

บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 การอ่านค่าจากวีรีโมต

4.1.1 มาตรการความเร่ง (Accelerometer)

▪ การเทียบมาตรฐาน (Calibration)

มาตรการความเร่งที่ติดตั้งอยู่บนวีรีโมตมีความละเอียดในการอ่านค่าอยู่ที่ 10บิต หรือ 0-1023 ค่า การเทียบมาตรฐานของมาตรการความเร่งนิยมแสดงค่าที่ได้ในหน่วยจำนวนเท่าของความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลก (g) ซึ่งมีค่าประมาณ 9.8 m/s^2 ดังนั้นหากกำหนดให้ V คือค่าที่อ่านได้จากมาตรการความเร่ง และ V_0 คือค่าที่อ่านได้เมื่อมีความเร่งตามแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำ และ V_g เป็นค่าศูนย์หรือค่าในกรณีที่ไม่มีความเร่งมากระทำ สามารถเปลี่ยนค่าที่อ่านได้ให้อยู่ในหน่วย g ซึ่งใช้สัญลักษณ์แทนด้วย a ได้ตามสมการ

$$a = \frac{V - V_0}{V_g} \quad (4.1)$$

โดยทั่วไปค่า V_0 และ V_g จะถูกบันทึกในหน่วยความจำถาวร (EEPROM memory) ของวีรีโมต

▪ การกำหนดขีดแบ่ง (Threshold) ขั้นต่ำสำหรับการเคลื่อนไหว

ใน Wiiuse Library มีขั้นตอนการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการวัดค่าจาก มาตรการความเร่ง โดยการกำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงขั้นต่ำสุดที่ถือว่าการเคลื่อนไหว ซึ่งกำหนดให้ค่าดังกล่าวแทนด้วยสัญลักษณ์ a_{\min} กล่าวคือหากค่าที่ได้จาก มาตรการความเร่ง มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกินค่า a_{\min} จะไม่ถือว่าการนั้นมีการเปลี่ยนแปลง โดยจะส่งค่าเดิมก่อนการเปลี่ยนแปลงไปแทน ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

กำหนดให้

a_k	แทนค่าความเร่งที่วัดได้ในปัจจุบัน
a_{k-1}	แทนค่าความเร่งที่วัดได้ในการส่งข้อมูลก่อนหน้า
\bar{a}_k	แทนค่าความเร่งที่ต้องการ

$$\bar{a}_k = \begin{cases} a_{k-1} & , |a_k - a_{k-1}| \leq a_{\min} \\ a_k & , otherwise \end{cases} \quad (4.2)$$

ในลักษณะเดียวกับค่าความเร่งเชิงเส้น ค่ามุมที่คำนวณได้ก็มีการกำหนดค่าการเปลี่ยนแปลงขั้นต่ำ กล่าวคือหากค่ามุมที่คำนวณได้ในปัจจุบันมีค่าเปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่าหรือเท่ากับมุมที่คำนวณได้ในครั้งก่อนหน้า ให้นำค่ามุมเดิมก่อนการเปลี่ยนแปลงแทนค่ามุมที่คำนวณได้ในปัจจุบัน



4.1.2 ไจโรสโคป (Gyro sensor)

▪ การเทียบมาตรฐาน

ค่าที่ได้จากวิโมชันพลัส ต้องเทียบมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้ขณะวีริ โมตอยู่นิ่งก่อนทุกครั้ง โดยในงานวิจัยนี้ได้เก็บค่าความเร็วเชิงมุมขณะวีริ โมตอยู่นิ่งมาทั้งสิ้น 300 ตัวอย่าง และหาค่ามัธยฐานเพื่อนำมาลบออกจากค่าที่จะเก็บได้ภายหลัง จากนั้นนำค่าที่อ่านได้ มาหารด้วยค่าคงที่ค่าหนึ่งเพื่อแปลงค่าที่ได้ให้เป็นความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็นองศาต่อวินาทีแต่เนื่องจากเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความเร็วเชิงมุมที่อยู่ในวิโมชันพลัส นั้นจะวัดค่าได้สองโหมด คือ โหมดช้า (Slow Mode) และ โหมดเร็ว (Fast Mode) โดยโหมดช้าจะสามารถวัดได้ความละเอียดสูงสุดที่ ± 500 องศาต่อวินาที และโหมดเร็วสูงสุดที่ ± 2000 องศาต่อวินาที ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดจะมีค่าปะปนกันไปทั้งโหมดเร็วและโหมดช้า ในขณะที่ใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าในขณะที่นั้นวิโมชันพลัส มีการเคลื่อนที่เร็วหรือช้า วิธีการที่จะแยกค่าใดเกิดจากโหมดช้า หรือโหมดเร็ว จำเป็นต้องอ่านค่าสัญญาณที่บอกลักษณะโหมดของการเคลื่อนที่แต่ละทิศทางจากตัววิโมชันพลัส นำมาประกอบกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงตำแหน่งของข้อมูลที่ส่งมาจากวิโมชันพลัส [28]

Byte	Bit							
	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Yaw Left Speed <7:0>							
1	Roll Left Speed <7:0>							
2	Pitch Down Speed <7:0>							
3	Yaw Left Speed <13:8>				Yaw Slow Mode		Pitch Slow Mode	
4	Roll Left Speed <13:8>				Roll Slow Mode		Extension Connected	
5	Pitch Down Speed <13:8>				1		0	

จากตาราง บิตที่ 0 และ 1 ของไบต์ที่ 3 แสดงโหมดการเคลื่อนที่ในทิศมุมเงย (Pitch) และมุมหัน (Yaw) ตามลำดับและบิตที่ 1 ของไบต์ที่ 4 แสดงโหมดการเคลื่อนที่ในทิศมุมเอียง (Roll) ซึ่งบิตนั้นมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเคลื่อนที่แบบช้า และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเคลื่อนที่เร็ว ดังนั้นทุกครั้งที่ย่านค่าจากวิโมชันพลัส จำเป็นต้องอ่านค่าบิตที่แสดงโหมดการเคลื่อนที่ในทิศทางต่างๆด้วยเพื่อแปลงค่าบิตที่ได้ให้เป็นความเร็วเชิงมุมที่ถูกต้อง ซึ่งสามารถหาค่าได้ดังต่อไปนี้

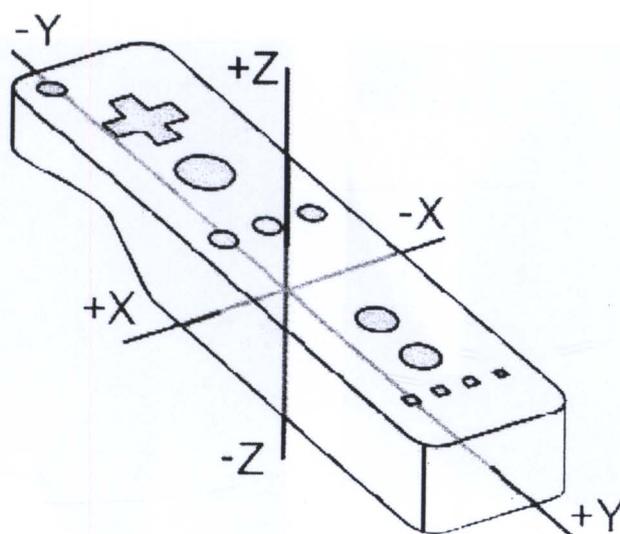
$$\omega = \begin{cases} (\Omega - \Omega_0) \times \frac{1}{4.096} & , s = 0 \\ (\Omega - \Omega_0) \times \frac{1}{16.384} & , s = 1 \end{cases} \quad (4.3)$$

