บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

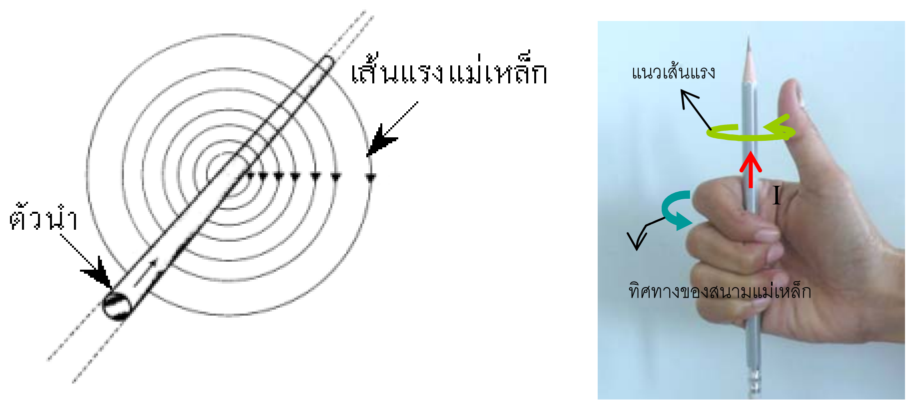
2.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเบื้องต้นและนำใช้ในการศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งประกอบด้วยทฤษฎีทางด้านสนามแม่เหล็ก และทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติ

2.2 ทฤษฎีด้านสนามแม่เหล็ก

2.2.1 สนามแม่เหล็ก

ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาเฉพาะผลกระทบจากสนามแม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC) และจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่ความถี่ 50 Hz เป็นที่ทราบกันดีว่าตัวนำใดๆก็ตามที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจะมีสนามแม่เหล็กหรือเรียกกันว่าความเข้มสนามเหล็ก (magnetic field intensity; *H*) มีหน่วยเป็นแอมแปร์ต่อเมตร(A/m) เกิดขึ้นรอบตัวนำนั้น ซึ่งสนามแม่เหล็กเป็นปริมาณเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง โดยทิศทางของสนามแม่เหล็กจะเป็นไปตามกฎมือขวา นั่นคือเมื่อใช้มือขวากำเส้นลวดตัวนำ ให้หัวแม่มือชี้ทิศกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะอยู่ในทิศของนิ้วมือทั้งสี่นั่นเองซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้กับทิศทางของการหมุนสกรูกล่าวคือเมื่อสกรูหมุนไปทางด้านขวามือ ทิศทางของสกรูจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเช่นเดียวกันเปรียบเทียบ คือ กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนไปข้างหน้า และทิศทางการหมุนของสกรูคือ ทิศทางสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สนามแม่เหล็กรอบสายตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

จากรูป ที่ 2.1 เห็นได้ว่าเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux) ที่เกิดขึ้นรอบตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมีลักษณะเป็นรูปวงกลม โดยความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (magnetic flux density; *B*) มีความสัมพันธ์กับความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) ที่เกิดจากกระไฟฟ้า I ดังนี้

$$B = \mu H \tag{2.1}$$

$$\mu = \mu_0 \mu_r \tag{2.2}$$

เมื่อ B *มีหน่วยเป็น* เวเบอร์ต่อตารางเมตร (Wb/m^2) หรือ เทสลา (T)
และ μ คือค่าความซาบซึมแม่เหล็ก (magnetic permeability) ของตัวกลางที่เส้นแรงแม่เหล็กแพร่ผ่านมีค่าเท่ากับ $\mu_0 \mu_r$ โดยที่ μ_0 คือค่าความซาบซึมได้ที่สุญญากาศ มีค่า $4\pi x10^{-7}$ H/m และ μ_r คือค่าความซาบซึมแม่เหล็กสัมพัทธ์ของวัสดุที่เส้นฟลักซ์แม่เหล็กแพร่ผ่าน

2.2.1.1 กฎของไบโอท-ซาวาร์ท (Biot-Savart Law)

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดรอบสายตัวนำโดยใช้กฎของไบโอท-ซาวาร์ท (Biot-Savart Law) มาวิเคราะห์แก้ปัญหา

โดยทั่วไปกฎของ Biot-Savart นั้นจะใช้ในการคำนวณความเข้มสนามแม่เหล็กที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา แต่ในวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการวิเคราะห์โดยใช้กฎของ Biot-Savart เพราะว่าจากสมการของ Maxwell [8] ซึ่งเป็นสมการในโดเมนเชิงเวลา

$$\nabla \times \overline{H} = \overline{J} + \varepsilon_o \frac{\partial \overline{E}}{\partial t} \tag{2.3}$$

หรือกรณีในโดเมนเชิงความถี่จะได้ว่า

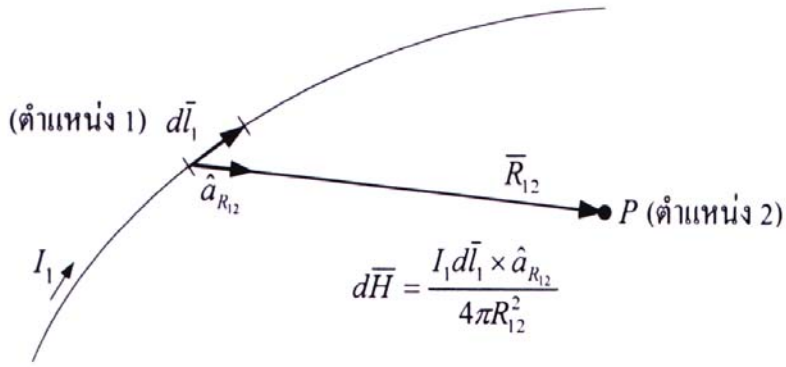
$$\nabla \times \overline{H} = \overline{J} + j\omega\varepsilon_0 \overline{E} \tag{2.4}$$

