

บทที่ 3

การพัฒนาระบบจดจำภาษามือไทย

ในบทที่ 3 จะกล่าวถึงแนวคิดในการพัฒนาระบบจดจำภาษามือไทย ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบถุงมือ ขั้นตอนการพัฒนาระบบการเรียนรู้และการจดจำภาษามือ และขั้นตอนการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของถุงมืออิเล็กทรอนิกส์และระบบจดจำภาษามือไทย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แนวคิดในการพัฒนาระบบจดจำภาษามือไทย

วัตถุประสงค์สำคัญของการศึกษาและพัฒนาระบบจดจำภาษามือไทยสำหรับงานวิจัยนี้ คือ การพัฒนาต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการใช้ตรวจจับท่าทางภาษามือและราคาต่ำ โดยใช้เซนเซอร์และอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ภายในประเทศ เพื่อนำมาเป็นอุปกรณ์แปลงท่าทางภาษามือไทยไปเป็นข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลและแปลเป็นคำในภาษาพูดได้ สำหรับแนวทางการพัฒนาระบบจดจำภาษามือไทยประกอบด้วยขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ และการพัฒนาระบบเรียนรู้และจดจำภาษามือ

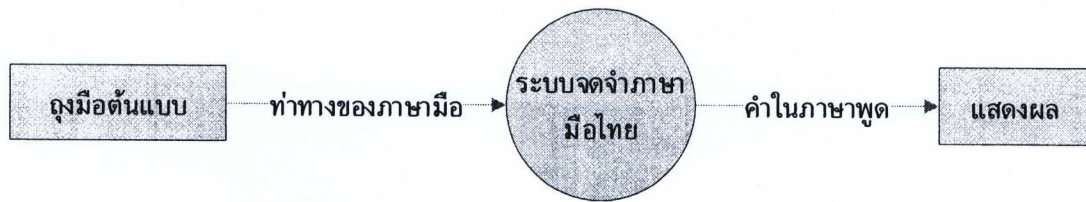
ข้อดี

- ได้ต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาต่ำและมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับตรวจจับท่าทางภาษามือ
- สามารถแปลภาษามือไทยให้เป็นคำในภาษาพูดที่คนปกติเข้าใจได้

ข้อจำกัด

- ต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ในงานวิจัยนี้ไม่มีการตรวจจับการเหยียดและงอของข้อปลายนิ้วมือ
- ต้นแบบระบบจดจำภาษามือไทยที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ไม่มุ่งเน้นให้เป็นระบบที่มีความซับซ้อนและขนาดใหญ่
- ต้นแบบระบบจดจำภาษามือไทยสามารถจดจำคำภาษามือไทยที่มีท่าทางการเคลื่อนที่ของมือได้ไม่เกิน 3 ท่า

สำหรับงานวิจัยนี้จะคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์เพื่อแปลภาษามือไทยเป็นสำคัญ ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลโดยระบบเรียนรู้และจดจำภาษามือที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมรวมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (ภาพที่ 3.1) จะดำเนินการในลักษณะการเปรียบเทียบความถูกต้องของภาษามือที่แปลได้จากตัวอย่างทดลอง



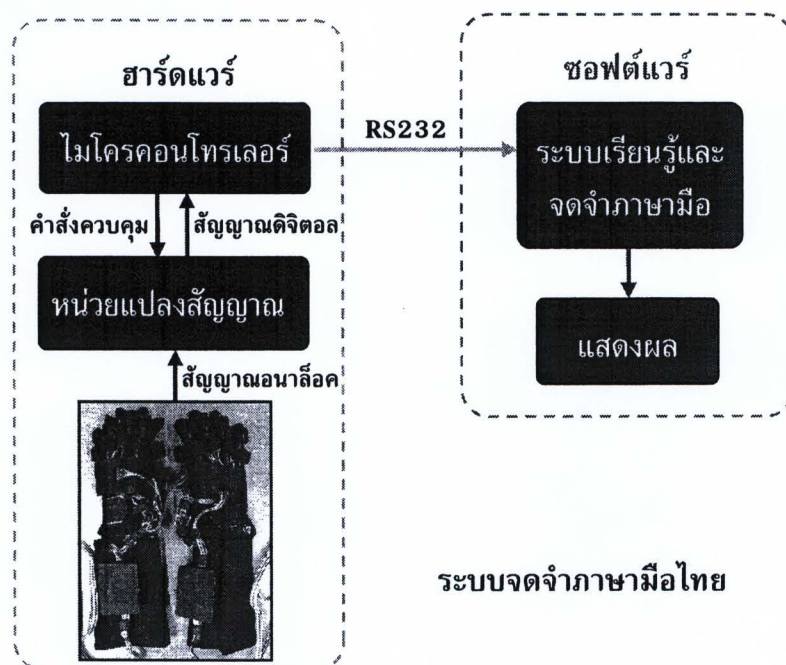
ภาพที่ 3.1 แนวทางการพัฒนาระบบจดจำภาษามือไทย

1.1 โครงสร้างของระบบจดจำภาษามือไทย

ระบบจดจำภาษามือไทยมีการออกแบบให้ระบบสามารถเรียนรู้และการจดจำภาษามือไทย พร้อมกับแปลท่าทางภาษามือให้เป็นตัวอักษรที่คนปกติเข้าใจ โดยระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักประกอบด้วย (ภาพที่ 3.2)

(1) ฮาร์ดแวร์ทำหน้าที่แปลงท่าทางภาษามือให้เป็นข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้

(2) ซอฟต์แวร์ทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลที่จากฮาร์ดแวร์ให้เป็นข้อมูลรูปแบบตำแหน่ง การเคลื่อนที่และการหมุนมือ เพื่อเป็นชุดข้อมูลในการสอนระบบเรียนรู้และจดจำภาษามือไทยที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) ร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) และแสดงผลออกมาในรูปแบบของตัวอักษรที่คนปกติสามารถเข้าใจ



ภาพที่ 3.2 โครงสร้างของระบบจดจำภาษามือไทย

2. การพัฒนาต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์

การออกแบบต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์จะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่ การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซนเซอร์ที่เหมาะสมกับการตรวจจับและเหยียดนิ้วมือ และโครงสร้างของต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์

2.1 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเซนเซอร์

วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์ (2548) กล่าวว่า “การตรวจวัดระยะขจัดที่ได้จากการเคลื่อนที่ของวัตถุ นับว่ามีความสำคัญและมีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับระบบการวัดและระบบควบคุมกระบวนการ เนื่องจากในระบบการวัดและการควบคุมหลายชนิดมักมีสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตอยู่ในรูปแบบของระยะขจัด แต่อย่างไรก็ตามในบางครั้งการวัดระยะขจัดอาจจะแสดงผลที่ได้จากการวัดออกมาอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของตัวแปรชนิดอื่นก็ได้เช่นกัน”

จากคำกล่าวในข้างต้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เซนเซอร์วัดระยะการขจัดแบบชนิดตรวจจับสนามแม่เหล็กซึ่งมี 2 ชนิด คือ แอลวีดีทีและฮอลล์เอฟเฟกต์ มาทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเซนเซอร์ในการตรวจจับการงอและการเหยียดของนิ้วมือ เหตุผลโดยรวมที่งานวิจัยนี้เลือกเซนเซอร์ทั้งสองชนิด เนื่องจากมีราคาถูกและสามารถสร้างขึ้นใช้เองได้ ขั้นตอนในการทดลองประสิทธิภาพของเซนเซอร์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการทดลองประสิทธิภาพการวัดระยะทางของเซนเซอร์ และขั้นตอนที่สองเป็นการทดลองวัดประสิทธิภาพการวัดมุมการงอของนิ้วมือ

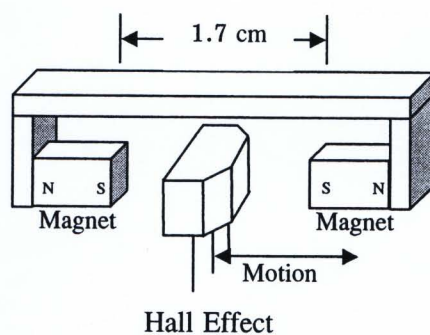
2.1.1 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างฮอลล์เอฟเฟกต์กับแอลวีดีที