- กำหนดให้ Ω_0 เป็นค่าที่อ่านได้จากจีโมชันพลัสเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่
- Ω เป็นค่าที่อ่านได้จากจีโมชันพลัสเมื่อมีการเคลื่อนที่ใดๆ
- ω ค่าความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็น องศาต่อวินาที
- s แทนโหมดการเคลื่อนที่ มีค่า 0 เมื่ออยู่ในโหมดเร็วและ 1 เมื่ออยู่ในโหมดช้า

4.2 การกำหนดทิศทางของเซ็นเซอร์ และการติดตั้งวีโรโมต

4.2.1 การกำหนดทิศของแกนในมาตรความเร่ง

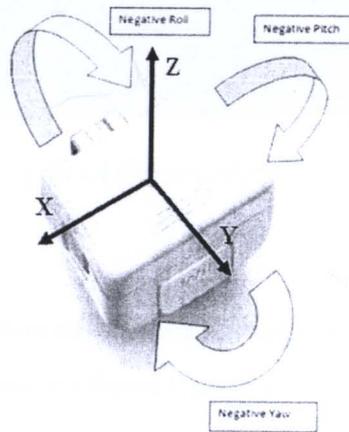
การกำหนดทิศของแกนของมาตรความเร่งนั้นเหมือนกันในทุกวีโรโมต โดยมีแกน X อยู่ในทิศทางขวางกับวีโรโมตในแนวระนาบ แกน Y เป็นแกนที่ขนานกับวีโรโมตในแนวระนาบ และแกน Z อยู่ทิศแนวตั้ง ซึ่งการตั้งแกนทั้งสามจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน



รูปที่ 4.1 แสดงการกำหนดทิศของแกนในมาตรความเร่ง [29]

4.2.2 การกำหนดทิศของแกนในใจโรสโคบ

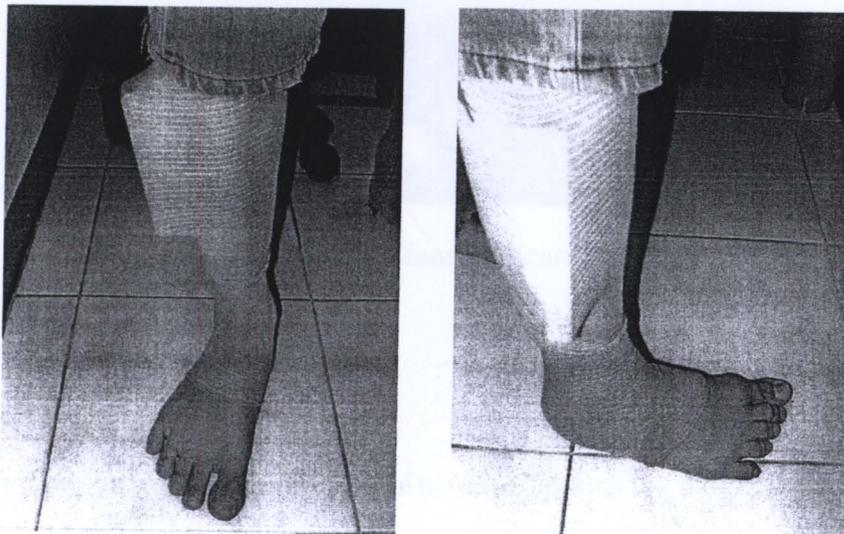
แกนของใจโรสโคบนั้นมีการกำหนดทิศทางเหมือนกับการกำหนดทิศทางของแกนของมาตรฐานความเร่ง



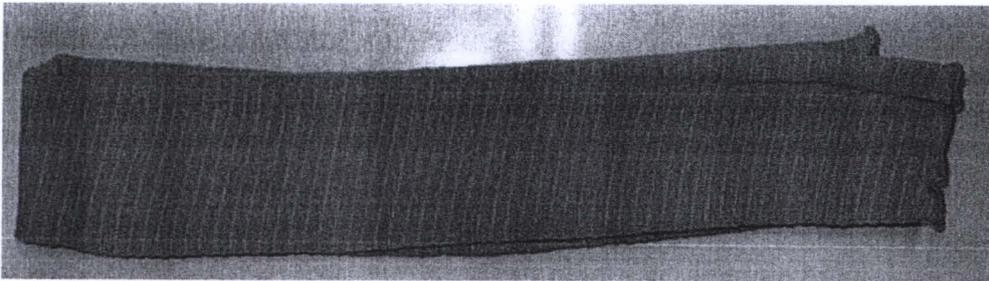
รูปที่ 4.2 แสดงการกำหนดทิศทางของแกนในใจโรสโคบ [30]

4.2.3 การติดตั้งวีริโมต

การติดตั้งวีริโมตในงานวิจัยนี้ กำหนดการติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งที่ขนานกับกระดูกขาสองชนิดคือกระดูกส่วนต้นขา (Femur) และกระดูกส่วนแข้ง (Tibia) สำหรับวิธีการยึดวีริโมตให้อยู่ในตำแหน่งดังกล่าว นั้น ผู้วิจัยได้ใช้ผ้ายึดสำหรับกระชับกล้ามเนื้อ



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการติดตั้งวีริโมตกับขาส่วนล่าง



รูปที่ 4.4 ผ้ายึดกระชับกล้ามเนื้อ

งานวิจัยนี้ใช้การติดตั้งวีรี โมตในทิศทางที่ให้แกน Y ซึ่งขึ้นอยู่กับสมอ และให้แกน Z ซึ่งไปในทิศทางการเคลื่อนที่ และแกน X ซึ่งไปทางซ้ายของขา ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการติดตั้งและกำหนดแกนของวีรี โมต

4.3 การกรองสัญญาณ

ในงานวิจัยนี้ใช้การกรองสัญญาณแบบความถี่ต่ำผ่านแบบบัตเตอร์เวิร์ค สำหรับสัญญาณจากมาตรความเร่งและไจโรสโคปเพื่อลดสัญญาณรบกวน

4.4 การคำนวณหาเหตุการณ์ท่าเดิน (Gait Event)

4.4.1 การหาค่าประมาณคาบของรอบการเดินด้วยค่าประมาณตัวคลาดเคลื่อนของสัมประสิทธิ์อัตราสหัสสัมพันธ์

งานวิจัยนี้ใช้ค่าความเร็วเชิงมุมรอบแกน $X(\omega_x)$ ซึ่งมีลักษณะรูปแบบสัญญาณเป็นแบบแผนซ้ำๆ รอบการเดิน มาคำนวณหาค่าประมาณตัวคลาดเคลื่อนของสัมประสิทธิ์อัตราสหัสสัมพันธ์ตามสมการ

$$A_{biased} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-|m|} \omega_{x_i} \omega_{x_{i+m}} \quad (4.4)$$

