

การจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแขนและขาโดยวิธีนิวรอลเน็ตเวิร์ก

Classification of Leg and Arm Muscle Strength and Muscle Endurance

by Neural Network Method



ประทีป จีระภาค

Phathad Jiratpark

Order Key 28660
BIB Key 176979

๑
เลขหมู่ QM165 ป/46 2543 ล.2
เลขทะเบียน.....
..... 2.1.ส.ย. 2543

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Engineering Thesis in Electrical Engineering

Prince of Songkla University

2543

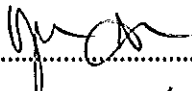
ชื่อวิทยานิพนธ์ การจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแขนและขา
โดยวิธีนิเวศน์คอมพิวเตอร์

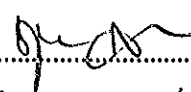
ผู้เขียน นายประทัศน์ จิระภาค

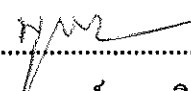
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

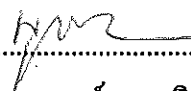
คณะกรรมการที่ปรึกษา

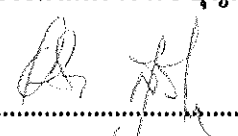
คณะกรรมการสอบ

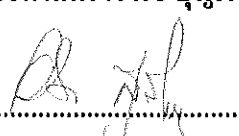
.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล)

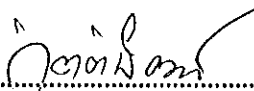
.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล)

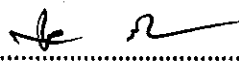
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา)

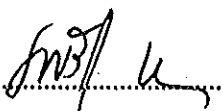
.....กรรมการ
(ดร.อภิสรา สุวัฒน์ประ)

.....กรรมการ
(ดร.อภิสรา สุวัฒน์ประ)

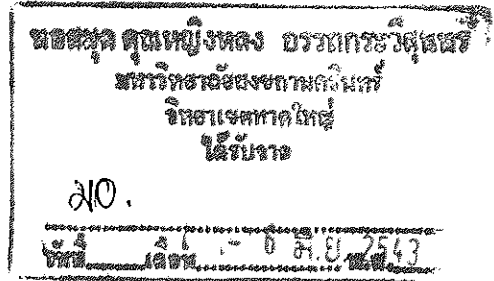
.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพัฒน์ ดันตระรุ่งโรจน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิฑูถ วมิธาภิชาติ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ บำรุงรักษ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแขนและขา
โดยวิธีนิวโรลเน็คเวอร์ค
ผู้เขียน นายประทีป จีระภาค
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2542



บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้กล่าวถึงการจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ โดยวิธีการทางนิวโรลเน็คเวอร์ค ซึ่งการจำแนกข้อมูลดังกล่าวจะอาศัยความสัมพันธ์ของระดับของความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อกับสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ โดยการวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนที่หนึ่งการวัดด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นส่วนวัดความแข็งแรงกับส่วนที่สองคือกิจกรรมที่ให้อาสาสมัครกระทำซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมในการวัดความทนทานของกล้ามเนื้อแล้วทำการแบ่งกลุ่มของอาสาสมัครตามระดับของสมรรถภาพไว้ก่อน จากนั้นก็จะทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อ Biceps Brachii และ Quadriceps Femoris ของอาสาสมัครนำมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ศาสตร์ด้วยวิธีหาค่าความถี่มีเคียน หาค่ากำลังเฉลี่ย หาค่าความถี่จุดที่มีผลรวมของกำลังเท่ากับ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของค่ากำลังทั้งหมด หาค่าอัตราส่วนระหว่างผลรวมของกำลังทางด้านความถี่สูงกับส่วนกำลังทางด้านความถี่ต่ำ และหาค่าสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟโมเดลของสัญญาณ แล้วก็จะทำการปรับแต่งข้อมูลดังกล่าวให้มีขนาดเหมาะสมในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม จากผลการวิจัยปรากฏว่าการจำแนกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน โดยมีเป้าหมายตามแรงบีบมือจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากสัญญาณกล้ามเนื้อมากที่สุดโดยค่าที่ดีที่สุดของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราเรียนรู้ ค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุดของชายและหญิงมีค่า 82 เปอร์เซ็นต์โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟโมเดลของสัญญาณ ส่วนการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt ค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุดของชายและหญิงมีค่า 82 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์การหาค่าความถี่จุดที่มีผลรวมของกำลังของสัญญาณเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ของค่ากำลังทั้งหมด