การทดลองเลือกใช้วิธีการตรวจจับความเข้มของสนามแม่เหล็กแบบ Push-push approach ดังภาพที่ 3.3 สำหรับฮอลล์เอฟเฟกต์ ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าความต่างศักย์เป็นเชิงเส้นและมีเสถียรภาพมากที่สุด (Ferrazzin et al., 2002) โดยการนำเอาขั้วใต้ของแม่เหล็กถาวรหันเข้าหาฮอลล์เอฟเฟกต์ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ระยะห่างระหว่างแท่งแม่เหล็กถาวรในการทดลองนี้เท่ากับ 1.7 เซนติเมตร แหล่งจ่ายกระแสตรง 5 โวลต์ ผลที่ได้ คือ ขั้วใต้ของแม่เหล็กที่อยู่ด้านหน้าจะทำให้ค่าความต่างศักย์ของ ฮอลล์เอฟเฟกต์เพิ่มขึ้น ส่วนแท่งแม่เหล็กที่อยู่ด้านหลังฮอลล์เอฟเฟกต์จะทำให้ค่าความต่างศักย์ลดลง เซนเซอร์ฮอลล์เอฟเฟกต์ที่เลือกใช้ คือ A1302 ของบริษัท Allegro MicroSystems ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- (1) เอาท์พุตมีสัญญาณรบกวนต่ำ
- (2) สามารถทำงานได้ทันที (Fast power-on time)
- (3) เอาท์พุตแบบ rail-to-rail (Radiometric rail-to-rail output)
- (4) ทำงานที่ความต่างศักย์ 4.5 ถึง 6.0 โวลต์
- (5) สร้างจากวัสดุที่มีคุณภาพ (Solid-state reliability)
- (6) Factory-programmed at end-of-line for optimum performance

(7) สามารถป้องกันการถ่ายเทประจุ (Electrostatic Discharge: ESD) ได้ดี

สำหรับแอลวีดีที่เป็นเซนเซอร์ที่พัฒนาขึ้นเองโดยใช้หลอดกาแฟเป็นแกน สำหรับพื้นขดลวดจำนวน 3 ขดแต่ละขดพันจำนวน 100 รอบและใช้แกนเฟอร์ไรต์เป็นแกนกลาง ในการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กระหว่างขดลวดปฐมภูมิกับขดลวดทุติยภูมิ แหล่งจ่ายกระแสสลับ 5 โวลต์ ความถี่ 1 kHz (บทที่ 2)



ภาพที่ 3.3 โครงสร้างของฮอลล์เอฟเฟกต์แบบ Push-push approach

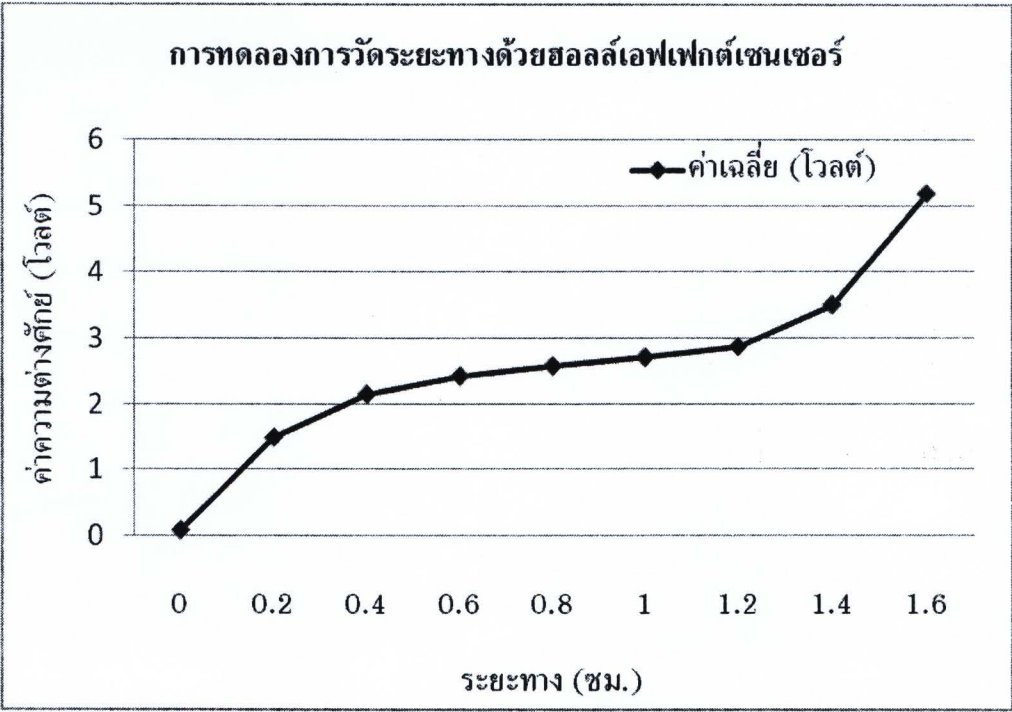
2.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ การทดลองการวัดระยะทาง และการทดลองการวัดการงอของข้อนิ้วมือ ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

(1) ชุดการทดลองที่ 1 การทดลองการวัดระยะทาง ระยะทางที่ใช้ในการวัดอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1.6 เซนติเมตร ผลการทดลองการวัดระยะทางของแอลวีดีและฮอลล์เอฟเฟกต์เป็นดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 จากภาพที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่าการวัดระยะทางของฮอลล์เอฟเฟกต์แบบ Push-push approach ได้คุณลักษณะคล้ายคลึงกับข้อมูลของ Ferrazzin et al. (2002) และผลการวัดระยะของแอลวีดีที่ออกมาใกล้เคียงกับเชิงเส้นดังภาพที่ 3.5

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์

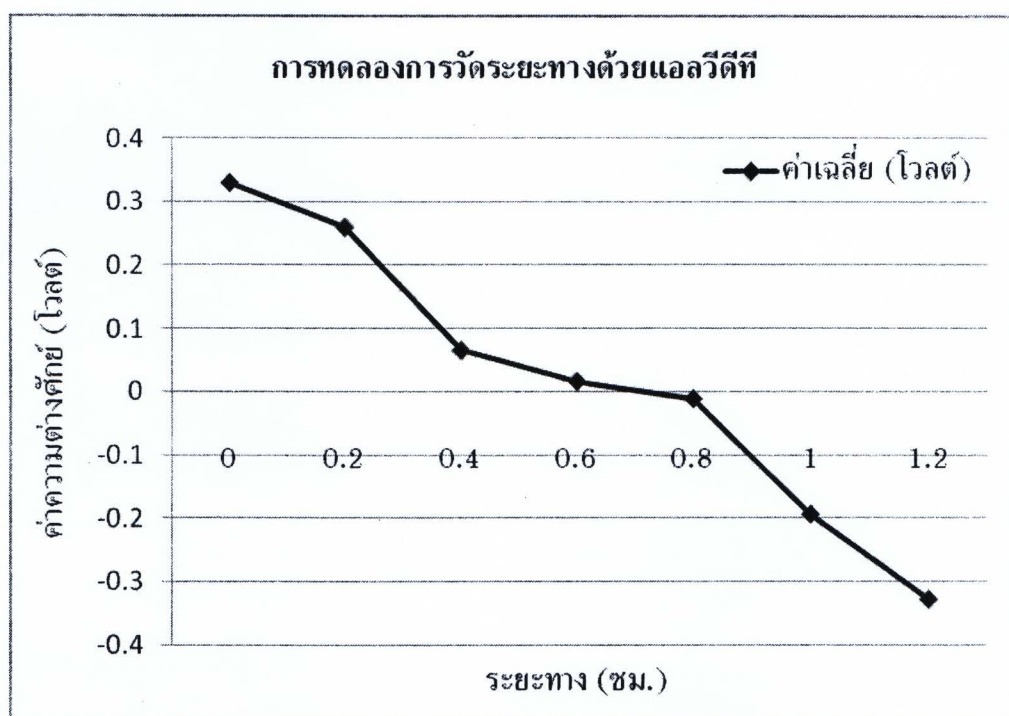
ระยะทาง (ซม.)	ค่าความต่างศักย์ (โวลต์)						ค่าความแปรปรวน (โวลต์)
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	
0.00	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.000016
0.20	1.48	1.48	1.52	1.49	1.50	1.49	0.000224
0.40	2.15	2.14	2.14	2.16	2.16	2.15	0.000080
0.60	2.42	2.43	2.42	2.43	2.43	2.43	0.000024
0.80	2.58	2.59	2.58	2.58	2.59	2.58	0.000024
1.00	2.71	2.72	2.71	2.71	2.73	2.72	0.000064
1.20	2.96	2.95	2.94	2.95	2.59	2.88	0.020776
1.40	3.52	3.54	3.50	3.50	3.51	3.51	0.000224
1.60	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	5.19	0.000000



ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความต่างศักย์จากฮอลล์เอฟเฟกต์

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองการวัดระยะทางด้วยแอลวีดีที

ระยะทาง (ซม.)	ค่าความต่างศักย์ (โวลต์)						ค่าความแปรปรวน (โวลต์)
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	
0.00	0.33	0.33	0.34	0.33	0.33	0.33	0.000010
0.20	0.26	0.26	0.26	0.25	0.26	0.26	0.000041
0.40	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.000010
0.60	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.000000
0.80	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.000015
1.00	-0.20	-0.19	-0.19	-0.19	-0.02	-0.19	0.000010
1.20	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	-0.33	0.000000

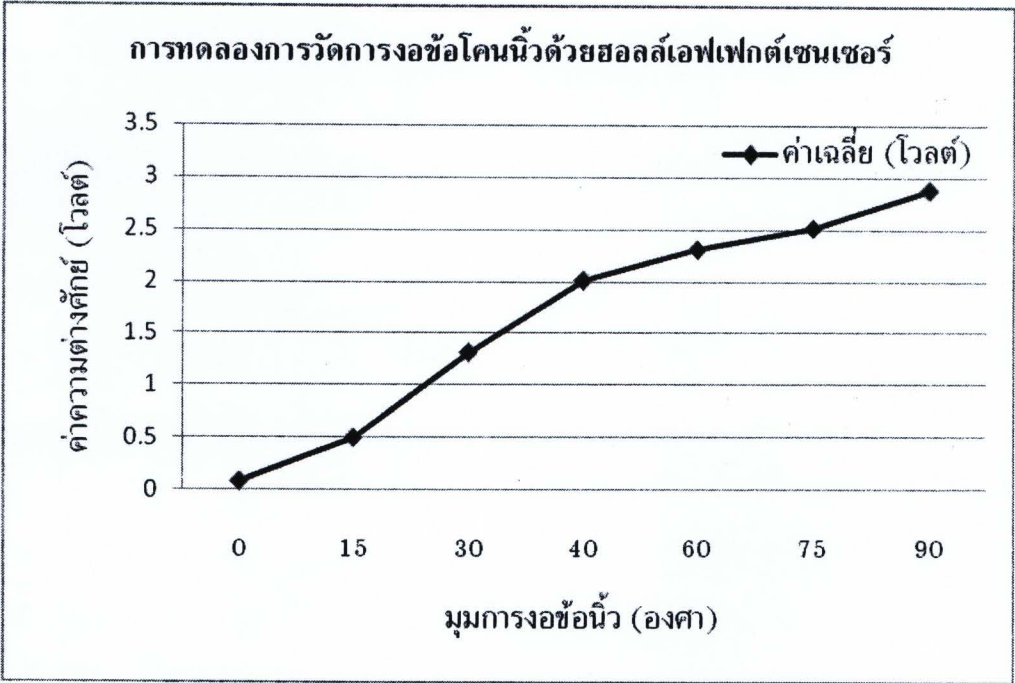


ภาพที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับความต่างศักย์จากแอลวีดีที

(2) ชุดการทดลองที่ 2 การทดลองการวัดการงอของข้อนิ้วมือ ในการทดลองที่ 2 นี้กำหนดขอบเขตขององศาไว้ที่ 0 ถึง 90 องศา

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองการวัดการงอของข้อนิ้วมือนิ้วด้วยฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์

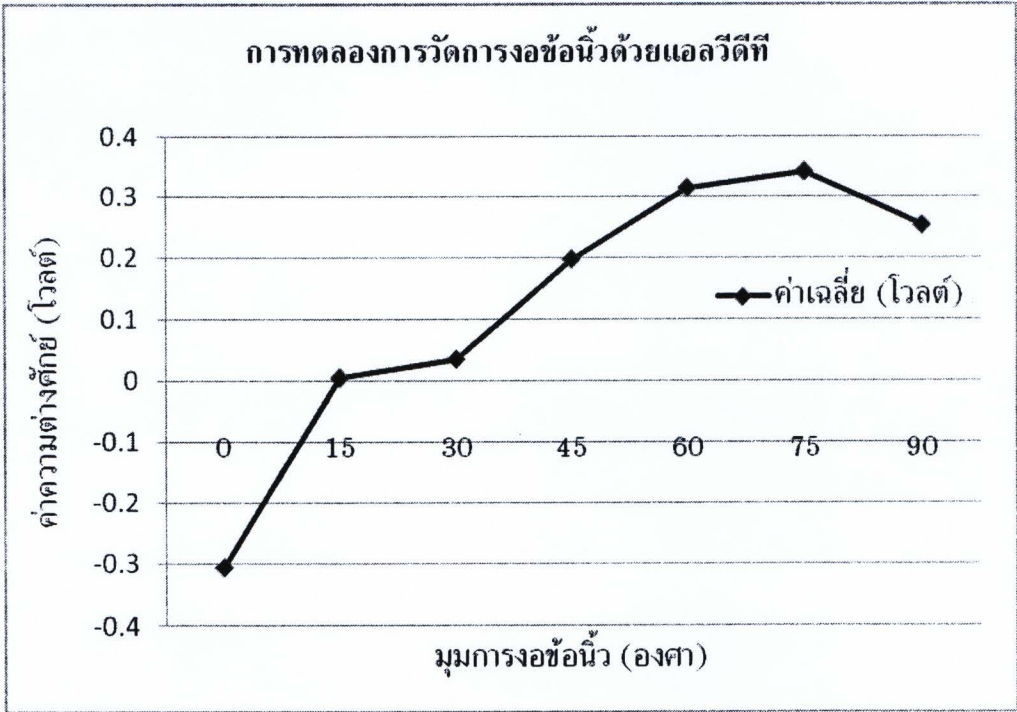
มุมการงอข้อนิ้ว (องศา)	ค่าความต่างศักย์ (โวลต์)						ค่าความแปรปรวน (โวลต์)
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	
0	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.000016
15	0.47	0.53	0.53	0.47	0.50	0.50	0.000720
30	1.31	1.32	1.31	1.32	1.32	1.32	0.000024
40	2.01	2.02	2.01	2.01	2.01	2.01	0.000016
60	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	0.000000
75	2.49	2.52	2.52	2.52	2.52	2.51	0.000144
90	2.89	2.85	2.85	2.89	2.91	2.88	0.000576



ภาพที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการงอข้อนิ้วกับความต่างศักย์จากฮอลล์เอฟเฟกต์

ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองการวัดการงอของข้อนิ้วด้วยแอลวีดีที

มุมการงอข้อนิ้ว (องศา)	ค่าความต่างศักย์ (โวลต์)						ค่าความ แปรปรวน (โวลต์)
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	
0	-0.30	-0.31	-0.30	-0.30	-0.30	-0.31	0.000010
15	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.000015
30	0.04	0.02	0.05	0.04	0.02	0.04	0.000092
45	0.21	0.20	0.21	0.20	0.17	0.20	0.000220
60	0.31	0.31	0.31	0.33	0.30	0.31	0.000061
75	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.000015
90	0.22	0.26	0.25	0.25	0.20	0.25	0.000425



ภาพที่ 3.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการงอข้อนิ้วกับความต่างศักย์จากแอลวีดีที

เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงเส้น (การวัดระยะ) ผลลัพธ์ของแอลวีดีทีจะมีความเป็นเชิงเส้นมากกว่าฮอลล์เอฟเฟกต์ แต่กราฟความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงมุม (มุมการงอข้อนิ้ว) พบว่าฮอลล์เอฟเฟกต์ให้ผลลัพธ์เป็นเชิงเส้นมากกว่าแอลวีดีที เนื่องจากค่าความต่างศักย์ของฮอลล์เอฟเฟกต์กับแอลวีดีทีที่มีขนาดที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงเอาจานาข้อมูลค่าความ



แปรปรวนจากการทดลองที่สองมาเปรียบเทียบทางด้านสถิติแทน โดยการตั้งสมมติฐานว่าค่าความแปรปรวนของฮอลล์เอฟเฟกต์และแอลวีดีที่มีค่าไม่ต่างกัน จากผลดังตารางที่ 3.5 พบช่วงของความค่าความเชื่อมั่น (Confidence interval of the difference) อยู่ในช่วงระหว่าง -0.00018 ถึง 0.00037 ประมาณเท่ากับศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำให้ยอมรับสมมติฐานที่ว่าค่าความแปรปรวนของฮอลล์เอฟเฟกต์และแอลวีดีที่มีค่าไม่ต่างกัน

จากคุณสมบัติฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์กล่าวมาข้างต้นกับราคาที่ถูกและสะดวกต่อการสร้างมากกว่าแอลวีดี เพราะการสร้างแอลวีดีที่จะต้องทำการพันขดลวด ซึ่งการพันลวดอาจจะเกิดข้อผิดพลาดได้ทำให้ค่าความต่างศักย์มีความบิดเบือนสูง ดังนั้นฮอลล์เอฟเฟกต์เซนเซอร์จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับท่าทางของมือสำหรับงานวิจัยนี้

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบค่าความแปรปรวนระหว่างฮอลล์เอฟเฟกต์กับแอลวีดี

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Hall_Effect - LVDT	0.0001	0.0003	0.0001	-0.0002	0.0004	0.8410	6	0.4330

2.2 โครงสร้างของต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์

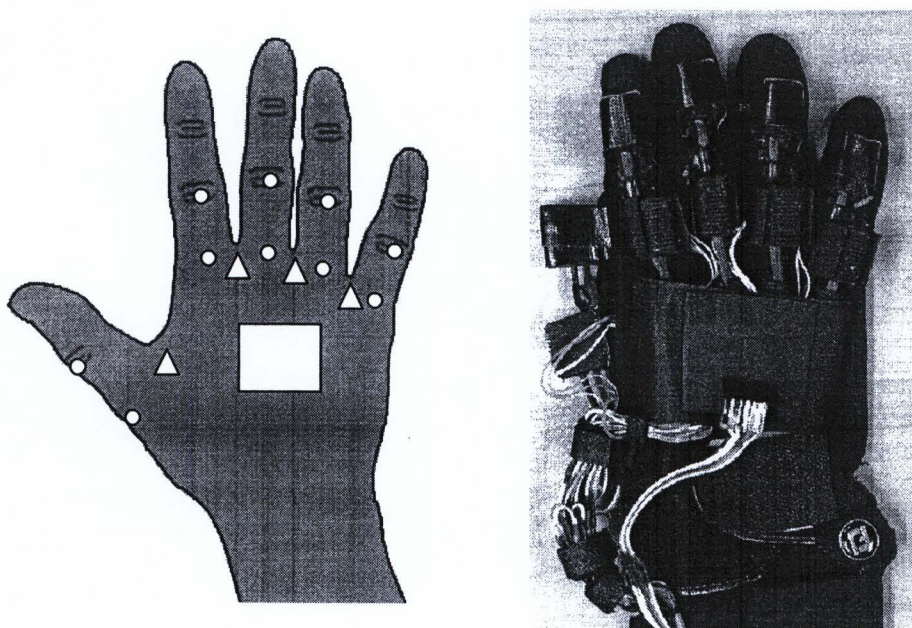
เมื่อได้เซนเซอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว จึงต้องมีการพิจารณาตำแหน่งสำหรับติดตั้งเซนเซอร์ที่เหมาะสมเพื่อตรวจจับท่าทางภาษามือ และให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับท่าทางภาษามือนั้นๆ จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของมือและแขน (หัวข้อ 1.2 บทที่ 2) สามารถสรุปตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ที่เหมาะสมสำหรับต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ของงานวิจัยนี้ได้ทั้งหมด 15 จุดดังภาพที่ 3.8 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะไม่พิจารณาการงอและการเหยียดข้อปลายนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนางและนิ้วก้อย โดยถือว่าข้อทั้ง 4 ไม่นับสำคัญต่อรูปแบบของมือ

2.2.1 ตำแหน่งติดตั้งฮอลล์เอฟเฟกต์แบบ Push-push approach สำหรับตรวจจับการงอและเหยียดนิ้ว (สัญญาณลักษณะวงกลม) ไว้บริเวณส่วนบนของข้อนิ้วในแต่ละข้อจำนวน 10 เซนเซอร์

2.2.2 ตำแหน่งติดตั้งฮอลล์เอฟเฟกต์แบบ Unipolar head-on mode สำหรับตรวจจับการกางและหุบระหว่างนิ้ว (สัญญาณลักษณะสามเหลี่ยม) อยู่ระหว่างนิ้วแต่ละนิ้วจำนวน 4 เซนเซอร์ การติดตั้งฮอลล์เอฟเฟกต์แบบ Unipolar head-on mode ในตำแหน่งนี้มีความเหมาะสมที่สุด สำหรับงานวิจัยนี้ เนื่องจากเป็นแบบแม่เหล็กและเซนเซอร์มีความอิสระต่อกัน

และระยะระหว่างนิ้วเมื่อติดตั้งเซนเซอร์แล้วมีระยะไม่เกิน 0.6 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้สำหรับรูปแบบนี้

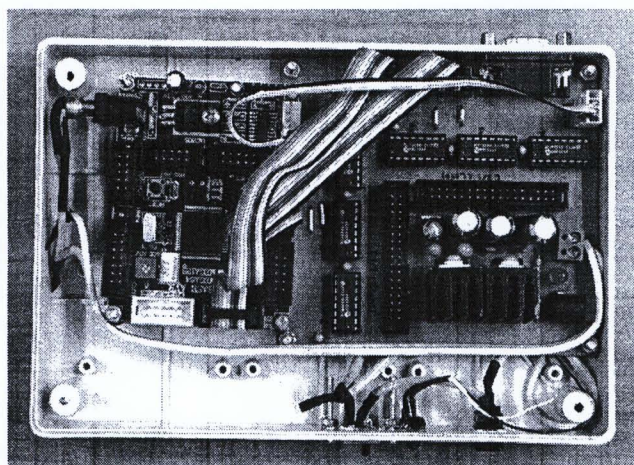
2.2.3 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดความเร่ง (สัญญาณลักษณะสี่เหลี่ยม) อยู่บริเวณกลางหลังมือ มีหน้าที่ในการตรวจจับตำแหน่งของมือในปริภูมิสามมิติ (3D-Tracker) เป็นการตรวจจับที่ทำให้ทราบถึงการเคลื่อนที่ ตำแหน่งและการหมุนของมือ ซึ่งมี 6 องศาอิสระ ได้แก่ ตำแหน่งในแกนสามมิติจำนวน 3 องศาอิสระและค่าการหมุนจำนวน 3 องศาอิสระ การติดตั้งเซนเซอร์วัดความเร่งในตำแหน่งกลางหลังมือมีข้อดี คือ ทำให้เซนเซอร์สามารถตรวจสอบการคว่ำมือ หงายมือ ตั้งมือ แกว่งมือที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของแขน ข้อศอก และหัวไหล่ได้ เซนเซอร์วัดความเร่งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ADXL330 เซนเซอร์ ADXL330 มีความสามารถในการวัดความเร่งและการสั่นสะเทือนได้ 3 แกน คือ X, Y และ Z ความเร่งที่สามารถวัดได้อยู่ระหว่าง $\pm 3g$ โดยมีค่าความไว (Sensitivity) 300 mV/g และมีแบนวิทอยู่ที่ 60 Hz (Qiao et al., 2008; Castillo et al., 2010) ADXL330 ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานหลายด้าน เช่น อุปกรณ์ช่วยนำทาง การวัดความโน้มเอียง อุปกรณ์ตรวจจับแผ่นดินไหว หุ่นยนต์ โทรศัพท์มือถือ และอุปกรณ์ควบคุมทิศทางในระบบวิดีโอเกมส์ เป็นต้น สัญญาณเอาต์พุตของ ADXL330 เป็นสัญญาณอนาล็อก (Analog) ของความต่างศักย์ สำหรับรายละเอียดการพิจารณาข้อมูลความเร่งในแกน X, Y และ Z ไปเป็นข้อมูลตำแหน่ง การเคลื่อนที่และการหมุนของมือจะได้อธิบายในหัวข้อ 3.3



ภาพที่ 3.8 ตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์

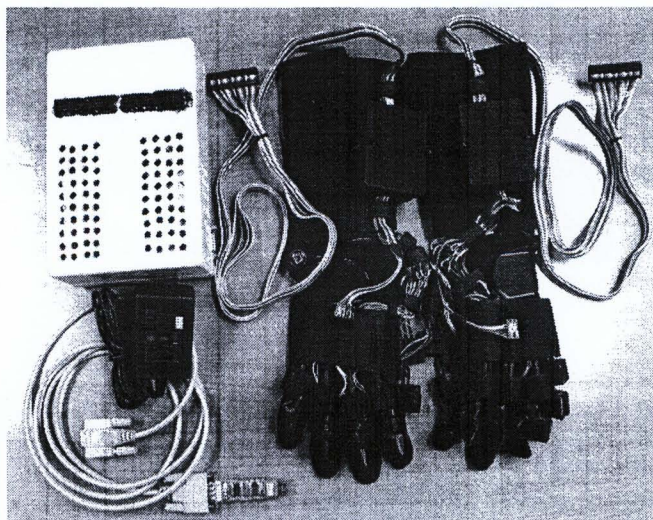
สำหรับอุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล (ภาพที่ 3.9) ประกอบด้วยหน่วยควบคุมและหน่วยแปลงสัญญาณ หน่วยควบคุมมีหน้าที่ติดต่อกับหน่วย