เนื่องจากความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ 50 Hz ซึ่งอยู่ในย่านความถี่ต่ำดังนั้นพจน์ของ $\omega\varepsilon_0\overline{E}$ จะมีค่าน้อยมากจึงประมาณได้ว่า

$$\nabla \times \overline{H} \approx \overline{J} \tag{2.5}$$

จากสมการข้างต้น เห็นได้ว่ากฎของ Biot-Savart สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ โดยของกฎบิโอต์-ซาวารต์ [9] ที่กล่าวว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้า I ไหลบนเส้นลวดไฟฟ้าย่อมเกิดสนามแม่เหล็กรอบๆบริเวณที่เส้นลวดไฟฟ้าวางอยู่โดยความเข้มสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของกระแสไฟฟ้ากับระยะทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทาง

กำลังสองระหว่างจุดที่ต้องการหาสนามแม่เหล็กกับจุดที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.2 และสมการที่ 2.6



รูปที่ 2.2 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดตัวนำ

$$d\bar{H} = \frac{Id\bar{l}_1 \times \hat{a}R_{12}}{4\pi R_{12}^2} \quad \text{(แอมแปร์/เมตร)} \qquad (2.6)$$

การคำนวณความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetic field intensity: $\bar{H}$) เมื่อ $d\bar{H}$ ที่จุด P (ตำแหน่ง 2) ที่เกิดจากส่วนของกระแส I_1 ไหลในตัวนำที่มีความยาว dl_1 ซึ่งมีทิศทางตามเวกเตอร์ $d\bar{l}_1$ (ตำแหน่ง 1) เมื่อระยะทางระหว่างตำแหน่ง 1 และตำแหน่ง 2 เป็น R_{12} และมีทิศทางของเวกเตอร์เป็น $\hat{a}_{R_{12}}$ ได้จาก [8], [9] เมื่ออินทิเกรตตลอดเส้นทางที่กระแสไหล นั่นคือ

จากสมการที่ 2.6

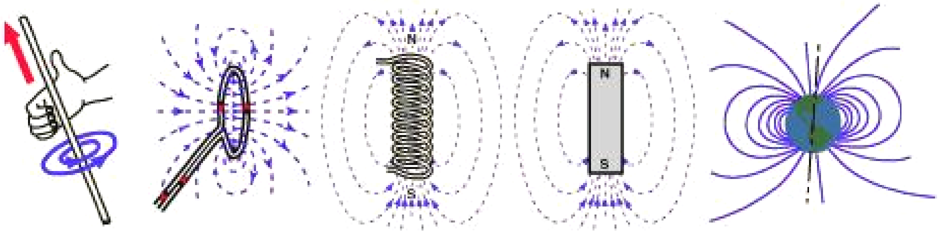
$$d\bar{H} = \frac{Id\bar{l}_1 \times \hat{a}R_{12}}{4\pi R_{12}^2} \quad \text{(แอมแปร์/เมตร)}$$

อินทิเกรตตลอดเส้นทางที่กระแสไหลจะได้ความเข้มสนามแม่เหล็กดังสมการที่ 2.7

$$\bar{H} = \oint \frac{Id\bar{l} \times \hat{a}_R}{4\pi R^2} \quad \text{(แอมแปร์/เมตร)} \qquad (2.7)$$

เนื่องจากสนามแม่เหล็กสามารถเกิดได้จากลวดตัวนำแบบต่างๆ ดังรูปที่ 2.3 อาทิเช่น สนามเหล็กจากเส้นลวดตัวนำยาวอนันต์ จากเส้นลวดตัวนำเป็นสี่เหลี่ยม เส้นลวดตัวนำแบบวงกลม ขดลวดโซลินอยด์ สนามแม่เหล็กโลก เป็นต้น

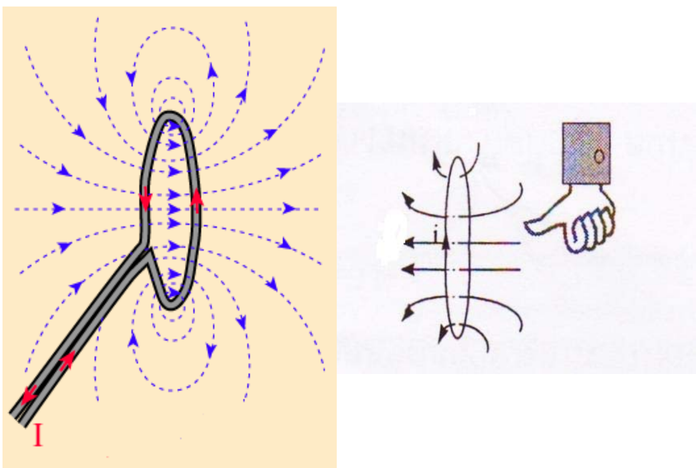
ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการศึกษาผลกระทบของสนามแม่เหล็กจากแหล่งกำเนิดแบบเส้นลวดตัวนำแบบวงกลม ดังนั้นในวิทยานิพนธ์จึงกล่าวถึงเฉพาะสนามแม่เหล็กของลูปกระแสแบบวงกลมเป็นหลักสำคัญ



รูปที่ 2.3 แหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กจากลวดตัวนำแบบต่างๆ [10]