เมื่อ $m = 1, 2, \dots, 2N + 1$ และ N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

โดยค่าประมาณคาบของรอบการเดินเท่ากับจำนวนข้อมูลระหว่างยอดแหลมที่จุดกึ่งกลาง (The Zero Phase Shifts Peak, P_0) กับยอดแหลมที่อยู่ติดกันยอดแรก (1st Dominant Period Peak, P_1) ตามสมการ

$$T_{est.avg} = |P_0 - P_1| \times \frac{t_N}{N} \quad (4.5)$$

เนื่องจาก P_0 และ P_1 มีค่าเป็นเชิงตำแหน่งของข้อมูล ดังนั้นจึงต้องคูณด้วยค่า Sampling Rate (t_N/N) เพื่อแปลงให้เป็นค่าในเชิงเวลา

4.4.2 การคำนวณหาเหตุการณ์ MS

MS เป็นเหตุการณ์ที่ขาส่วนข้างมีความเร็วเชิงมุมรอบแกน X สูงสุดในแต่ละรอบการเดิน ในงานวิจัยนี้ MS เป็นจุด Local Minima ของ ω_x มีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

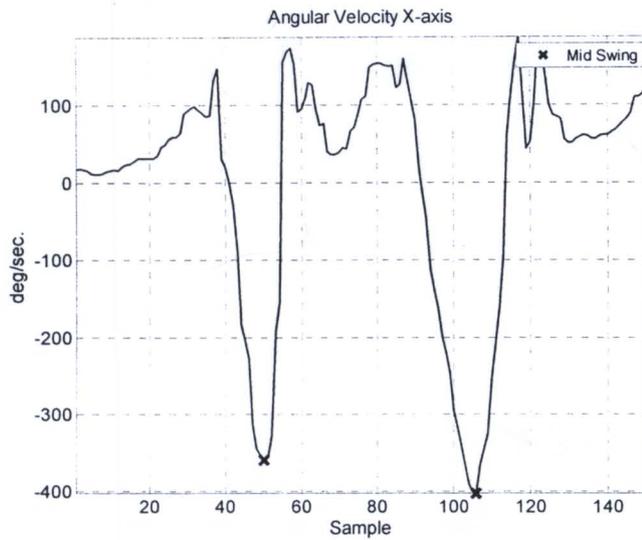
$$MS_{i-1} + \frac{T_{est.avg}}{3} < MS_i < MS_{i+1} - \frac{T_{est.avg}}{3} \quad (4.6)$$

$$MS_i < \min(\omega_x) / 3 \quad (4.7)$$

เมื่อระบุเหตุการณ์ MS ได้ทั้งหมดแล้วสามารถคำนวณคาบเฉลี่ยรอบการเดินได้ใหม่ดังต่อไปนี้

$$T_{avg} = \sum_{i=1}^{n(MS)} \frac{MS_{i+1} - MS_i}{n(MS)} \quad (4.8)$$

โดย $n(MS)$ คือจำนวนเหตุการณ์ MS ทั้งหมด



รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งของจุด MS ในความเร็วเชิงมุมรอบแกน X

4.4.3 การคำนวณหาเหตุการณ์ TO HS และ FF

เมื่อระบุเหตุการณ์ MS ในแต่ละรอบการเดินแล้ว สามารถหาเหตุการณ์ TO และ HS ได้จากจุด Local Maxima ที่อยู่ใกล้เคียงกับจุด MS ตามสมการ

$$TO_i = \text{local maxima in } \left\{ \omega_x(t) \mid MS_i - \frac{T_{avg}}{3} < t < MS_i \right\} \quad (4.9)$$

$$HS_i = 1^{st} \text{ local maxima in } \left\{ \omega_x(t) \mid MS_i < t < MS_i + \frac{T_{avg}}{3} \right\} \quad (4.10)$$

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n(MS)$

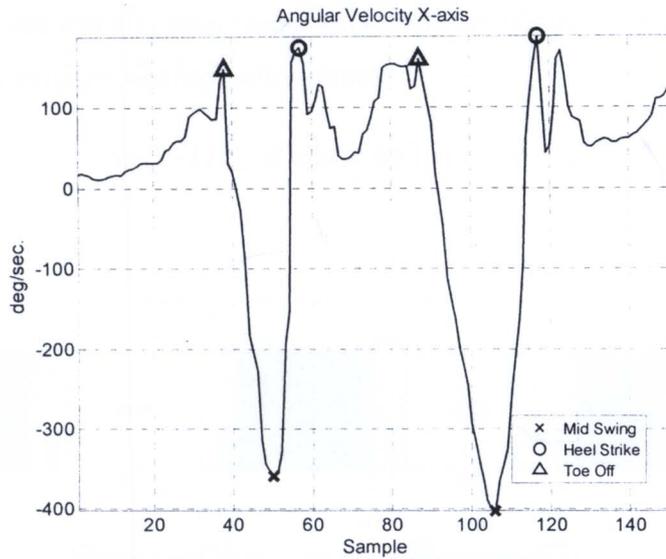
ในการวิเคราะห์การเดินนั้น เมื่อทราบเหตุการณ์ HS ทั้งหมดสามารถหาจำนวนรอบการเดินได้จากสมการ

$$N_{cycle} = n(HS) - 1 \quad (4.11)$$

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยระบุให้เหตุการณ์ FF เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างเหตุการณ์ MS และ HS ที่คำนวณได้จากสมการ

$$FF_i = \frac{MS_{i+1} - HS_i}{2} + HS_i \quad (4.12)$$

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, N_{cycle}$



รูปที่ 4.7 แสดงจุด TO จุด MS และ HS ตามลำดับ

4.5 การคำนวณหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา

พารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับเวลา (Temporal Parameter) เป็นตัวแปรพื้นฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์การเดิน ประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในหนึ่งรอบการเดิน (Stride Time, ST) จำนวนก้าวต่อนาทีเฉลี่ย (Cadence, Cad) ระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นในขาข้างเดียวกัน (Stance Time, StT) ระยะเวลาที่เท้าไม่เหยียบพื้นในขาข้างเดียวกัน (Swing Time, SwT) ระยะเวลาที่เท้าข้างใดข้างหนึ่งเหยียบพื้นเพียงข้างเดียว (Single Support Time, SST) และระยะเวลาที่เท้าเหยียบพื้นทั้งสองข้าง (Double Support Time, DST) ซึ่งตัวแปรทั้งหมดข้างต้นสามารถคำนวณได้ทั้งหมดจากจุด HS และ TO ตามสมการต่อไปนี้