แปลงสัญญาณเพื่อรับสัญญาณดิจิทัลจากหน่วยแปลงสัญญาณส่งไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต serial สำหรับหน่วยควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ของบริษัท ATMEL เบอร์ ATMEGA128 หน่วยแปลงสัญญาณใช้ชิปเซ็ต MCP3208 ของบริษัท Microchip มีความละเอียดในการแปลงสัญญาณ 12 บิต ความถี่ 100 kHz ที่ 5 V และใช้การติดต่อด้วย SPI (Serial interface)



ภาพที่ 3.9 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล

โดยสรุปต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3.10 ซึ่งประกอบไปด้วยถุงมือติดตั้งเซนเซอร์ 1 คู่ อุปกรณ์สำหรับแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัล หม้อแปลงไฟกระแสสลับ 220 โวลต์เป็นไฟกระแสตรง 12 โวลต์ 1.3 แอมป์ สายส่งสัญญาณ Serial และอุปกรณ์แปลงสัญญาณจากพอร์ต Serial ไปเป็น USB ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดมีต้นทุนในการพัฒนารวมทั้งสิ้นโดยประมาณ 12,000 บาท

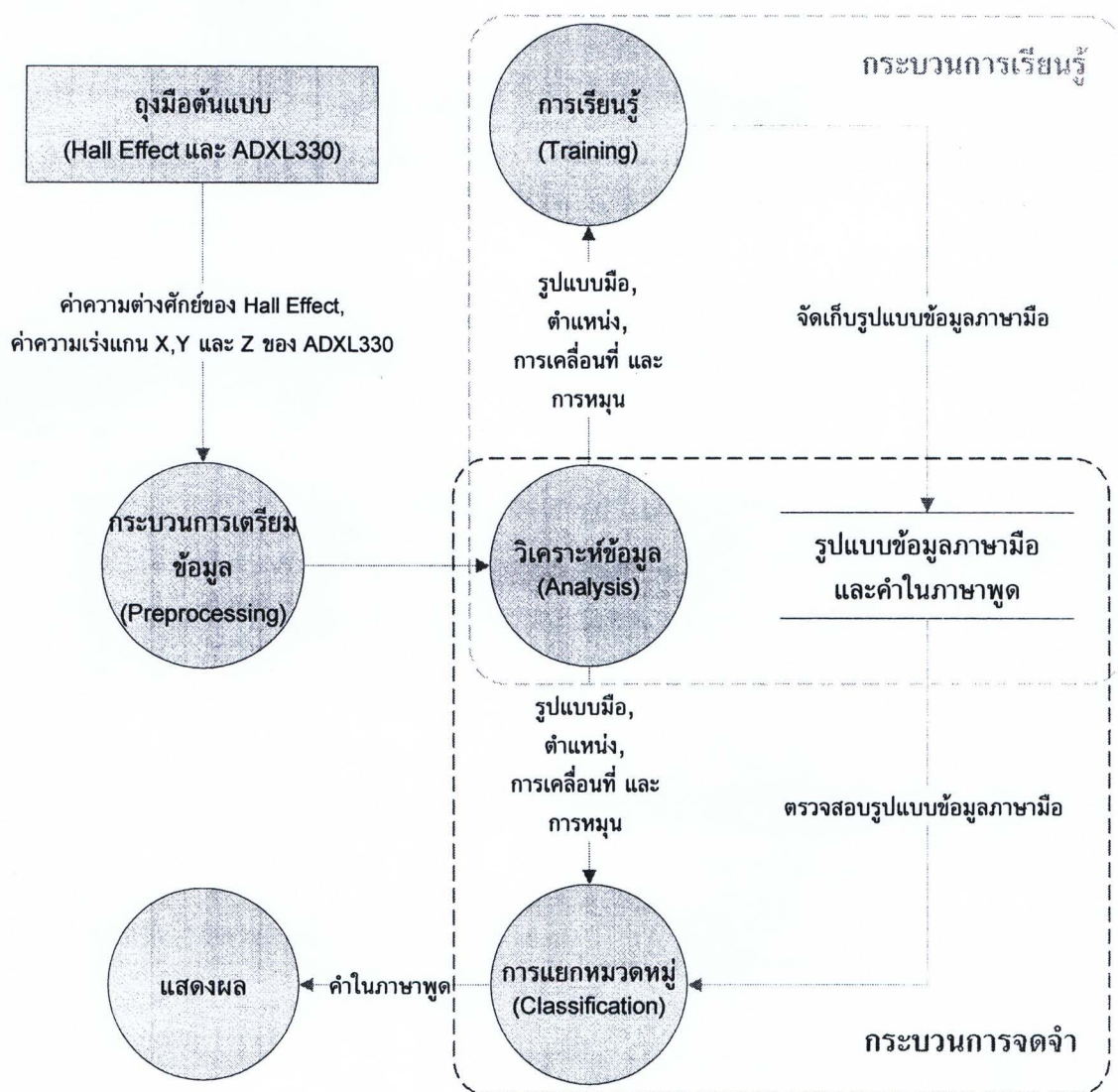


ภาพที่ 3.10 อุปกรณ์ของต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์

3 การพัฒนาระบบเรียนรู้และจดจำภาษามือ

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงกระบวนการทำงานโดยรวมของระบบจดจำภาษามือไทย โดยแบ่งการอธิบายออกเป็น 5 หัวข้อ ได้แก่

- (1) หลักการทำงานของระบบจดจำภาษามือไทย
- (2) กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล
- (3) กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล
- (4) กระบวนการเรียนรู้และจดจำ
- (5) ซอฟต์แวร์



ภาพที่ 3.11 กระบวนการทำงานของระบบจดจำภาษามือไทย

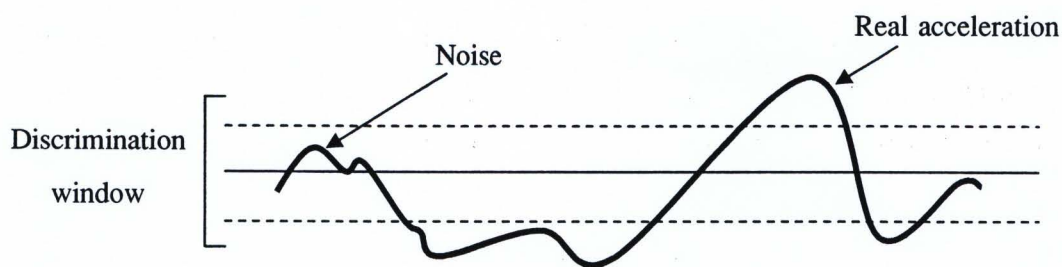
3.1 หลักการทำงานของระบบจดจำภาษาไทย

งานวิจัยนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นระบบจดจำภาษาไทย (Pattern recognition System) โครงข่ายประสาทเทียมนั้นถูกใช้งานอย่างแพร่หลายตัวอย่างเช่น การนำไปใช้จดจำลายมือ (Handwritten) การจดจำเสียง (Speech recognition) และการวิเคราะห์จุดบกพร่องของเครื่องจักรหรือโรคภัย เป็นต้น โดยข้อมูลสำหรับระบบจดจำจะมีรูปแบบที่แน่นอนแต่จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น ความถี่ของเสียง ความสั้นยาวของตัวอักษร เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาษามือก็เป็นข้อมูลอีกชนิดหนึ่งที่มีรูปแบบของข้อมูลที่แน่นอน ระบบจดจำภาษาไทยสำหรับงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการสอนให้ระบบเรียนรู้ภาษามือ โดยจะนำค่าข้อมูลจากถุงมืออิเล็กทรอนิกส์มาจัดเตรียมข้อมูลก่อน (Preprocessing) จากนั้นจึงจัดเก็บลงฐานข้อมูล ขั้นตอนที่สองเป็นกระบวนการจดจำภาษามือซึ่งจะทำการแปลท่าทางภาษามือออกมาเป็นคำในภาษาพูดดังภาพที่ 3.11