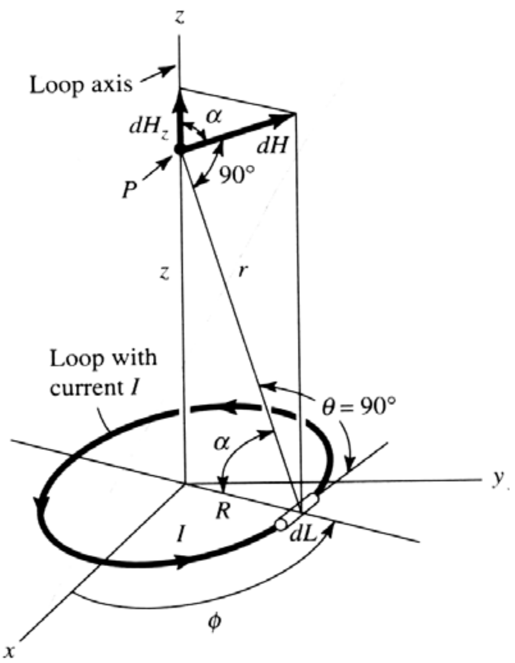
2.2.1.2 สนามแม่เหล็กของลูปกระแสแบบวงกลม

กรณีที่ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำเป็นลูปวงกลม เมื่อมีกระแสไหลผ่านตัวนำที่เป็นลูปวงกลม จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งทิศของสนามแม่เหล็กจะเป็นไปตามกฎมือขวา โดยใช้มือขวากำเส้นลวดตัวนำ ใช้นิ้วทั้งสี่ชี้ไปทางเดียวกับกระแสไฟฟ้า นิ้วหัวแม่มือจะชี้ทิศสนามแม่เหล็กภายในขดลวด โดยทิศของสนามแม่เหล็กในลูปกระแสแบบวงกลมมีทิศทางเหมือนกัน และขดลวดวงกลมเป็นวงกลมสมมาตรดังนั้นสนามแม่เหล็กในวงกลมจึงเป็นสนามแม่เหล็กที่เสริมกัน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ทิศทางของสนามแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไหลผ่านลูปกระแสแบบวงกลม [10]

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ลูปกระแสแบบวงกลมเป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็ก ดังนั้นการคำนวณหาความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) คำนวณโดยพิจารณาจากรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มสนามแม่เหล็กกับกระแสเมื่อเป็นลูปวงกลม [8]

จากรูปที่ 2.7 สามารถหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) ที่มีเส้นลวดตัวนำรูปวงกลมรัศมี a มีกระแสไหล *I* วางอยู่ในระนาบ xy โดยสามารถหาสนามแม่เหล็กในแนวแกน z ที่ผ่านจุดศูนย์กลางและตั้งฉากกับวงกลม ณ ตำแหน่ง *p* ใดๆ บนแกน z เป็นดังนี้ [8]

จากรูป $\theta = 90^{\circ}$ *และ* $\qquad dH_z = dH\cos\alpha \qquad (2.8)$

โดย $\cos\alpha = \dfrac{R}{r}, r = \sqrt{R^2 + z^2}$ และ $dL = Rd\phi$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.8)

$$dH_z = dH\cos\alpha$$

จะได้ว่า

$$dH_z = dH\cos\alpha$$

$$= dH\frac{R}{r}$$

$$\therefore dH_z = dH\frac{R}{\sqrt{R^2 + Z^2}} \qquad (2.9)$$

จากสมการทั่วไปของกฎบิโอต์-ซาวารต์ สมการที่ 2.6 จะได้ $d\overline{H}$ จากรูปที่ 2.5 เป็นดังสมการที่ (2.10)

$$d\overline{H} = \frac{IdL\sin\theta}{4\pi r^2} \tag{2.10}$$

ดังนั้นแทนค่า $d\overline{H}$ ในสมการที่ (2.10) ลงในสมการที่ (2.9) ได้ดังนี้
จากสมการที่ (2.9)

$$\begin{aligned} dH_z &= dH\frac{R}{\sqrt{R^2+Z^2}} \\ &= \left(\frac{IdL\sin\theta}{4\pi r^2}\right)\left(\frac{R}{\sqrt{R^2+Z^2}}\right) \end{aligned} \tag{2.11}$$

แทนค่า $r=\sqrt{R^2+z^2}$ และ $dL = Rd\phi$ ลงในสมการที่ (2.11) จะได้

$$\begin{aligned} dH_z &= \left(\frac{IdL\sin\theta}{4\pi r^2}\right)\left(\frac{R}{\sqrt{R^2+Z^2}}\right) \\ &= \left(\frac{I(Rd\phi)\sin\theta}{4\pi\left(\sqrt{R^2+Z^2}\right)^2}\right)\left(\frac{R}{\sqrt{R^2+Z^2}}\right) \\ &= \frac{I\left(R^2\sin\theta(d\phi)\right)}{4\pi\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}};\theta=90^\circ \\ &= \frac{I\left(R^2\sin 90^\circ(d\phi)\right)}{4\pi\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} \\ &= \frac{I\left(R^2 d\phi\right)}{4\pi\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} \end{aligned} \tag{2.12}$$

จากสมการที่ (2.12) อินทิเกรตตลอดเส้นทางที่กระแสไหลจะได้ความเข้มสนามแม่เหล็กดังนี้

$$\oint dH_z = \oint \frac{I\left(R^2 d\phi\right)}{4\pi\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}}$$

$$H_z = \frac{IR^2}{4\pi\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} \int_0^{2\pi} d\phi$$

$$= \frac{IR^2}{4\pi\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} .2\pi - 0$$

$$\therefore = \frac{IR^2}{2\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}} \qquad (2.13)$$