$$ST_i = HS_{i+1} - HS_i \quad (4.13)$$

$$Cad_i = \frac{120}{ST_i} \quad (4.14)$$

$$StT_i = TO_{i+1} - HS_i \quad (4.15)$$

$$SwT_{i-1} = HS_i - TO_i \quad (4.16)$$

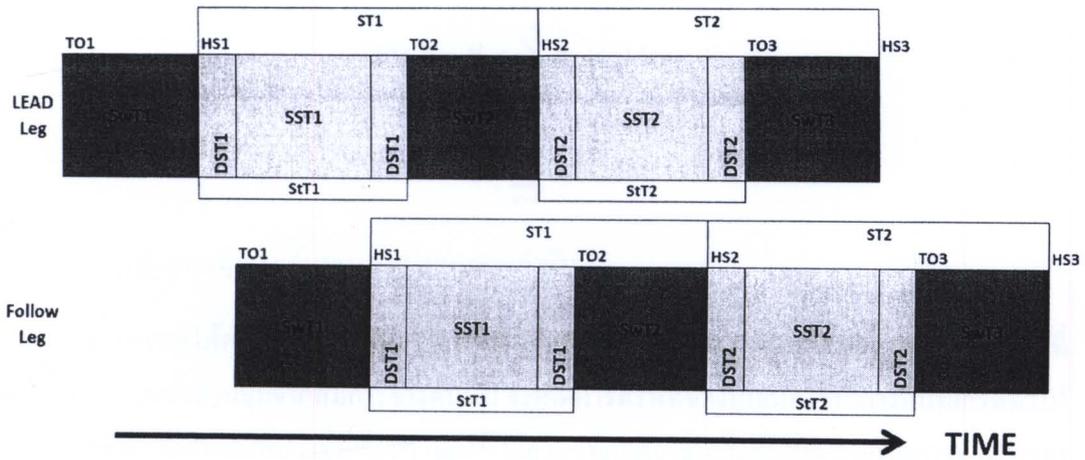
$$SST_i = SwT_i \text{ of followed leg} \quad (4.17)$$

$$DST_i = StT_i - SST_i \quad (4.18)$$

โดยที่ $i = 1, 2, \dots, N_{cycle}$

นอกจากนี้สามารถหาเวลาก้าว (Step time, SpT) ของรอบการเดินที่ i ได้จากระยะเวลาระหว่างเหตุการณ์ HS ของขาทั้งสองข้างที่อยู่ติดกันจากสมการ

$$SpT_i = (HS_i \text{ of follow leg}) - (HS_i \text{ of lead leg}) \tag{4.19}$$



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ที่ขึ้นอยู่กับเวลาต่างๆเทียบกับเวลาขณะเดิน

4.6 การคำนวณทิศทาง (Orientation)

4.6.1 คำนวณมุมเงย และมุมเอียง จากความเร่งเชิงเส้น

ค่าความเร่งที่ได้จากมาตรความเร่งทั้งสามแกนนั้นสามารถนำมาหามุมเงย (Pitch) และมุมเอียง (Roll) ของวีรีโมตได้ กำหนดให้มุมเงยแทนด้วย $\theta(t_n)$ มุมโรลแทนด้วย $\beta(t_n)$ และ $a_x(t_n), a_y(t_n), a_z(t_n)$ แทนความเร่งเชิงเส้นทั้งสามแกน ณ เวลา t_n ตามลำดับ

$$\theta(t_n) = \text{atan2}(-a_z(t_n), a_y(t_n)) \tag{4.20}$$

$$\beta(t_n) = \text{atan2}(-a_x(t_n), a_y(t_n)) \tag{4.21}$$

ค่ามุมเงยและมุมเอียงนั้นมีความแม่นยำต่อเมื่อไม่มีความเร่งอื่นๆนอกเหนือจากความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลกมากระทำ งานวิจัยนี้ใช้ค่ามุมเงยที่คำนวณได้ข้างต้นก่อนเริ่มการเดินมาเป็นค่ามุมเงยเริ่มต้น (Initial Pitch, θ_{ini}) เพื่อใช้สำหรับกำหนดค่ามุมเงยที่หาได้จากไจโรสโคป

4.6.2 การคำนวณมุมเงย มุมเอียง และมุมหันจากความเร็วเชิงมุม

กำหนดให้ $\omega_x(t_n), \omega_y(t_n), \omega_z(t_n)$ แทนความเร็วเชิงมุมทั้งสามแกนเมื่อเวลา t_n ตามลำดับ สามารถหา มุมเงย (θ) มุมเอียง (β) และมุมหัน (ϕ) ได้จากการอินทิเกรตความเร็วเชิงมุมเทียบกับเวลา ดังสมการ

$$\theta(t_n) = \theta_0 + \sum_{m=1}^n \omega_x(t_m) \Delta t_m \quad (4.22)$$

$$\beta(t_n) = \beta_0 + \sum_{m=1}^n \omega_y(t_m) \Delta t_m \quad (4.23)$$

$$\phi(t_n) = \phi_0 + \sum_{m=1}^n \omega_z(t_m) \Delta t_m \quad (4.24)$$

โดย $\theta_0, \beta_0, \phi_0$ แทนมุมเริ่มต้นของทั้งสามมุมตามลำดับ

งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่า θ_0 มีค่าเท่ากับ θ_{mit} ซึ่งเป็นค่ามุมเงยที่คำนวณจากความเร่งเชิงเส้น ข้อสังเกตที่สำคัญคือค่ามุมทั้งสามมุมจากสมการข้างต้นนั้น จะเกิดการครีฟท์ของมุมเนื่องจากการอินทิเกรตทำให้ค่าความผิดพลาดสะสมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้ได้ค่ามุมที่ถูกต้องจำเป็นต้องมีการแก้ไขการครีฟท์ของข้อมูลดังกล่าวซึ่งจะกล่าวถึงในลำดับถัดไป

4.6.3 การแก้ไขความผิดพลาดด้วยความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น

จากสมการ (4.22) (4.23) และ (4.24) การอินทิเกรตทำให้เกิดค่าความผิดพลาดสะสมเพิ่มขึ้นตามจำนวนของข้อมูล ซึ่งสามารถปรับลดค่าความผิดพลาดที่ได้หากรู้ค่าที่ควรจะเป็น ณ จุดหนึ่งของข้อมูล เช่น หากรู้ว่าทุกๆ 100 ข้อมูล ข้อมูลตัวที่ 100 จะมีค่าใดค่าหนึ่งเสมอ ซึ่งหากข้อมูลที่คำนวณได้จากการอินทิเกรตนั้นมีค่าไม่ตรงกับค่าที่ควรจะเป็น แสดงว่าค่าผลต่างที่เกิดขึ้นคือค่าความผิดพลาดสุดท้ายที่เกิดขึ้นนั่นเอง หากสมมุติให้ค่าความผิดพลาดสะสมนั้นมีการเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น สามารถแก้ไขค่าความผิดพลาดได้โดยการสร้างเส้นตรงของค่าความผิดพลาดขึ้น โดยมีความชันของเส้นตรงคำนวณมาจากค่าความผิดพลาดสุดท้าย จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้จากการอินทิเกรต มาลบด้วยเส้นตรงของค่าความผิดพลาด ดังสมการที่ (4.25)