3.2 กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล

อันดับแรกก่อนที่ระบบจะสามารถทำการเรียนรู้หรือจดจำภาษามือได้ จะต้องมีการจัดการในการจัดการกับข้อมูลที่ได้รับจากถุงมือเสียก่อน โดยต้นแบบถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาจะส่งข้อมูลจำนวนทั้งหมด 8 ชุดข้อมูล ในแต่ละชุดข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลดิจิทัลของเซนเซอร์จำนวน 8 ข้อมูล แต่ละข้อมูลมีขนาด 12 บิต เมื่อข้อมูลเข้าสู่กระบวนการจัดเตรียมข้อมูล ระบบจะทำการกำจัดสัญญาณรบกวนที่มากับข้อมูลด้วยวิธีการกรองสัญญาณรบกวนขนาดเล็ก (Low pass filter) โดยการหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณ

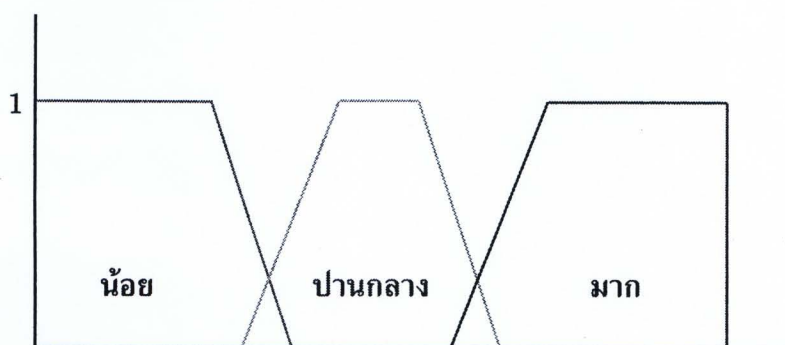
วิธี Mechanical filtering window (Seifert & Camacho, 2007) ถูกนำมาใช้จัดการกับกรณีที่ไม่มี การเคลื่อนที่ของเซนเซอร์วัดความเร่ง เพราะอาจเกิดการตีความว่าความเร็วมีค่าคงที่ทั้งที่ความเร่งมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ เนื่องจากการกรองสัญญาณรบกวนเล็กบางครั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดได้ ดังนั้นกรณีที่เหมาะสมสำหรับสถานะที่ไม่มี การเคลื่อนที่ คือ มีค่าความเร่งเป็นศูนย์ โดยการกำหนดช่วงขอบเขตบนและขอบเขตล่างดังภาพที่ 3.12 (IF acceleration $\leq$ 3 AND acceleration $\geq$ 3 THEN acceleration = 0)



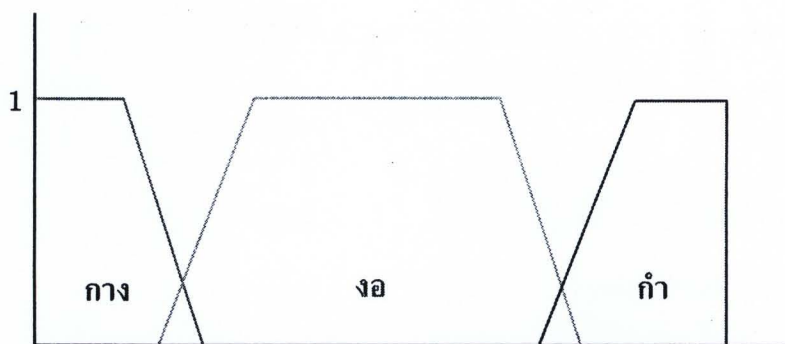
ภาพที่ 3.12 Mechanical filter window (Seifert & Camacho, 2007)

3.3 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อข้อมูลถูกคัดกรองสัญญาณรบกวนออกไป ระบบจะส่งข้อมูลมายังกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งกระบวนการนี้จะดำเนินการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ส่วนแรกเป็นข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ฮอลล์เอฟเฟกต์จำนวน 15 เซนเซอร์ ซึ่งจะนำข้อมูลเชิงขจัดมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงมุมของการงอและเหยียดนิ้วมือด้วยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic: ดูภาคผนวก ข) วิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือนี้จะช่วยลดความสับสนในการแยกแยะลักษณะของข้อมูลการงอและเหยียดนิ้วมือได้ โดยกำหนดการแบ่งลักษณะเงื่อนไขข้อมูลเชิงขจัดเป็นน้อย ปานกลาง และมาก และเงื่อนไขข้อมูลเชิงมุมเป็นตรง งอและกำดั่งภาพที่ 3.13 และ 3.14 เมื่อข้อมูลทั้งหมดผ่านวิธีการตรรกศาสตร์คลุมเครือแล้วร่วมกันจะได้ข้อมูลรูปแบบของมือออกมา



ภาพที่ 3.13 การแบ่งเงื่อนไขข้อมูลเชิงขจัด



ภาพที่ 3.14 การแบ่งเงื่อนไขข้อมูลเชิงมุม

ข้อมูลส่วนที่สอง สามและสี่จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลความเร่งในแกน X Y และ Z จาก ADXL330 ข้อมูลส่วนที่สองเป็นข้อมูลตำแหน่งของมือในปริภูมิสามมิติได้จากการวิเคราะห์ค่าความเร่งในแกน X Y และ Z โดยตรง ซึ่งงานวิจัยนี้จะแบ่งตำแหน่งของมือออกเป็น 2 ส่วน คือ หน้าและตัว ข้อมูลส่วนที่สามจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลความเร่งให้อยู่ในรูปของข้อมูลความเร็ว ตำแหน่งและการขจัด เพื่อนำสร้างเป็นข้อมูลการเคลื่อนที่ของมือ ความเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีกำลังสอง (m/s^2)

และความเร็ว คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ดังสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (3.1)$$

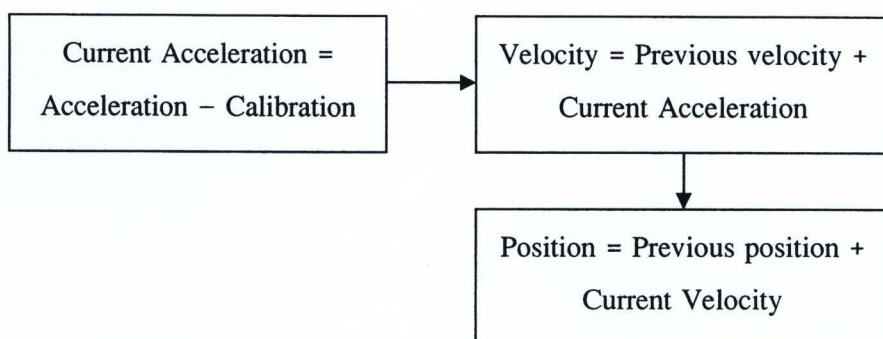
$$v = \frac{ds}{dt} \quad (3.2)$$

เมื่อ a คือ ความเร่ง มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาทีกำลังสอง (m/s^2)

v คือ ความเร็ว มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)

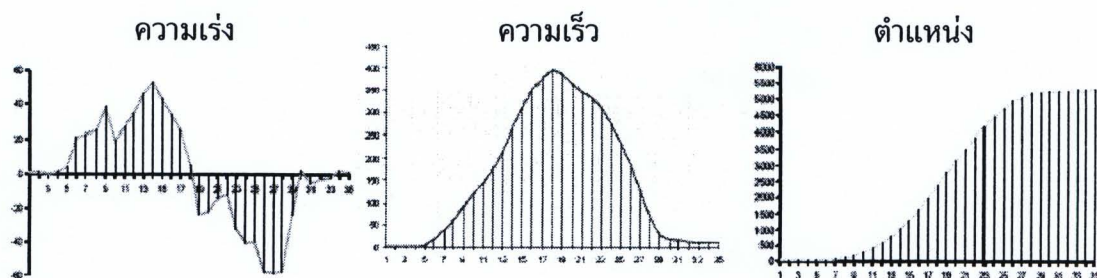
s คือ ตำแหน่งของวัตถุ

t คือ เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)



ภาพที่ 3.15 ผังการหาความเร่ง ความเร็วและตำแหน่ง

โดยความเร็วสามารถคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของความเร่งดังและตำแหน่งคำนวณได้จากพื้นที่ใต้กราฟของความเร็วดังภาพที่ 3.16



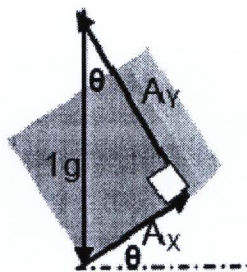
ภาพที่ 3.16 กราฟแสดงพื้นที่ใต้กราฟของความเร่ง ความเร็วและตำแหน่งของวัตถุ (Seifert & Camacho, 2007)



