective)

การวิจัยทุกครั้งจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายไว้ให้ชัดเจนว่าการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร ซึ่งโดยทั่วๆไปแล้ว วัตถุประสงค์ของการทำวิจัยนั้น ก็เพื่อเป็นการแก้ปัญหาของสังคม หรือเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์แก่สังคมต่อไป โดยที่ลักษณะของวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้นั้นควรจะมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

1. ควรจะมีความชัดเจน (Clear) ว่าด้วยการทราบอะไรบ้าง
2. ควรจะมีความจำเพาะ (Specific) ไม่ควรจะกว้างมากเกินไป เพราะการตั้งวัตถุประสงค์ไว้กว้างเกินไปจะเป็นปัญหาในทางปฏิบัติเพราะจะทำให้ยากต่อการปฏิบัติคือไม่ได้คือไม่รู้จะเอาทางไหนก่อน-หลัง

ซึ่งในการตั้งวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนั้นอาจตั้งไว้หลายวิธีเช่น

1. ตั้งเป็นคำถามที่ต้องการคำตอบเป็นข้อๆ ว่าต้องการทราบอะไร
2. ตั้งเป็นลักษณะของสมมุติฐาน ซึ่งต้องการทดสอบ
3. ตั้งในลักษณะที่เป็นผลที่ต้องประเมิน ฯลฯ

2. **ขั้นตอนการเลือก Treatment มาใช้ในการทดลอง (Experimental treatment)** ในขั้นตอนนี้ จริงๆแล้วเกี่ยวเนื่องอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทดลอง เพราะในขั้นตอนการตั้งวัตถุประสงค์ของการทดลองนั้น ถ้าหากได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ชัดเจนแล้วก็พอที่จะแสดงให้เห็นถึง Treatment ที่นำมาใช้ในการทดลองอยู่แล้วด้วยว่า Treatment มีกี่ระดับ แต่ละระดับมีความแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน จำเป็นต้องมี Standard หรือ Control หรือไม่ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะต้องมีข้อมูลสนับสนุนซึ่งทำได้โดยการตรวจเอกสารเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ เสียก่อน โดยสิ่งสำคัญที่ควรพิจารณาการตรวจเอกสารคือพิจารณาว่า อิทธิพลของ Treatment เหล่านั้นว่าเป็นแบบใด คือถ้าอิทธิพลเป็นแบบเส้นตรง คือเมื่อยังเพิ่มปริมาณเข้าไปผลตอบสนองก็เป็นขึ้นตามไปด้วย Treatment ที่ให้ผลตอบสนองที่เป็นลักษณะ

ดังกล่าว ไม่ควรใช้จำนวนTreatment มากก็ได้(2-3 Treatment)แต่ถ้าผลพิจารณาเป็นแบบเส้นโค้ง การใช้ Treatment ที่มากกว่า 3 Treatment ย่อมให้ผลการทดลองที่ดีกว่า นอกจากนี้แล้ว ผลของการตั้งวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนจะบอกให้ทราบว่า Treatment ที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็น Treatment ที่มาจากปัจจัยเดี่ยวหรือมาจากหลายปัจจัย และจำเป็นต้องศึกษาพื้นผิวของการตอบสนอง(response surface) ด้วยหรือไม่

นอกจากนี้สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกอย่างหนึ่งในขั้นตอนการเลือก Treatment มาใช้ในการทดลอง คือ ระยะห่างระหว่างระดับของ Treatment ว่าควรจะห่างกันมากน้อยแค่ไหน เพราะว่าระยะทางระหว่าง Treatment นี้จะเป็นตัวกำหนดผลของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error: SE) เพราะระยะห่างที่ต่างกันจะมีผลต่อ SE มาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า SE นี้ มีความไว (sensitive) ต่อระยะห่างมาก ซึ่งโดยทั่วๆไปแล้วช่วงที่ห่างกันมากของ Treatment จะทำให้การเปรียบเทียบผลงานทางสถิติที่ดีกว่า