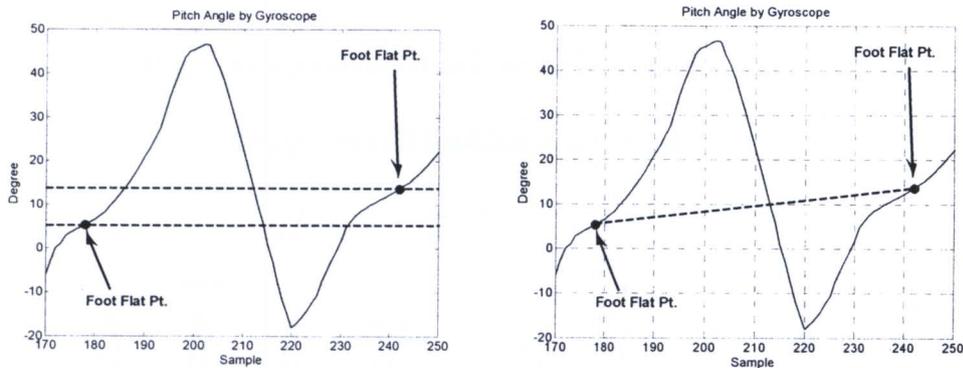
$$\bar{x}_i = x_i + \frac{(i-1)(e - x_n)}{n-1} \quad (4.25)$$

เมื่อ \bar{x}_i แทนข้อมูลที่ได้รับการแก้ไขตัวที่ i

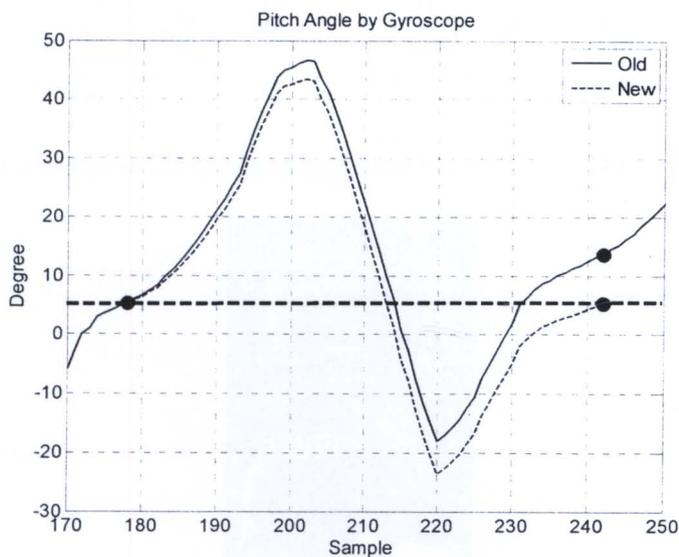
x_i แทนข้อมูลก่อนได้รับการแก้ไขตัวที่ i

- n แทนจำนวนของช่วงข้อมูลที่นำมาแก้ไขทั้งหมด
- e แทนค่าข้อมูลที่ควรจะเป็น ณ ตำแหน่งที่ x_n

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูล ณ เหตุการณ์ FF สำหรับหาค่าความผิดพลาดสุดท้ายในแต่ละรอบการเดิน โดยสำหรับค่ามุมเงย มุมเอียง และมุมหันที่ได้จากการอินทิเกรตความเร็วเชิงมุมนั้นมีค่าที่ควรจะเป็น ณ เหตุการณ์ FF ในทุกรอบการเดิน เท่ากับ ค่ามุมเริ่มต้นของมุมทั้งสามมุม ($\theta_0, \beta_0, \phi_0$)



รูปที่ 4.9 แสดงข้อมูลก่อนการแก้ไขความผิดพลาด โดยแสดงจุดข้อมูลที่ควรจะเป็น ณ เหตุการณ์ FF (ซ้าย) และการสร้างเส้นตรงของค่าความผิดพลาด (ขวา)



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบข้อมูลก่อน-หลัง ได้รับการแก้ไขค่าความผิดพลาด

4.6.4 การคำนวณหามุมข้อเข่า

การหามุมของข้อเข่าสามารถหาได้จากการทำมุมกันระหว่างขาสองส่วนคือส่วนแข้งและส่วนต้นขา ซึ่งในการทดลองได้ติดตั้งวีรี โมดไว้ให้ขนานกันกระดูกสองส่วนนี้ อาจจะมีการคาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากการติดตั้ง มุมเงยที่ได้จากการอินทิเกรตความเร็วเชิงมุมของวีรี โมดทั้งสองเท่ากับมุมที่เปลี่ยนแปลงไปของขาทั้งสองส่วนนั่นเอง

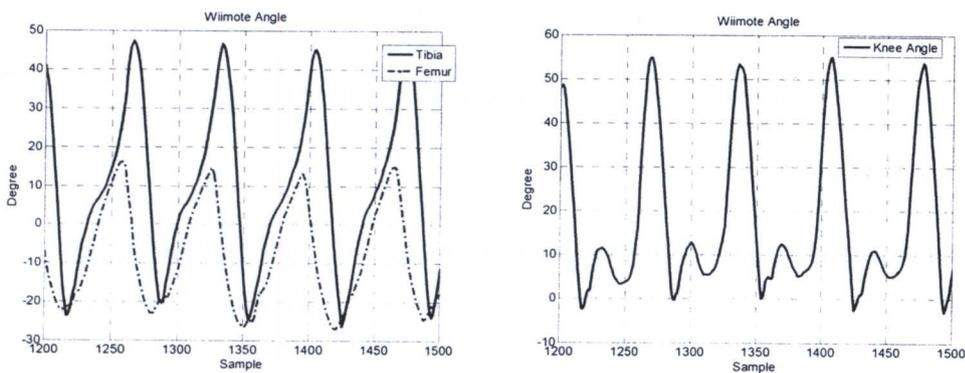
มุมของข้อเข่าสามารถหาได้จากสมการ

$$\theta_{Knee} = \theta_{Tibia} - \theta_{Femur} \quad (4.26)$$

กำหนดให้ θ_{Knee} แทนมุมของข้อเข่า

θ_{Tibia} แทนมุมเงยของวีรี โมดที่ติดตั้งอยู่ที่ขาส่วนแข้ง

θ_{Femur} แทนมุมเงยของวีรี โมดที่ติดตั้งอยู่ที่ขาส่วนต้นขา



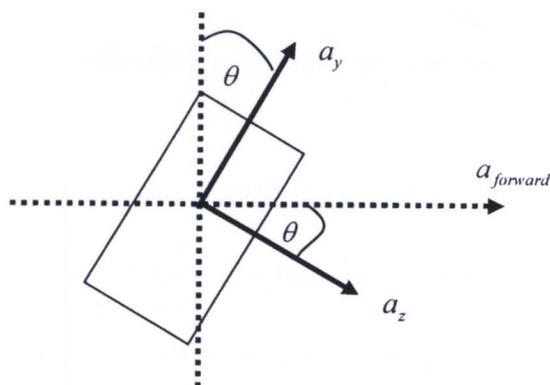
รูปที่ 4.11 แสดงมุมของวีรี โมดที่ติดตั้งอยู่ที่แข้งและต้นขา (ซ้าย) มุมของข้อเข่า (ขวา)