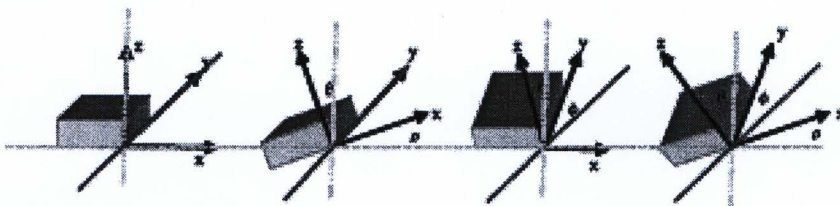
ข้อมูลส่วนสุดท้ายเป็นวิเคราะห์หาค่าการหมุนของมือ ซึ่งประกอบด้วยมุมการหมุนข้อมือก้มเงย (Pitch) ในแกน X มุมการหมุนข้อมือไปด้านข้าง (Yaw) ในแกน Y และมุมการหมุนพลิกฝ่ามือ (Roll) ในแกน Z ดังภาพที่ 3.18 มุมการหมุนแต่ละแกนสามารถหาได้จากหลักของตรีโกณมิติ เมื่อนำค่าความเร่งในแกน X แทนด้วย A_x และค่าความเร่งในแกน Y แทนด้วย A_y จากภาพที่ 3.17 ค่า A_x มีค่าเท่ากับ $\sin \theta$ และค่า A_y มีค่าเท่ากับ $\cos \theta$ เมื่อนำค่า A_x และ A_y มารวมกันจะเป็นดังสมการที่ 3.3 และ 3.4

$$\frac{A_x}{A_y} = \tan \theta \quad (3.3)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{A_x}{A_y}\right) \quad (3.4)$$



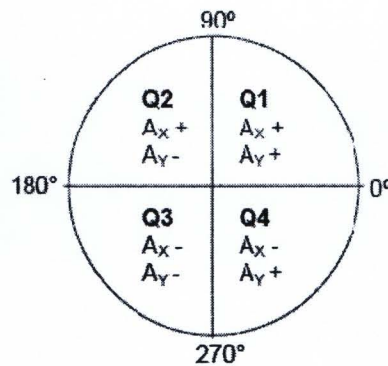
ภาพที่ 3.17 พื้นฐานตรีโกณมิติ (Tuck, 2007)



ภาพที่ 3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมกับแกนในสามมิติ (Tuck, 2007)

การพิจารณาองศาการหมุนของมุม θ ที่ถูกต้องสามารถสังเกตได้จากเครื่องหมายของค่า A_x และ A_y ทั้งนี้ถ้าทำการพิจารณาเพียงค่าของ A_x และ A_y โดยไม่พิจารณาเครื่องหมายแล้ว อาจจะทำให้ได้ค่าองศาที่ไม่ถูกต้องได้ตัวอย่างเช่น $\tan(45)=1$ และ $\tan(225)=1$ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อทราบเครื่องหมายของ A_x และ A_y ก็จะทำให้พิจารณาค่าองศาในแต่ละจุดภาค (Quadrant) ได้อย่างถูกต้อง (Clifford & Gomez, 2005; Tuck, 2007)

- 3.3.1 จตุภาคที่ 1 (Q1) เท่ากับ $\arctan(A_x/A_y)$
- 3.3.2 จตุภาคที่ 2 (Q2) เท่ากับ $\arctan(A_x/A_y)+180$
- 3.3.3 จตุภาคที่ 3 (Q3) เท่ากับ $\arctan(A_x/A_y)+180$
- 3.3.4 จตุภาคที่ 4 (Q4) เท่ากับ $\arctan(A_x/A_y)+360$



ภาพที่ 3.19 จตุภาคของการหมุน 360 องศา (Tuck, 2007)

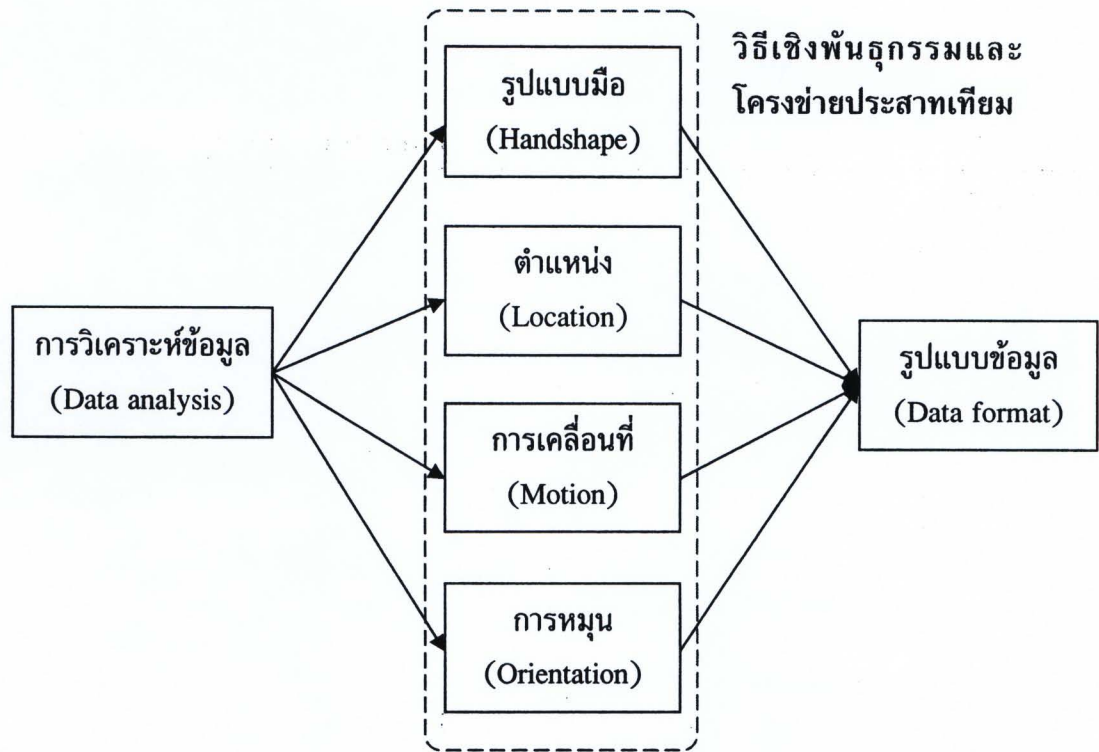
3.4 กระบวนการเรียนรู้และจดจำ

จากกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลจะได้ข้อมูลทั้งหมด 4 แบบ คือ รูปแบบมือ ตำแหน่งมือ การเคลื่อนที่ของมือและการหมุนมือนั่งภาพที่ 3.20 ซึ่งข้อมูลทั้งสี่จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลอินพุตแก่วิธีเชิงพันธุกรรมและโครงข่ายประสาทเทียม งานวิจัยนี้ได้แบ่งโครงข่ายประสาทเทียมออกเป็น 4 โครงข่ายย่อยดังนี้ ระบบโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับรูปแบบ ตำแหน่ง การเคลื่อนที่และการหมุนของมือ โดยรายละเอียดของแต่ละโครงข่ายเป็นดังนี้ตารางที่ 3.6 เพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและเพิ่มความเร็วในการเรียนรู้และจดจำของข้อมูล จากปัญหาที่พบบ่อยของโครงข่ายประสาทเทียมเรียกว่า “Overfitting” ปัญหานี้เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้ไม่เรียนรู้ข้อมูลให้ครอบคลุมกับข้อมูลทั้งหมด ทำให้เมื่อนำเอาแบบจำลองที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้จดจำข้อมูลจะได้ค่าความผิดพลาดของข้อมูลผลลัพธ์สูงขึ้น

ดังนั้นจึงได้นำเอาวิธีเชิงพันธุกรรมเข้ามาช่วยค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปริภูมิทั้งหมดของข้อมูลที่ใช้สอนให้กับกระบวนการเรียนรู้ข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับ โดยวิธีเชิงพันธุกรรมจะเริ่มสร้างประชากรแทนโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาโครงสร้างที่ดีที่สุดของชุดข้อมูลการเรียนรู้ ขั้นตอนถัดมาจะเป็นการสร้างประชากรอีกหนึ่งชุดหนึ่งเพื่อค้นหาคำน่าหนักที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับโครงสร้างข้างต้น