เพราะฉะนั้นจะได้ค่าความเข้มสนามเหล็ก (*H*) ณ ตำแหน่ง p ใดๆ บนแนวแกน Z ดังสมการที่ (2.13) ดังนั้นจากสมการที่ (2.13) สามารถหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) ณ จุดกำเนิดหรือจุดศูนย์กลางลูปได้ดังนี้

เนื่องจากที่จุดศูนย์กลาง ค่า Z เป็นศูนย์ ดังนั้น แทนค่า Z = 0 ลงในสมการที่ (2.13) จะได้ดังนี้ จากสมการที่ (2.13)

$$H_z = \frac{IR^2}{2\left(R^2+Z^2\right)^{3/2}}$$

$$H_0 = \frac{IR^2}{2\left(R^2+0^2\right)^{3/2}}$$

$$= \frac{IR^2}{2\left(R^2\right)^{3/2}}$$

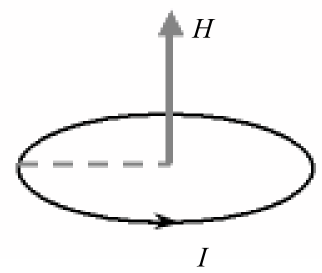
$$= \frac{IR^2}{2R^3}$$

$$= \frac{I}{2R}$$

เพระฉะนั้นค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางวงกลมเขียนได้ดังสมการที่ (2.14)

$$H = \frac{I}{2R} \quad \text{A/m} \qquad (2.14)$$

โดย ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ต่อเมตร (A/m) ซึ่งจะได้ว่าถ้าลวดตัวนำวงกลมหนึ่งวงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร โดยมีกระแสไหลในลวดตัวนำวงกลม 1 แอมแปร์ ดังนั้นค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) ณ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลมจะมีค่าเป็น 1 แอมแปร์ต่อเมตรนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.6



$$H = \frac{I}{2R}$$

I = 1 แอมแปร์

$2R$ = 1 เมตร

$\therefore H$ = 1 แอมแปร์ต่อเมตร

รูปที่ 2.6 ความเข้มสนามแม่เหล็กกับกระแสเมื่อเป็นลูปวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร

จากสมการที่ (2.14) เป็นการหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของวงกลม จำนวน 1 รอบ ดังนั้นสามารถหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็กที่จำนวน N รอบ เมื่อมีกระแสไหล I แอมแปร์ ได้ดังสมการที่ (2.15)

$$H = \frac{NI}{2R} \quad \text{A/m} \tag{2.15}$$

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ใช้หลักการหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร และมีกระแสไหล 1 แอมแปร์ ดังรูปที่ 2.6 และสมการที่ 2.15 ไปทำการออกแบบลูปกระแสวงกลมให้มีค่าขนาดความเข้มสนามแม่เหล็กที่จุดศูนย์กลางเป็นที่ 20 A/m 40 A/m และ 80 A/m โดยการทดรอบ เป็น 20 40 และ 80 รอบตามลำดับ โดยได้สรุปสูตรที่เกี่ยวข้องและนำไปใช้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สูตรการคำควณหาค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก ณ จุดศูนย์กลางของลูปกระแสแบบวงกลม

ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) ณ จุดศูนย์กลางลูปจำนวน 1 รอบ (A/m)	ค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (*H*) ณ จุดศูนย์กลางลูปจำนวน N รอบ (A/m)
$H = \frac{I}{2R}$	$H = \frac{NI}{2R}$

2.3 ทฤษฎีพื้นฐานทางสถิติ

2.3.1 ความหมายของสถิติ

คำว่า สถิติมี ความหมาย 2 ประการ คือ สถิติ หมายถึง ศาสตร์ที่ว่าด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล และ หมายถึงการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลการนำเสนอข้อมูลเบื้องต้น การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล ซึ่งสามารถนำผลสรุปนั้นมาช่วยในการตัดสินใจ โดยในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ความหมายของสถิติที่ 2 เป็นหลัก และจะกล่าวถึงค่าสถิติที่เกี่ยวข้องและใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ซึ่งค่าสถิติที่จะกล่าวถึงมีดังนี้ [11]-[13]

2.3.1.1 การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง

การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางเป็นการหาค่ากลางของข้อมูลทั้งหมดว่าอยู่ที่ใด โดยใช้ค่ากลางบอกลักษณะของข้อมูลทำให้ทราบถึงการแจกแจงของข้อมูลได้ว่าเป็นอย่างไร โดยการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางที่นิยมใช้มี 3 วิธี คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) มัธยฐาน (Median) และ ฐานนิยม (Mode) ในที่นี้จะขอกล่าวเพียงค่าเฉลี่ยเลขคณิต ซึ่งเป็นค่าที่ได้นำไปใช้กับข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาคือ ความสูงของลำต้นและความยาวรากของข้าว

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

เป็นการนำเอาค่าสังเกตทุกค่าที่ได้มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนตัวอย่างทั้งหมด โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N} \tag{2.16}$$

โดย $\sum X_i$ คือ ผลรวมของข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด
N คือ จำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด

2.3.1.2 การวัดการกระจาย

การวัดการกระจายเป็นการวัดการกระจายของข้อมูล เพื่อศึกษาดูว่าข้อมูลชุดนั้นมีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร การวัดการกระจายข้อมูลที่กล่าวถึง คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งเป็นการวัดการกระจายข้อมูลที่สำคัญและเป็นค่าที่นิยมใช้ในการวัดการกระจายของข้อมูล ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยแสดงว่าข้อมูลมีการรวมกลุ่มกันเป็นกระจุกๆรอบๆจุดศูนย์กลางของข้อมูล ถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากแสดงว่าข้อมูลชุดนั้นประกอบด้วยข้อมูลที่มีค่าน้อยและค่ามากปะปนกันอยู่ และถ้าค่าเบี่ยงเบนที่ได้มีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าข้อมูลชุดนั้นประกอบด้วยข้อมูลที่มีค่าเท่ากันหมด ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าข้อมูลมีแนวโน้มเข้าสู่ค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใดนั่นเอง ซึ่งจะทำการคำนวณโดยใช้สูตร

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N}} \quad (2.17)$$

จากสมการ 2.17 จะเห็นว่า S เป็นบวกเสมอ ดังที่กล่าวข้างต้น กรณีถ้า $S = 0$ ข้อมูลทุกค่าจะไม่ต่างจากค่าเฉลี่ยเลย หรือข้อมูลทุกค่าเท่ากันหมดนั่นเองในการคำนวณโดยทั่วไปอาจทำการยกกำลังสองสมการ 2.17 ซึ่งค่าที่ได้นี้เรียกว่าความแปรปรวน นั่นเอง สูตรที่ได้เป็นดังนี้

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N} \quad (2.18)$$

2.3.2 หลักทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่ได้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ จึงใช้หลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยในวิทยานิพนธ์จะทำการวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอนคือ [11]-[15]

1. การวิเคราะห์เชิงอธิบาย (Descriptive Analysis) ข้อมูลซึ่งได้แก่การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความสูงของลำต้น ความยาวราก เพื่ออธิบายถึงการเจริญเติบโตในช่วงการงอกของต้นข้าวภายใน 7 วัน

2. การวิเคราะห์เชิงทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Testing Analysis) ใช้ในการ

ในการวิเคราะห์เชิงทดสอบสมมุติฐาน เป็นการนำหลักสถิติเชิงอนุมานหรือการใช้สถิติเกี่ยวกับการบทสรุปและบอกความน่าเชื่อถือมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ มีขั้นตอน 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล
2. การเลือกตัวสถิติที่ใช้วิเคราะห์และทดสอบ
3. การกำหนดค่าความเชื่อมั่น
4. การตั้งสมมุติฐานเพื่อการวิเคราะห์
5. การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติและการตัดสินใจ

1. การตรวจสอบการแจกแจงข้อมูล

เป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ได้มีการแจกแจงเป็นไปตามเงื่อนไขตามข้อกำหนดสถิติในการทดสอบสมมุติฐานหรือไม่ คือมีการตรวจสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) หรือการแจกแจงแบบอื่นที่ไม่ใช่แบบปกติ ซึ่งถ้าข้อมูลที่สุ่มมาได้มีการแจกแจงแบบปกติจะใช้สถิติทดสอบแบบมีพารามิเตอร์ (Parametric Test) หรือใช้สถิติทดสอบตามฟังก์ชันของข้อมูลที่สุ่มมา อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นและความยาวราก ที่มีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนมาก จึงสามารถที่จะใช้การทดสอบแบบมีพารามิเตอร์โดยเงื่อนไขที่ว่าข้อมูลเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ สามารถประมาณได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติหรือใกล้เคียงแบบปกติได้

2. การเลือกตัวสถิติที่ใช้วิเคราะห์และทดสอบ

ตัวสถิติทดสอบเป็นฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการเลือกทดสอบสมมุติฐานในการวิจัยเพื่อความเหมาะสมกับค่าสถิติที่ได้มา ตัวสถิติทดสอบมีดังต่อไปนี้

Z-test (Standard Normal Distribution) เป็นการทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติและทั่วๆไป

t-test เป็นการทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงใกล้เคียงปกติและขนาดข้อมูลเล็ก (ค่าฟังก์ชัน t-test จะมีค่าเข้าใกล้ Z-test ในกรณีข้อมูลมีขนาดใหญ่)

F-test เป็นการทดสอบสมมุติฐาน ความแปรปรวนของข้อมูลตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแบบปกติและทั่วไป

ซึ่งจากคุณลักษณะของข้อมูลตัวอย่างที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลขนาดใหญ่ตรงตามเงื่อนไขข้อ 1. และ 2. จึงเหมาะสมในการใช้ตัวสถิติทดสอบ Z-test หรือ t-test ได้ โดยใน

3. การกำหนดค่าความเชื่อมั่นและระดับนัยสำคัญ

ค่าความเชื่อมั่น คือค่าที่บอกความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจหรือบอกบทสรุปในงานวิจัยนี้ว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ตามหลักการค่าสูงสุดของความน่าเชื่อถือมี 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางปฏิบัติในงานวิจัย เราไม่สามารถสรุปอะไรได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจจะเกิดปัจจัยอื่นๆ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นโดยทั่วไปในทางปฏิบัติก็จะกำหนดค่าความเชื่อมั่น 2 ระดับ คือ 99% และ 95% ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระดับค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ประเด็นสำคัญของการกำหนดค่าความเชื่อมั่นคือ การนำไปใช้ในการกำหนดค่าความมีนัยสำคัญในการตัดสินใจค่าจากการทดสอบสมมุติฐาน ยกตัวอย่างเช่นที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ก็คือจะได้ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะได้ระดับนัยสำคัญ 0.05 และที่ระดับความเชื่อมั่น 90% จะได้ระดับนัยสำคัญ 0.1