รูปที่ 4.12 แสดงการติดตั้งวีรี โมดเพื่อวัดมุมของข้อเข่า

4.7 การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง

ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะ (Spatial Parameters) คือค่าพารามิเตอร์ที่มีหน่วยเป็นระยะทาง เช่น ระยะก้าว (Step Length, SpL) หรือระยะที่ขาก้าวไปได้ในหนึ่งรอบการเดิน (Stride Length, SL) โดยการที่จะได้ระยะทางดังกล่าวต้องแบ่งช่วงข้อมูลความเร่งเชิงเส้นออกเป็นรอบการเดิน จากนั้นนำความเร่งเชิงเส้นดังกล่าวมาอินทิเกรตให้ได้ความเร็ว และนำมาอินทิเกรตอีกครั้งเพื่อให้ได้ระยะทาง แต่ความเร่งเชิงเส้นที่วัดได้จากวีริ โมตนั้นเป็นความเร่งที่เทียบกับแกนการเคลื่อนที่ของตัวเซ็นเซอร์ จึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนให้ข้อมูลดังกล่าวมีค่าเทียบกับแกนที่มีทิศทางตามการเคลื่อนที่ของมนุษย์



รูปที่ 4.13 แสดงทิศทางความเร่งในทิศทางการเคลื่อนที่

ในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะความเร่งในทิศทางการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าและด้านหลังเท่านั้น ซึ่งสามารถหาความเร่งดังกล่าวได้จากสมการ

$$a_f(t) = a_z(t) \cos(\theta(t)) + a_y(t) \sin(\theta(t)) \quad (4.27)$$

- เมื่อ $a_f(t)$ แทนความเร่งเชิงเส้นตามแนวการเคลื่อนที่หน้า-หลัง ณ เวลา t
- $\theta(t)$ แทนมุมเงยของวีริ โมต ณ เวลา t
- $a_y(t), a_z(t)$ แทนความเร่งเชิงเส้นตามแนวแกน x และ y ที่ได้จากวีริ โมตตามลำดับ

จากนั้นนำความเร่งที่ได้มาอินทิเกรตหาความเร็ว ณ เวลา t_n ($v_f(t_n)$) ตามสมการ

$$v_f(t_n) = v_0 + \sum_{m=1}^n a_f(t_m) \Delta t_m \quad (4.28)$$

- เมื่อ v_0 แทนความเร็วเริ่มต้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 0

ในขั้นตอนการหาความเร็วนั้นสามารถใช้วิธีการแก้ไขความผิดพลาดด้วยความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นได้ โดยกำหนดจุดที่รู้ค่าที่ควรจะเป็นคือจุดที่เกิดเหตุการณ์ FF ในแต่ละรอบการเดิน และค่าที่ควรจะเป็นเท่ากับ 0 (นั่นคือทุกเหตุการณ์ FF ความเร็วที่วัดได้ควรจะมีค่าเป็น 0 หรือใกล้ 0 เสมอ)

ต่อมานำความเร็วที่ได้มาหารระยะ ($d_f(t_n)$) ทางจากสมการ

$$d_f(t_n) = d_0 + \sum_{m=1}^n v_f(t_m) \Delta t_m \quad (4.29)$$

เมื่อ d_0 แทนระยะทางเริ่มต้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 0

เมื่อได้ระยะทางตามแนวการเคลื่อนที่แล้ว สามารถหา SL และ SpL ของรอบการเดินที่ i ได้จากสมการ

$$SL_i = d_f(HS_{i+1}) - d_f(HS_i) \quad (4.30)$$

$$SpL_i = d_f(HS_i \text{ of follow leg}) - d_f(HS_i \text{ of lead leg}) \quad (4.31)$$

นอกจากนี้จะสามารถหาความเร็วการเดิน (Walking Speed, Speed) ของรอบการเดินที่ i ได้จากสมการ

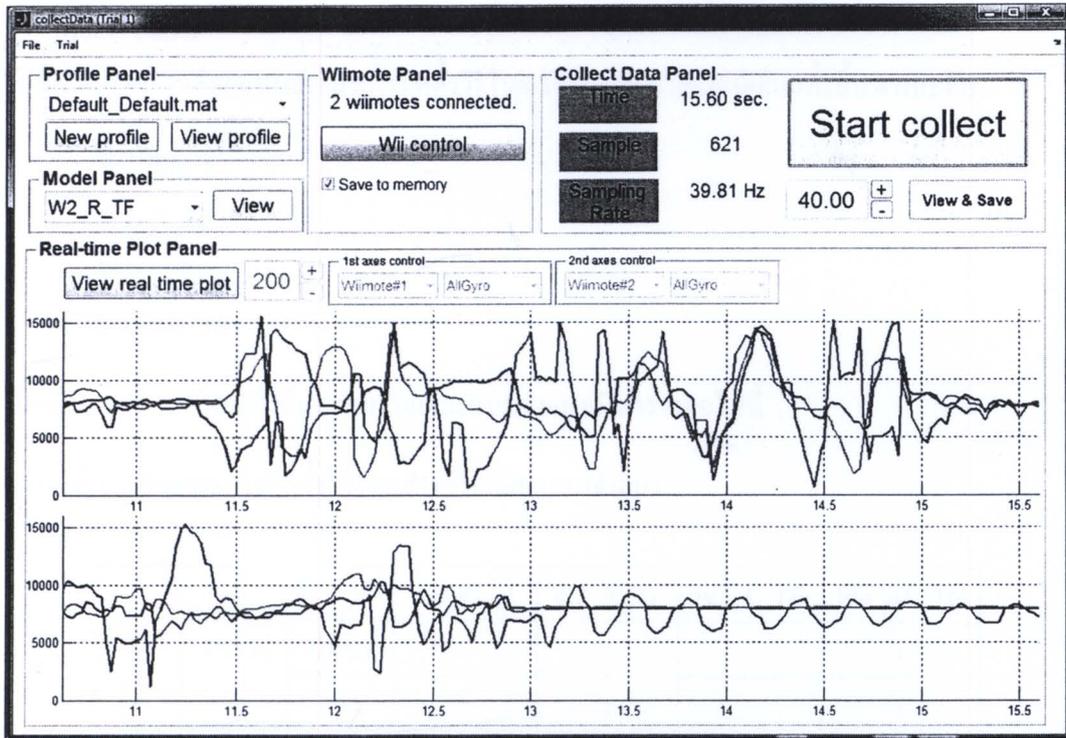
$$Speed_i = \frac{SL_i}{ST_i} \quad (4.32)$$

4.8 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของระบบวิเคราะห์การเดินด้วยวีริ โมตนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาด้วยโปรแกรม Matlab ผ่าน GUI Design Environment (GUIDE) ประกอบไปด้วย 3 โปรแกรมหลักคือ

4.8.1 โปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูล

โปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลทำหน้าที่ติดต่อกับอุปกรณ์วีริ โมตสำหรับการเก็บข้อมูลการเดิน ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ



รูปที่ 4.14 โปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูล

■ Profile Panel

เป็นส่วนสำหรับเลือกโปรไฟล์ของผู้ใช้ระบบ ซึ่งสามารถสร้างและบันทึกไว้ก่อนการทดลองได้

รูปที่ 4.15 โปรแกรมสำหรับสร้างและแก้ไขโปรไฟล์ของผู้ใช้

■ Model Panel

เป็นส่วนสำหรับเลือกแบบจำลองการติดตั้งวีรี โมต โดยมีแบบจำลองให้เลือกทั้งสิ้น 4 แบบคือ