ตัวอย่างของการเลือก Treatment มาใช้ในการทดลองเช่น ปัญหาที่เกิดขึ้นได้แก่หญ้าเนเปียร์ในแปลงปลูกของวิทยาเขตฯ ให้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นเราจึงควรทำการทดลองเพื่อแก้ปัญหานี้โดยที่เรามีเป้าหมายจะทำอย่างไรให้หญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตสูงขึ้น โดยที่ในการแก้ปัญหาดังกล่าวเราตั้งวัตถุประสงค์ในรูปของคำถามได้ดังนี้

1. ควรจะมีการใส่ปุ๋ยให้แก่หญ้าเนเปียร์หรือไม่ ซึ่งเราจะได้ Treatment ในขั้นต้นดังนี้
   T1 ไม่ใช้ปุ๋ย
   T2 ใช้ปุ๋ย
2. ถ้ามีการใส่ปุ๋ยจะใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยอนินทรีย์ ซึ่งเราจะได้ Treatment ต่อไปอีกดังนี้
   T1 ไม่ใช้ปุ๋ย
   T2 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์
   T3 ใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ (เคมี)
3. ถ้าจะใช้ปุ๋ยเคมีควรจะใช้ในระดับมากน้อยแค่ไหน ซึ่งเราจะได้ Treatment ต่อไปอีกดังนี้
   T1 ไม่ใช้ปุ๋ย
   T2 ใช้ปุ๋ยอินทรีย์
   T3 ใช้ปุ๋ยเคมี 50 Kg/ไร่
   T4 ใช้ปุ๋ยเคมี 75 Kg/ไร่
   T5 ใช้ปุ๋ยเคมี 100 Kg/ไร่

3. ขั้นตอนการเลือกหน่วยทดลองมาใช้ในการทดลอง ในการเลือกหน่วยทดลองมาใช้ในการทดลองนั้น ผู้ทำการวิจัยพึงตระหนักว่า หน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นควรเป็นตัวแทนที่ดีของประชากร เพื่อที่จะให้สามารถใช้อ้างอิง (Generalized) ค่า Parameter ได้ดี ดังนั้นหน่วยทดลองที่นำมาใช้ จึงควรมาจากการสุ่มเลือกอย่างอิสระ และเมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้ว สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสิ่งทดลองอื่นๆได้ ไม่จำเพาะแต่หน่วยทดลองที่ใช้ในการทดลองเท่านั้น

ในทางการผลิตสัตว์โดยทั่ว ๆ ไปแล้วนักวิจัยมักจะหวังให้ได้หน่วยทดลองที่มีลักษณะที่เหมือนๆกัน (Uniformity) มากที่สุดเพื่อใช้ในการทดลอง แต่ปรากฏว่าเมื่อผลการทดลองสิ้นสุดแล้ว ผลดังกล่าวไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสัตว์ที่มีลักษณะแตกต่างไปจากตัวแทนที่ใช้ทดลองได้ นั้นเป็นเพราะว่าผู้ทดลองคำนึงถึงความเหมือนกันของหน่วยทดลองมากเกินไป ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ ตัวอย่างกรณีนี้ได้แก่การใช้สัตว์ทดลองที่เป็นสัตว์เลือดชิด (Inbred animals) ทั้งหมดในการทดลองเพื่อหวังว่าจะเป็นการลดความแปรปรวนทางพันธุกรรม แต่เมื่อได้ผลการทดลองแล้วปรากฏว่าไม่สามารถจะประยุกต์ใช้กับสัตว์ที่มีพันธุกรรมที่ต่างไปจากสัตว์ที่ใช้ทดลองได้

ดังนั้นหน่วยทดลองที่ดีจะต้องมาจากการสุ่มเลือกจากประชากรอย่างอิสระ และการที่จะคัดเลือกหน่วยทดลองมาใช้นั้น ก็จำเป็นต้องทราบถึงขนาดของการทดลอง (size of the experiment) ว่ามีขนาดเท่าใด เช่นในการทดลองทางสัตว์จะต้องทราบว่า 1 หน่วยทดลอง จะใช้สัตว์กี่ตัว ใช้คอกกี่คอก และในการทดลองทั้งหมดจะต้องใช้สัตว์จำนวนกี่ตัว เพราะในขั้นสุดท้ายแล้วจะได้รู้ว่าการทดลองนั้นๆมีขนาดเท่าไหร่