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลโครงข่ายประสาทเทียม

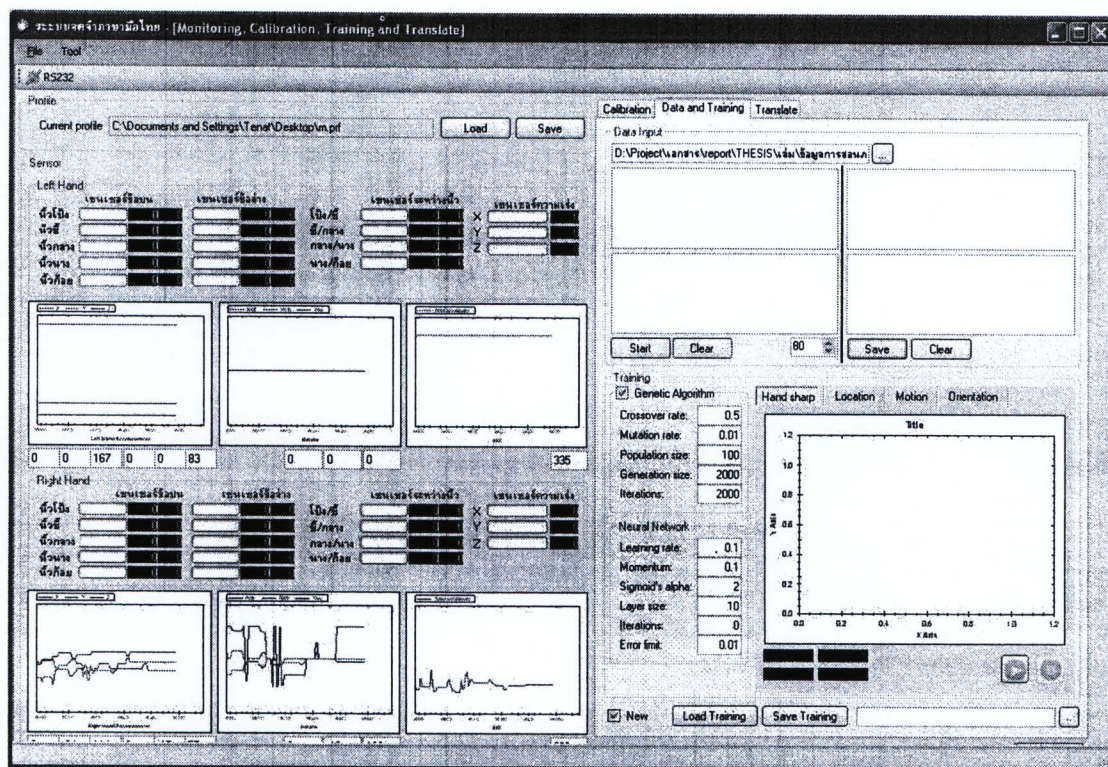
โครงข่ายประสาทเทียม	ชั้นอินพุต (โหนด)	ชั้นเอาต์พุต (โหนด)
รูปแบบมือ	28	16
ตำแหน่งมือ	12	8
การเคลื่อนที่มือ	20	8
การหมุนมือ	18	12



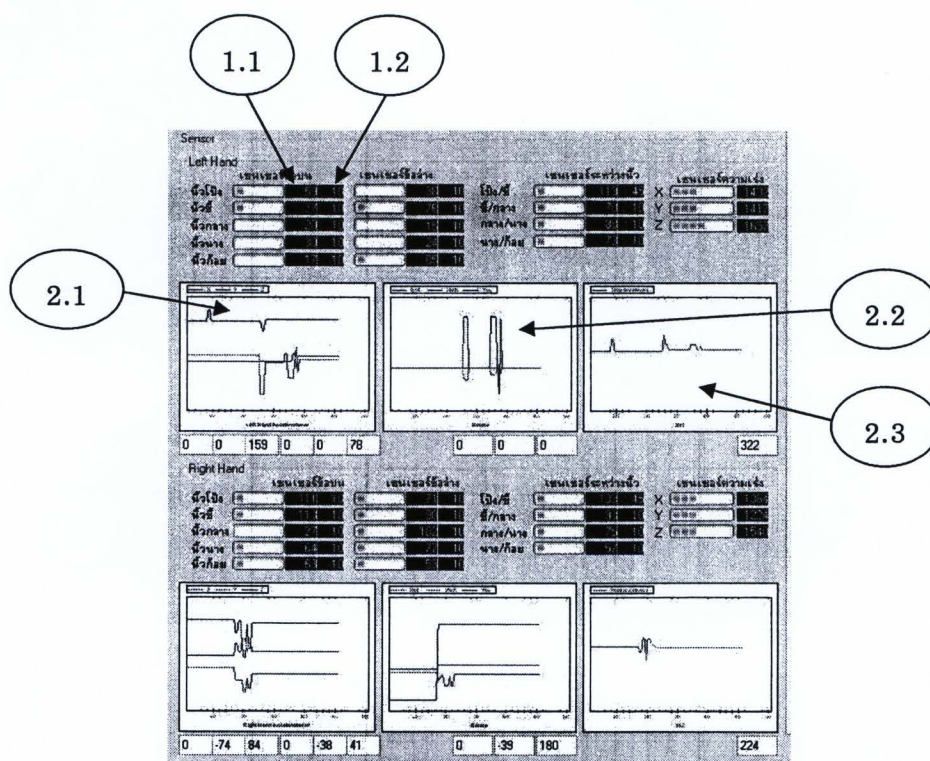
ภาพที่ 3.20 กระบวนการเรียนรู้และจดจำ

3.5 ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ (ภาพที่ 3.21) เป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการรับค่าและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากต้นแบบถูงมือและนำข้อมูลไปทำการเรียนรู้และจดจำภาษามือด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (ภาพที่ 3.23)



ภาพที่ 3.21 หน้าต่างการทำงานหลักของซอฟต์แวร์



ภาพที่ 3.22 ส่วนการรับค่าและวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วนการรับค่าและวิเคราะห์ข้อมูล (ภาพที่ 3.22) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการรับค่าจากถุงมือด้านซ้ายและด้านขวา

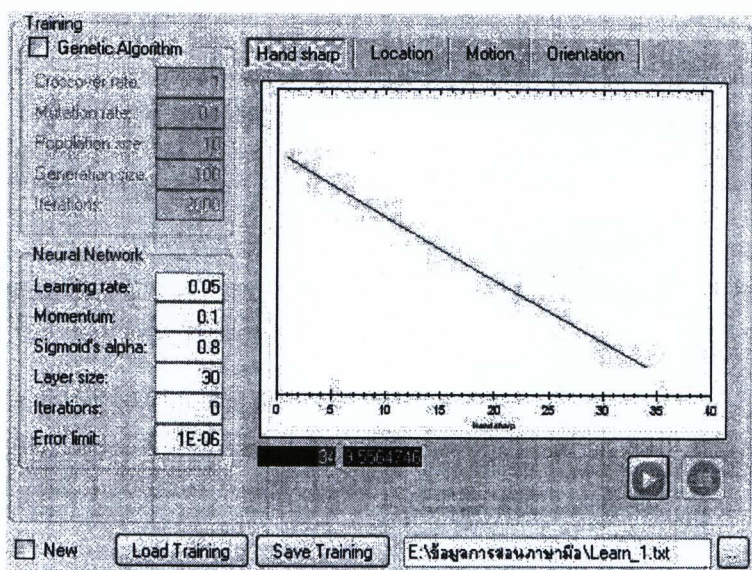
3.5.1 ตำแหน่งที่ 1.1 แสดงค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์ฮอลล์เอฟเฟกต์

3.5.2 ตำแหน่งที่ 1.2 แสดงค่าองศาการงอของนิ้วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

3.5.3 ตำแหน่งที่ 2.1 กราฟแสดงค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์วัดความเร็ว

3.5.4 ตำแหน่งที่ 2.2 กราฟแสดงค่าการหมุนข้อมือก้มเงย (Pitch) ในแกน X มุมการหมุนข้อมือไปด้านข้าง (Yaw) ในแกน Y และมุมการหมุนพลิกฝ่ามือ (Roll) ในแกน Z

3.5.5 ตำแหน่งที่ 2.3 กราฟแสดงค่าความเร็วสามารถคำนวณได้สมการ $\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$ เมื่อ A_x A_y และ A_z คือ ค่าความเร็วในแกน X Y และ Z



ภาพที่ 3.23 ส่วนของโครงข่ายประสาทเทียมใช้ในการเรียนรู้และจดจำภาษามือ