1. W2_RL_T
2. W2_R_TF
3. W2_L_TF
4. W4_RL_TF

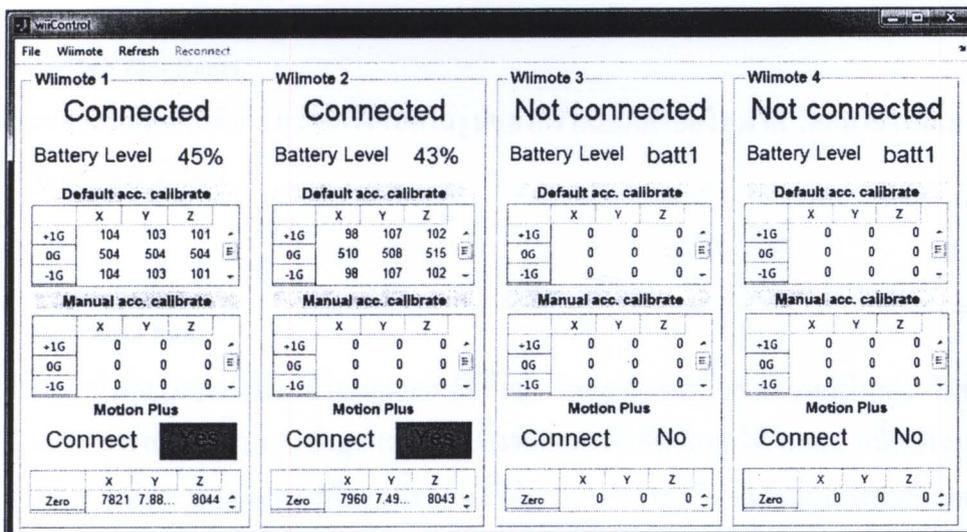
โดยมีลักษณะการติดตั้งวีรี โมตสำหรับแต่ละแบบจำลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งวีรี โมตสำหรับแต่ละแบบจำลอง

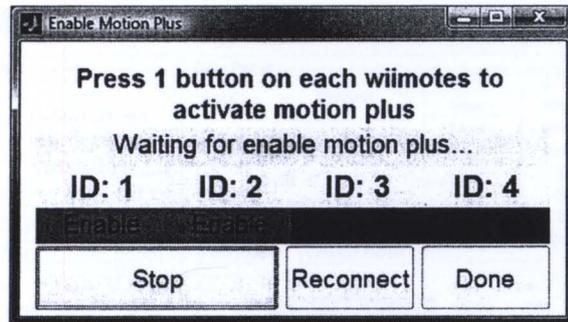
			W2_RL_T	W2_R_TF	W2_L_TF	W4_RL_TF
ตำแหน่งวีรี โมต	ขาขวา	ต้นขา	-	1	-	1
		แข้ง	1	1	-	1
	ขาซ้าย	ต้นขา	-	-	1	1
		แข้ง	1	-	1	1
รวมจำนวนวีรี โมต			2	2	2	4

■ Wiimote Panel

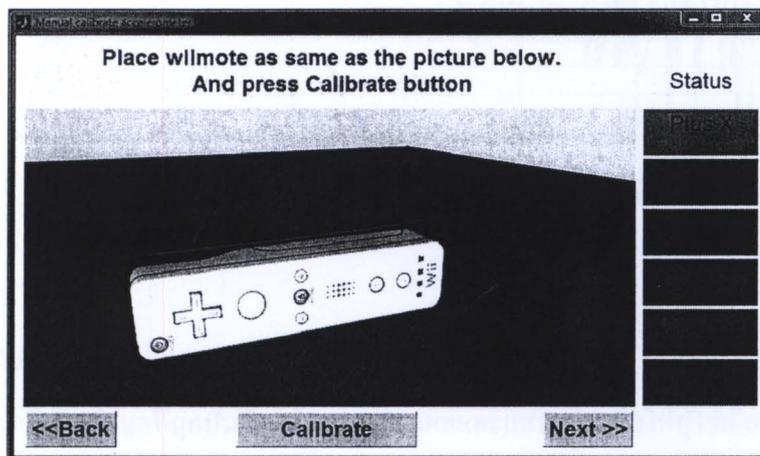
เป็นส่วนสำหรับการเชื่อมต่อกับวีรี โมต เพื่อเทียบมาตรฐานมาตรฐานความเร่งและใจโรสโคบ ตรวจสอบปริมาณแบตเตอรี่ และเปิดการใช้งานวีโมชั่นพลัส



รูปที่ 4.16 โปรแกรมสำหรับควบคุมวีรี โมต



รูปที่ 4.17 โปรแกรมสำหรับเปิดการใช้งานวีโมชั่นพลัส



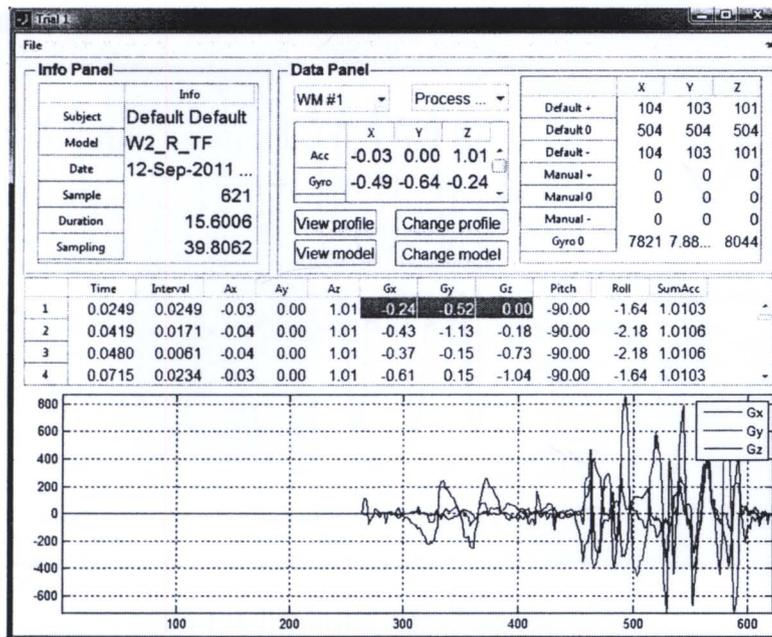
รูปที่ 4.18 โปรแกรมสำหรับการเทียบมาตรฐานมาตรฐานความเร่ง

■ Real-time Plot Panel

สำหรับแสดงข้อมูลดิบที่เก็บมาจากวีรี โมตในรูปของกราฟแบบเรียลไทม์ได้ โดยสามารถแสดงได้พร้อมกันสูงสุด 2 วีรี โมต

■ Collect Data Panel

สำหรับทำหน้าที่ควบคุมการเริ่มหรือหยุดการเก็บข้อมูล โดยสามารถกำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูลเฉลี่ย และสามารถแสดงจำนวนข้อมูล เวลา และความถี่เฉลี่ยที่เก็บข้อมูลได้ นอกจากนี้หลังจากการเก็บข้อมูลเสร็จสิ้นสามารถแสดงข้อมูลทั้งหมดที่ได้เก็บมาผ่านทางโปรแกรมแสดงผลข้อมูล เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4.19 โปรแกรมสำหรับแสดงผลข้อมูลและบันทึกข้อมูลดิบ