4. ขั้นตอนการเลือกแผนการทดลอง (Experimental design) ในการทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของ Treatment โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) นั้น เป็นการแยกสาเหตุของความแปรปรวนออกเป็นส่วนๆ ว่าความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้นนั้น มีความแปรปรวนมาจากปัจจัยอะไรบ้าง ซึ่งความแปรปรวนที่มาจากอิทธิพลของ Treatment มีค่ามากหรือน้อยแค่ไหน (Significant หรือ non Significant) และนอกจากนี้ ก็ยังมีความแปรปรวนมาจากส่วนอื่นๆ อีกด้วย เช่น สภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ก็จะมีผลต่อการแสดงออกของวัตถุทดลองได้ ซึ่งนักวิจัยที่ดีจำเป็นต้องรู้ถึงสาเหตุของความผันแปรเหล่านี้เป็นอย่างดี แล้วจึงทำการเลือกใช้แผนการทดลองให้เหมาะสมกับธรรมชาติของหน่วยทดลองนั้นๆ

ดังนั้นเหตุผลสำคัญในการเลือกแผนการทดลองใดแผนการทดลองหนึ่งมาใช้ในการทดลองก็คือ ความเข้าใจในธรรมชาติของหน่วยทดลอง ในกรณีที่เราไม่ทราบสาเหตุของความผันแปรของธรรมชาติของหน่วยทดลอง หรือเราเข้าใจเอาว่าหน่วยทดลองที่ใช้นั้นมีความสม่ำเสมอหรือเหมือนๆกัน แผนการทดลอง ที่เหมาะสมกับหน่วยทดลองที่มีคุณสมบัติลักษณะนี้คือ แผนการทดลองแบบสุ่มตลาด(Completely Randomized Design: CRD) แต่ถ้าเราทราบว่าธรรมชาติของหน่วย

ทดลองมีสาเหตุของความผันแปรมาจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งก่อนการทดลอง ก็อาจจะจำเป็นต้องจัดให้หน่วยทดลองที่มีอิทธิพลจากความแปรปรวน เหล่านี้ให้มีความสม่ำเสมอกันในแต่ละชุดหรือในแต่ละกลุ่มเสียก่อน ซึ่งแผนการทดลองที่เหมาะสมกับหน่วยทดลองในกรณีนี้คือ แผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อกสมบูรณ์ (Randomized complete Block Design: RCBD) หรือถ้าหากหน่วยทดลองมีความผันแปรมาจาก 2 ทิศทางหรือ 2 สาเหตุก่อนการให้ Treatment ก็จำเป็นต้องจัดให้หน่วยทดลองนั้นในทั้ง 2 ทิศทาง คือทั้ง Row และ Column ซึ่งแผนการทดลองที่เหมาะสมกับหน่วยทดลองในกรณีนี้คือ แผนการทดลองแบบ Latin square design: LSD นอกจากนี้ยังมีแผนการทดลองอื่นๆ อีกมากเพื่อให้เลือกใช้ตามธรรมชาติของหน่วยทดลองก่อนการให้ได้รับ Treatment แต่ในที่นี้ตจะคงกล่าวถึงแต่ 3 แผนการทดลอง

อย่างไรก็ตามหลักสำคัญในการพิจารณาเลือกแผนการทดลองมาใช้โดยทั่วๆ ไป นั้นมีหลักการพิจารณาดังต่อไปนี้

1. การเลือกแผนการทดลองสามารถทำการทดลองได้ง่าย
2. ควรเลือกแผนการทดลองที่สามารถตอบสนองความต้องการตามวัตถุประสงค์ได้ ครบถ้วนและชัดเจน
3. ควรเลือกแผนการทดลองที่ให้สามารถแม่นยำพอสมควร (พิจารณาจาก Error ต่ำ)
4. ควรเลือกแผนการทดลองที่ทำให้ประหยัด (เวลา แรงงาน และงบประมาณ) วิเคราะห์ข้อมูลได้ง่าย ทำการทดลองได้สะดวกไม่ซับซ้อน

5. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง (Conduct the experiment) การดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้เพราะว่าถึงแม้ว่าจะวางแผนการทดลองได้ดี แต่ว่าในขั้นตอนการดำเนินการไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้ ก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่มีคุณภาพซึ่งจะไม่สามารถใช้ประโยชน์อะไรได้เลยกลับจะเป็นผลเสียหายต่อเศรษฐกิจและประเทศชาติได้อีกด้วย ถ้าหากสรุปผลการทดลองออกมาที่ตรงข้ามกับความจริงในธรรมชาติ อันเนื่องมาจากมีความคลาดเคลื่อนในการทดลองมาก

การที่จะให้ได้ข้อมูลที่ดีและมีคุณภาพนั้นผู้ทดลองจะต้องคำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญต่อไปนี้คือ

1. ต้องมีการควบคุมความคลาดเคลื่อนในการทดลอง (Error Control) ซึ่งได้แก่การวัดผลเพื่อแสดงเป็นตัวเลข เช่น ในการชั่งน้ำหนักดักสัตว์ ต้องชั่งให้ตรงเวลาและควรเป็นเวลาเดียวกันตลอดการทดลอง การชั่งน้ำหนักตัวถ้าชั่งสัตว์คนละเวลาเป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้เนื่องจากสัตว์จะมีการถ่ายมูลโดยเฉพาะในกรณีของสัตว์ใหญ่ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการสูญเสียน้ำหนักตัวเนื่องจากความร้อนในอากาศ ฯลฯ หรือในการทดลองทางด้านพืชนั้น เช่นเกี่ยวกับการวัดความสูงของต้นพืชนั้นผู้ทดลองจะต้องระบุไว้ให้ชัดเจนว่า จะวัดจากจุดใดถึงจุดใด เป็นต้น

2. ผู้ทดลองจะต้องมี Technique ที่รัดกุม (refining technique) เพื่อเป็นการป้องกันอิทธิพลภายนอกที่จะเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่การจัดการดังกล่าว ถึงแม้ว่าจะไม่จำเป็นต่อการทดลอง แต่ก็ควรจะจัดการเพื่อเป็นการป้องกันอิทธิพลต่างๆ ที่มากระทบต่อผลการทดลอง เช่น ในทางการผลิตสัตว์ควรมีการทำ Vaccineป้องกันโรค รวมทั้งกำจัดพยาธิ ภายนอก และภายในการก่อนการทดลอง ทั้งนี้เพราะถ้าหากว่าเกิดการเจ็บป่วยของสัตว์ขึ้นในระหว่างการทดลองก็จะมีผลกระทบต่อผลการทดลองที่ได้ ซึ่งปัจจัยภายนอกเหล่านี้เป็นสิ่งที่กระทบในทางที่พัวพันกับอิทธิพลของ Treatment ทำให้การสรุปผลคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงได้ จึงควรจะมีการป้องกันไว้ก่อน ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

ในการทดลองเกี่ยวกับพืช

- ควรจะมีการทำรั้วป้องกันสัตว์เข้าไปกัดกินผลผลิต
- ควรจะมีการกั้นตาข่าย เพื่อป้องกันสัตว์พวกนก หนู กัดกินผลผลิต
- ควรจะมีการทำรั้วกั้นโค กินยอดข้าวโพด ยอดหญ้า ทดลองในแปลง ฯลฯ

3. ผู้ทดลองจะต้องไม่มีความลำเอียง (Bias) ในการทดลอง เพราะจะทำให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบของหน่วยทดลองที่ได้รับTreatment ใดๆ ทำให้อิทธิพลของ Treatment นั้น มีคุณภาพต่ำหรือสูงกว่าความเป็นจริงได้ ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อน Error อย่างหนึ่ง

ดังนั้น ในขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ผู้ดำเนินการจะต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัยนี้เป็นสำคัญ ได้แก่ Error control, refining technique และ Bias

6. ขั้นตอนการวิเคราะห์ การตีความ และสรุปผลการทดลอง (Analysis interpretation and conclusion) การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ใช้ในทางการวิจัยทำได้หลายลักษณะได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of variance) การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of co-variance: ANCOVA) การวิเคราะห์การถดถอย และสหสัมพันธ์ (regression and correlation analysis) ซึ่งจะใช้วิธีการวิเคราะห์แบบไหนก็ขึ้นอยู่กับการจัดการตามแผนการทดลองที่ได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั่วๆไป มักจะใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีขั้นตอนของการคำนวณ และวิเคราะห์ผลการทดลอง มีสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้หลายๆ ลักษณะ ตามแต่แผนการทดลองแต่ละแผนซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในลำดับต่อไป