ระดับนัยสำคัญ จะสะท้อนถึงความเชื่อมั่นในสรุปผลตามสมมติฐานการวิจัยนั่นเอง โดยทั่วไประดับนัยสำคัญที่ใช้ในการวิจัยเชิงปริมาณนิยมใช้ 2 ระดับ คือ

1. ระดับนัยสำคัญที่มีโอกาสผิดพลาดน้อยกว่า 5% เรียกว่า ผลการทดสอบมีนัยสำคัญ (Significant) หมายความว่า ถ้าผู้ทำงานวิจัยทำนองเดียวกับที่ทำไปแล้วจำนวนมากมายหลายครั้ง โอกาสที่ผลสรุปจะไม่เป็นไปตามการวิจัยนี้มีเพียงน้อยกว่า 5%

2. ระดับนัยสำคัญที่มีโอกาสผิดพลาดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า ผลการทดสอบมีนัยสำคัญยิ่ง (Highly Significant) หมายความว่า ถ้าผู้ทำงานวิจัยซ้ำๆกับที่ทำไปแล้วจำนวนมากมายหลายครั้ง โอกาสที่ผลสรุปจะไม่เป็นไปตามการวิจัยนี้มีเพียงน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์

ระดับนัยสำคัญของงานบางประเภทอาจใช้ระดับนัยสำคัญที่สูงกว่านี้ เช่น 10% หรือ 15% ถ้าความผิดพลาดในการสรุปผลไม่มีผลร้ายแรงต่อมนุษย์ ในทางตรงข้ามถ้าความผิดพลาดเกี่ยวข้องกับชีวิตมนุษย์ ต้องระดับนัยสำคัญที่ต่ำกว่า 1 % มากๆ อาทิ ระดับ 0.01% หรือ 0.001% ส่วนการวิจัยทั่วๆไปยอมรับกันเป็นหลักสากลที่ระดับนัยสำคัญ 5%(0.05) หรือ 1%(0.01)

จากที่กล่าวมาทั้งค่าความเชื่อมั่นและระดับนัยสำคัญในข้างต้นนั้นในงานวิจัยนี้กำหนดระดับนัยสำคัญไว้ที่ 5% หรือค่าความเชื่อมั่นที่ 95 %

4. การตั้งสมมุติฐานเพื่อการวิเคราะห์

สมมติฐาน หมายถึง ข้อความทางสถิติที่เกิดจากการคาดคะเนไว้ก่อนล่วงหน้า เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งการในการทดสอบสมมติฐานนั่นคือ การตรวจสอบข้อความที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้านั่นถูกต้องหรือไม่ โดยในทางปฏิบัติการวิจัยมีการตั้งสมมติฐานมี 2 ประเภท คือ

1. สมมติฐานการวิจัย (Research hypothesis) คือ ข้อความทางทฤษฎีที่คาดหวังคำตอบไว้หรือสันนิษฐานไว้เพื่อแนะคำตอบสำหรับการวิจัยต่อไป

2. สมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis) คือข้อความสมมติที่อาจจะเป็นจริงหรือไม่เป็นจริงและเป็นสมมติฐานพื้นฐานก่อนทำการทดลอง โดยสมมติฐานทางสถิติ มี 2 ประเภท คือ

1 สมมติฐานศูนย์ (H_0) สมมติฐานนี้เรียกว่า Null hypothesis (Null แปลว่า ไม่มีหรือโมฆะ) เขียนสัญลักษณ์ว่า H_0 ซึ่งเป็นสมมติฐานพื้นฐานของวิธีการทดสอบทางสถิติศาสตร์ ที่กำหนดว่าเมื่อไม่รู้ว่า มี ให้กำหนดเบื้องต้นว่า ไม่มี

2.สมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis) คำว่า Alternative แปลว่า ทางเลือก เป็นข้อความที่ตั้งขึ้นให้ตรงกันข้ามกับสมมติฐานนัลหรือบอกทิศทางให้แน่นอนว่า เมื่อสมมติฐานนัลไม่เป็นจริงตามที่ตั้งไว้ หรือปฏิเสธ (Reject) H_0 ว่าไม่จริง นั้นควรจะเป็นจริงในลักษณะใดจึงอาจจะล่าวได้ว่า สมมติฐานทางเลือก ก็คือสมมติฐานสำหรับเป็นทางเลือกในการ

สรุปผลนั่นเอง มักเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ H_A หรือ H_1 โดยในวิทยานิพนธ์นี้ใช้สัญลักษณ์สมมติฐานศูนย์ คือ H_0 และ สมมติฐานทางเลือก เป็น H_1

กล่าวโดยสรุป ถ้าเราปฏิเสธ H_0 ก็แสดงว่าต้องยอมรับ H_1 และถ้ายอมรับ H_0 ก็แสดงว่าต้องปฏิเสธ H_1 โดยปกติถ้าสมมติฐานศูนย์ไม่อาจจะตั้งให้สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยได้ ดังนั้นในการสมมติฐานทางเลือกจึงตั้งให้สดคล้องกับสมมติฐานวิจัย หรือกล่าวได้ว่าสมมติฐานในการวิจัยนี้เป็นสมมติฐานทางเลือกนั่นเอง

จากข้อมูลงานวิจัยจะพิจารณาค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นและความยาวรากข้าวซึ่งเป็นตัวแปรที่นำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างที่เกิดขึ้นจาก 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มทดสอบที่ได้รับสนามแม่เหล็ก