4.8.2 โปรแกรมสำหรับเลือกรอบการเดิน

สำหรับทำหน้าที่เปิดข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้มาประมวลผลและแสดงค่า เพื่อให้ผู้ใช้เลือกรอบการเดินที่ต้องการ ซึ่งโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

- **Axes Panel**

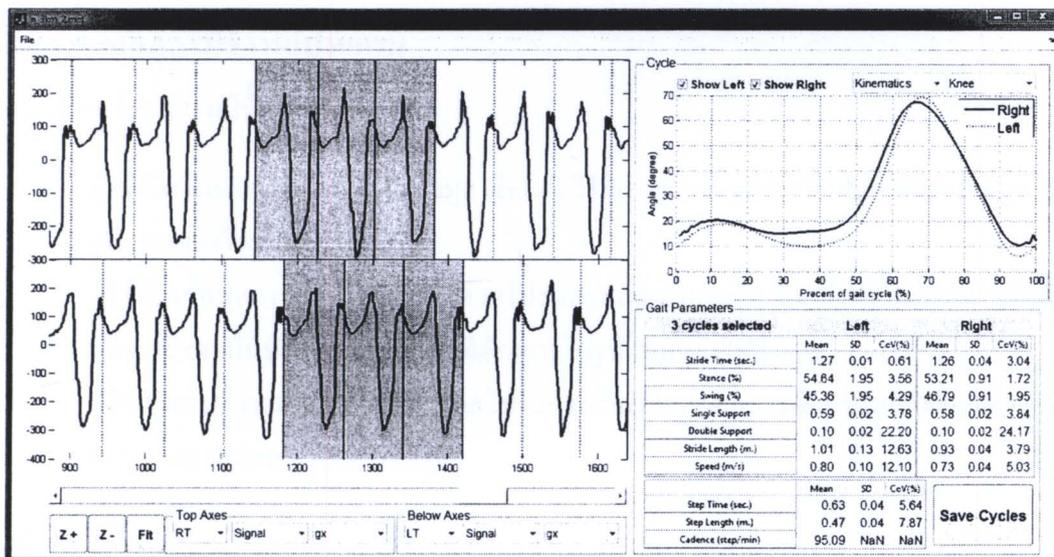
สำหรับเลือกรอบการเดินและแสดงผลข้อมูลที่ได้จากวีริ โมดที่ผ่านการประมวลผลแล้ว โดยสามารถขยาย หรือย่อกราฟที่แสดงได้ ซึ่งสามารถแสดงได้พร้อมกัน 2 กราฟ

- **Cycle Panel**

แสดงกราฟข้อมูลเฉลี่ยของรอบการเดินที่ถูกเลือก โดยอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของรอบการเดิน

- **Gait Parameter Panel**

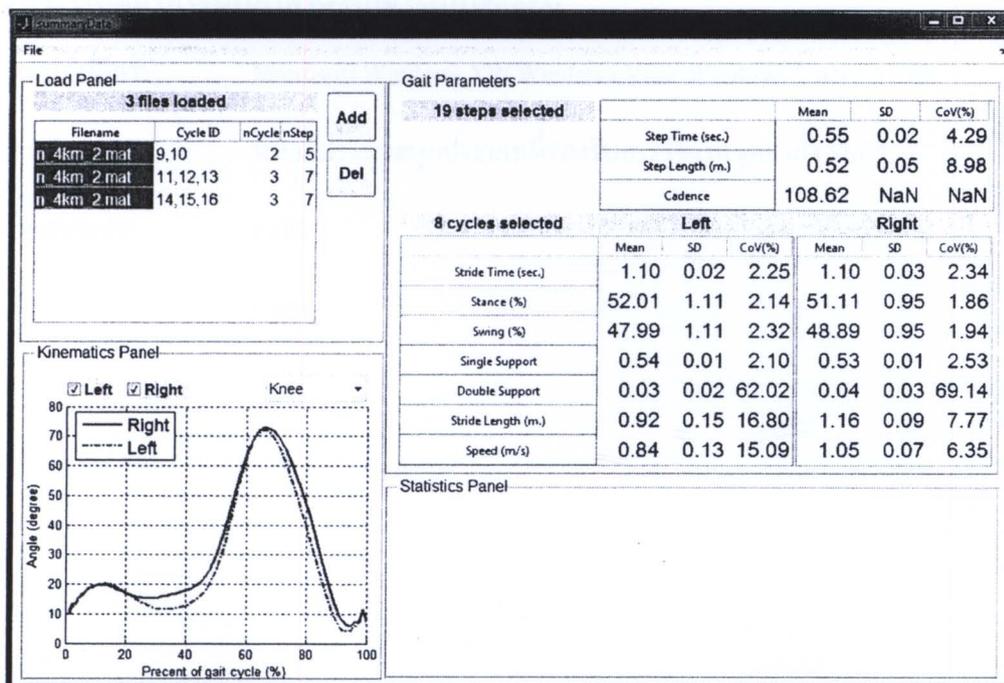
แสดงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับท่าเดินเฉลี่ย สำหรับรอบการเดินที่ถูกเลือก และสามารถบันทึกการเดินที่ถูกเลือกไว้สำหรับการนำไปวิเคราะห์เชิงสถิติต่อไป



รูปที่ 4.20 โปรแกรมสำหรับเลือกรอบการเดิน

4.8.3 โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์รอบการเดินเชิงสถิติ

ทำหน้าที่สำหรับเปิดข้อมูลรอบการเดินที่ถูกเลือกไว้เพื่อมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทั้งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเวลา พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะทาง และมุมของข้อเข่า

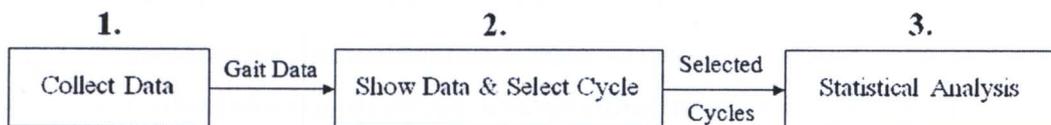


รูปที่ 4.21 โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์รอบการเดินเชิงสถิติ

4.8.4 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้ใช้เปิดโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูล เชื่อมต่อวีรีโมต เก็บข้อมูลการเดินและบันทึกข้อมูล ในรูปแบบของไฟล์ .mat
2. ผู้ใช้เปิดข้อมูลการเดินที่บันทึกไว้ด้วยโปรแกรมเลือกรอบการเดินเพื่อเลือกรอบการเดินที่ต้องการ จากนั้นบันทึกรอบการเดินที่ต้องการในรูปแบบของไฟล์ .mat
3. ผู้ใช้เปิดรอบการเดินที่บันทึกไว้ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์รอบการเดินเชิงสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล



รูปที่ 4.22 แสดงขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม

4.8.5 ความต้องการขั้นต่ำสำหรับใช้งานโปรแกรม

ระบบปฏิบัติการ: Microsoft Windows XP/ Windows Vista/ Windows 7 แบบ 32 บิต

หน่วยประมวล: หน่วยประมวลทุกประเภทที่รองรับการใช้งานชุดคำสั่ง SSE2

หน่วยความจำ: 1 GB

พื้นที่ว่าง: 5 MB