ซึ่งในขั้นตอนการคำนวณนั้น จะต้องคำนวณด้วยความถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งในอดีตขั้นตอนนี้ถือเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะเป็นที่มาของการสรุปผลการทดลอง แต่ในปัจจุบันนี้มีการใช้เครื่องสมองกล (Computer) เข้ามาช่วย โดยมีโปรแกรมสำเร็จ (Packaging program) ต่างให้เลือกใช้มากมาย มีตั้งแต่โปรแกรมขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ เช่น

- Microstat IRRI stat
- Statgraphic SPSS
- Sigmastat SAS

ซึ่งการใช้ Program สำเร็จเหล่านี้ช่วยในการคำนวณผล เป็นการอำนวยความสะดวกและเพิ่มความรวดเร็วในการคำนวณเป็นอย่างมาก ความสำคัญของการใช้ Program สำเร็จเหล่านี้อยู่ที่การป้อนข้อมูลให้กับเครื่องที่ถูกต้องตามวิธีการอ่านข้อมูลของแต่ละโปรแกรมนั้นๆ รวมทั้งการอ่านและแปรผลที่ได้จาก Print outให้ถูกต้อง แต่ในหลักสถิติระดับสูง จะให้ความสำคัญกับข้อกำหนดเบื้องต้นของการวิเคราะห์(Assumption) ของข้อมูล คือข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์นั้น จะต้องมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดของการวิเคราะห์นั้นๆ ซึ่งพอจะสรุปหลักการสำคัญ ๆ ได้ 4 ประการคือ

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการหา F-ratio เพราะที่กำหนดของ F-ratio ซึ่งก็คือสัดส่วนของvariance ทั้ง 2 คือทั้งของตัวที่เป็นตัวเศษ(ตัวตั้ง) และของตัวที่เป็นตัวส่วน(ตัวหาร) นั้นจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติเช่นกัน

2. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะต้องได้จากประชากรที่มีความแปรปรวน (Variance) เท่ากันทั้งนี้เพราะว่า เพื่อให้ผลที่ได้จากการทดสอบเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรเท่านั้น ไม่ใช่เป็นการทดสอบความแปรปรวน (σ^2)ของประชากร ดังนั้น จึงกำหนดให้ σ^2ของประชากรเท่ากัน

3. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องเป็นอิสระ (independent) จากกันซึ่งความเป็นอิสระของข้อมูลนั้นมีความสำคัญเช่นกัน เพราะถ้าหากมีการพัวพัน (confound) กันอยู่ ระหว่างอิทธิพลอื่นๆ ทำให้เราไม่สามารถหาสาเหตุที่แท้จริงได้

4. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะต้องเกิดจากอิทธิพลแบบสะสมบวก (additive effects)

ดังนั้นโดยความเป็นจริงแล้วตามหลักสถิติก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ว่าจะใช้วิธีการคำนวณด้วยมือ (Manual) หรือใช้ โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการคำนวณก็ตาม หลักสำคัญคือต้องมั่นใจว่าข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์นั้นจะต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนด(Assumption) นี้เสียก่อน ซึ่งถ้าหากข้อมูลที่ได้ไม่ได้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดดังกล่าวนี้ จำเป็นต้องทำการแปลงข้อมูล (Transformation the data) โดยวิธีการสถิติต่างๆ เช่น ใช้ $\sqrt{}$, logarithm, $\frac{1}{X}$(สัดส่วนกลับของข้อมูล) หรือใช้ Arc sine เป็นต้น

7. ขั้นตอนการนำเสนอผลงานวิจัย (Presentation) ซึ่งเป็นการนำเสนอผลงานวิจัย หรืองานทดลองที่ได้ในโอกาสต่างๆเช่น การสัมมนา (Seminar) หรือประชุมวิชาการ(Conference) ในโอกาสต่างๆ

สรุปขั้นตอนในการวางแผนการทดลอง