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดสอบที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก

จากนั้นจึงทำการตั้งสมมุติฐานเพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของข้อมูล โดยสมมุติฐานในการทำการวิจัยนี้จะพิจารณาการตั้งสมมุติฐาน โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย

5. การทดสอบสมมุติฐานทางสถิติและการตัดสินใจ

การทดสอบสมมติฐาน เป็นการพิจารณาค่าสถิติที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างนั้นจะมีค่าอยู่ในพื้นที่การยอมรับ (Acceptance area) หรือพื้นที่การปฏิเสธ (Rejection area) หรือ (Critical area) สมมติฐานทางสถิติตามระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้ เช่น 5% หรือ 1% โดยการทดสอบสมมติฐานทางสถิติมี 2 วิธีคือ

1. การทดสอบแบบมีทิศทาง (Directional Test) เป็นการทดสอบด้านเดียว นิยมใช้เทคนิคการทดสอบแบบทิศทางเดียว (One tailed Test) ในกรณีที่ผู้วิจัยคาดคะเนอย่างแน่ใจว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของอีกกลุ่มหนึ่ง โดยสมมติฐานที่ตั้งจะเป็นดังนี้

สมมติฐาน

$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ หรือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 > \mu_2$ หรือ

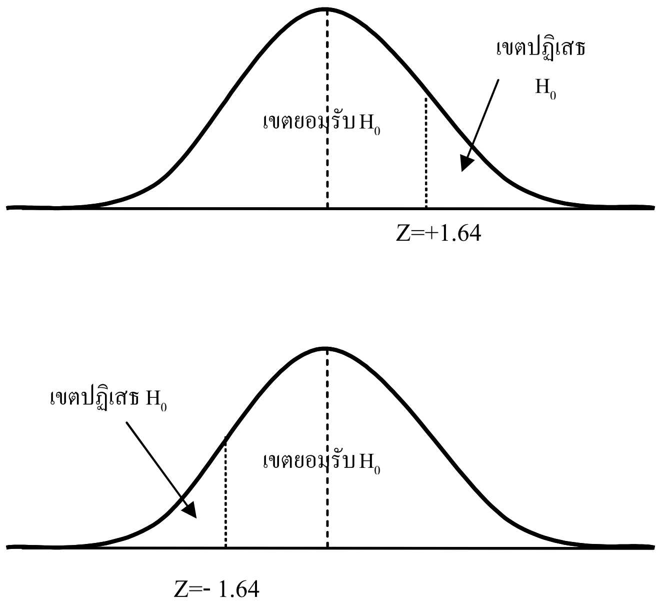
$H_0 : \mu_1 \geq \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ หรือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ และ $H_1 : \mu_1 < \mu_2$

โดยที่ μ_2 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่คาดว่าควรจะเป็น

μ_1 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ไม่ทราบค่า

ดังนั้นช่วงของการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) แสดงดังรูปที่ 2.7 (ก) และ (ข)



รูปที่ 2.7 ช่วงการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) สำหรับการทดสอบแบบมีทิศทางไปทางด้านบวก หรือด้านลบ

2. การทดสอบแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional test) เป็นการทดสอบความแตกต่างโดยไม่คำนึงถึงทิศทาง ใช้เทคนิคการทดสอบแบบสองทิศทาง (Two tailed test) ในกรณีที่ผู้วิจัยคาดคะเนว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดสอบ 2 กลุ่มนั้นมีความแตกต่างกันกัน โดยสมมติฐานที่ตั้งจะเป็นดังนี้

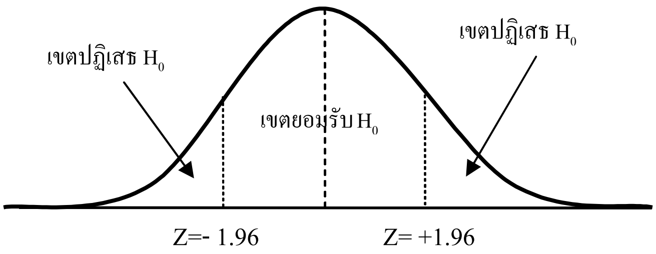
สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad \text{และ} \quad H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยที่ μ_2 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่คาดว่าควรจะเป็น

μ_1 = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ไม่ทราบค่า

ดังนั้นช่วงของการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ช่วงการยอมรับ (accept) และช่วงของการปฏิเสธ (reject) สมมติฐานศูนย์ (H_0) สำหรับการทดสอบแบบสองทิศทาง สมมติว่ากำหนดระดับความมีนัยสำคัญที่ .05

สำหรับลำดับขั้นของการทดสอบสมมติฐาน มี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตั้งสมมติฐานซึ่งประกอบด้วยสมมติฐานศูนย์ สมมติฐานศูนย์ (H_0) และ สมมติฐานทางเลือก(H_1) เช่น

$$H_0 : \mu_1 = 50$$
$$H_1 : \mu_1 > 50$$

2. การกำหนดระดับความมีนัยสำคัญ
3. การหาเขตวิกฤต (Critical region)
4. การคำนวณหาค่าสถิติ ที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน อันได้แก่ Z, t, F หรือ χ^2
5. สรุปผลการทดสอบโดยปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติตกอยู่ในเขตวิกฤต และยอมรับ H_0 ถ้าค่าสถิติตกอยู่นอกเขตวิกฤต

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่ม

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันและทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร หรือถ้าไม่ทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรแต่มีจำนวนตัวอย่างขนาดใหญ่ จะมีเงื่อนไขดังนี้

1. ตัวอย่างทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน
2. ตัวอย่างทั้งสองต้องมีขนาดใหญ่ คือ $N_1 > 30$ และ $N_2 > 30$ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 2.12

$$Z = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2 - \left(\mu_1 - \mu_2\right)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}} \tag{2.19}$$

โดยที่ Z คือ standard normal distribution

$\overline{X}_1$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำนวนแรก

$\overline{X}_2$ คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำนวนที่สอง

μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรจำนวนแรก

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรจำนวนที่สอง

S_1 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรจำนวนแรก

S_2 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรจำนวนที่สอง

N_1 คือ จำนวนของประชากรของประชากรจำนวนแรก

N_2 คือ จำนวนของประชากรของประชากรจำนวนที่สอง

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดสมมุติฐานและค่าระดับนัยสำคัญไว้ดังนี้

1.ระดับนัยสำคัญคือ 0.05

2.สมมติฐานว่าง H_0: $\mu_1 = \mu_2$

3.สมมติฐานรอง H_1: $\mu_1 \neq \mu_2$

เมื่อ μ_1 คือ ค่าเฉลี่ยของความสูงหรือความยาวรากของต้นข้าวที่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็ก

μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของความสูงหรือความยาวรากของต้นข้าวที่ไม่ได้รับความเข้มสนามแม่เหล็ก

2.3.3 การนำการวิเคราะห์ทางสถิตินำไปใช้งานวิจัย

การนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยคือ ความสูงของลำต้นและความยาวราก นำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่ออธิบายแนวโน้มของข้อมูลคือ

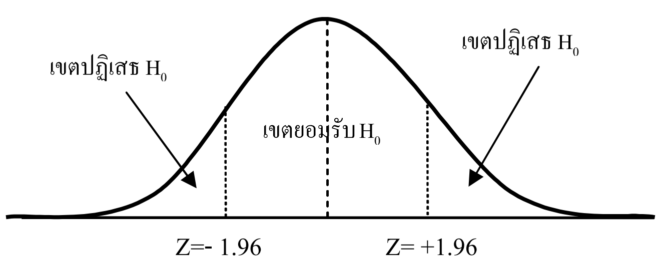
1. การทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูล 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก และกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก จะเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล 2 กลุ่ม โดยจะใช้ค่ากลางในการเปรียบเทียบคือค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น และความยาวราก ซึ่งในงานวิจัยนี้ ข้อมูล 2 กลุ่มมีอิสระต่อกัน และกลุ่มตัวอย่างมีมากกว่า 30 ตัวอย่าง จึงเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Z-test

2. การทดสอบสมมติฐานเพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบคือ Z-test ในการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยสองประชากร เนื่องจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างต้นข้าวมีจำนวนมากใกล้เคียงกับประชากรของต้นข้าว ซึ่งจะเป็นการทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ยของข้อมูลความสูงของต้นข้าวและความยาวราก โดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ จะได้ระดับ

ความเชื่อมั่น 95% แปลความหมายได้ว่าในการทดลองหรือทดสอบ 100 ครั้ง จะให้ผลดังที่ปรากฏไม่น้อยกว่า 95 ครั้ง ผิดพลาดคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน 5 ครั้ง โดยตั้งสมมุติฐานกลางคือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก และสมมุติฐานทางเลือกคือค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กมีค่าแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก และนำข้อมูลมาทดสอบสมมุติฐานแบบสองไม่มีทิศทางทาง (Nondirectional test) โดยใช้เทคนิคการทดสอบแบบสองทาง (Two tailed test) เพื่อแสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูลของความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นข้าว 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กและกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ

ในงานวิจัยข้อมูลมีจำนวนมาก ทดสอบแบบมีพารามิเตอร์ได้ ใช้สถิติทดสอบ Z

1. การเปรียบเทียบจากการทดสอบสมมุติฐาน โดยพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เราจะกำหนดการตั้งสมมุติฐานดังนี้
   สมมุติฐานศูนย์ (H_0) คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กเท่ากับกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ H_0 : $\mu_1 = \mu_2$
2. สมมุติฐานทางเลือก (H_1) คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็กมีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$
   โดยที่ μ_1 คือค่าค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวหรือความยาวรากที่ได้รับสนามแม่เหล็ก
   โดยที่ μ_2 คือค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวหรือความยาวรากที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก
3. กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$
4. เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025} = 1.96$
5. จากระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = .05$ เขตวิกฤต จากตาราง $Z_{.025}$จะได้เท่ากับ = 1.96 ซึ่งจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0)และยอมรับสมมติฐานทางเลือก (H_1) เมื่อค่า Z มีค่าน้อยกว่า -1.96 และมากกว่า 1.96



รูปที่ 2.9 ขอบเขตปฏิเสธและยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0)

3. คำนวณค่าสถิติจากสูตร

กรณีที่เราตั้งสมมุติฐาน H_0 : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือ H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ จะหาค่า Z ได้คือ

$$Z = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}_2 - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}$$

สมมติถ้าคำนวณค่า Z ที่ได้มีค่ากับ 2.97 จะสรุปผลได้ดังนี้ เนื่องจากค่า Z คำนวณมากกว่าค่า Z จากตาราง (1.96) ค่าสถิติตกอยู่ในเขตวิกฤต จึงต้องปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 แสดงว่าค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าวกลุ่มที่ได้รับสนามแม่เหล็ก มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้รับสนามแม่เหล็ก ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05