Thesis Title Classification of Leg and Arm Muscle Strength and Muscle Endurance
 by Neural Network Method

Author Mr.Phathad Jiratpark

Major Program Electrical Engineering

Academic Year 1999

Abstract

This thesis presents muscular strength and muscular endurance classification of legs and arms by Neural network method. In classification , we use the relationship between the level of strength / endurance of muscle and its Electromyogram (EMG) . The measuring of muscular strength and muscular endurance is divided in 2 methods. First method, It is the measuring with scientific instruments for muscular strength. In second methods,it is the measuring with the suitable activities for muscular endurance. In the experiments , we separate the volunteers after measuring by the level of efficiency . After that we measure EMG of Biceps Brachii and Quadriceps Femoris. Then EMG is analyzed by means: Median frequency (F_{median}) , Average power (Mean Power), the frequency where the total power at that point is 25% and 75% of grand total ($F_{25\%}, F_{75\%}$) , Ratio of the power in high frequency side and the power in low frequency side (Hi/Lo Ratio) and the coefficients of Autoregressive model. Then we adapt the data informations into appropriate size for training by neural network. From the experimental results , we see that muscular strength classification of arms with hand-squeezing force target is relative with data form EMG. The best classification from Backpropagation neural network by using Autoregressive coefficients is 82 percentage correction for males and females. And in Levenberg-Marquardt neural network by using data from the frequency where the total power at that point is 75% , the best classification for males and females is 82 % correction.

กิตติกรรมกรรมประกาศ

ขอแสดงความขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ ดร.อลิตา สุวัฒน์ประ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้ให้คำแนะนำเป็นอย่างดี รวมทั้งกรุณาให้คำชี้แนะความรู้ทั้งหลายทั้งทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และทางด้านสรีระศาสตร์ ช่วยหาเอกสารตลอดจนเครื่องมือในการทำวิจัยและการสนับสนุนอีกหลายประการ จนถึงกรุณาช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา ในการให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือที่สำคัญต่องานวิจัย ตลอดจนกรุณาช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพิพัฒน์ ต้นตระกูลโรจน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิบูล วัฒนวิชาติ ให้คำปรึกษาและกรุณาช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยที่ได้ให้ทุนการศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ สำหรับเป็นทุนการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาตรีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และ เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการได้รับความร่วมมือ ในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ในการวัดสมรรถภาพทางกายของอาสาสมัครตลอดจนคำแนะนำ จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่าน ต่อการให้คำปรึกษาตลอดจนอำนวยความสะดวกและความช่วยเหลือด้านต่างๆ จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอโน้มระลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดา ที่ได้เลี้ยงดูและส่งเสริมด้านการศึกษา ทำให้ข้าพเจ้าได้รับการศึกษาจนกระทั่งประสบความสำเร็จ

ประทีป จีระภาค

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(11)
คำย่อและสัญลักษณ์	(15)
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตงานจริง	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. การวัดสมรรถภาพทางกาย สัญญาณกล้ามเนื้อ และเทคนิคการวิเคราะห์ความอ่อนล้า	5
2.1 ประสิทธิภาพทางกาย	5
2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกาย	5
2.3 มาตรฐานการทดสอบความสมบูรณ์ทางกาย	6
2.4 กล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ	11
2.5 เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อหาความอ่อนล้าของกล้ามเนื้อ	13
2.6 โครงข่ายประสาทเทียม	17
3. การวัดและการวิเคราะห์สัญญาณ	24
3.1 การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	24
3.2 การบันทึกสัญญาณ	28
3.3 การวิเคราะห์สัญญาณ	34

4. ผลการจำแนกข้อมูลโดยโครงข่ายประสาทเทียม	60
4.1 ลักษณะของโครงข่ายที่ใช้จำแนก	60
4.2 การจัดข้อมูลสำหรับการฝึกสอนและทดสอบโครงข่าย	61
4.3 ผลที่ได้จากการจำแนกโดยโครงข่ายประสาทเทียม	74
5 วิจัยผลและข้อเสนอแนะ	82
5.1 ความแข็งแรงของแขน	82
5.2 ความทนทานของแขน	83
5.3 ความแข็งแรงและความทนทานของขา	84
5.4 ข้อเสนอแนะ	84
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย.....	90
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของอาสาสมัคร.....	100
ประวัติผู้เขียน	109

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2-1 เภณท์เทียบผลคั้นพื้น	8
2-2 เภณท์เทียบผลคูกเข่าคั้นพื้น	8
2-3 เภณท์เทียบผลยีนนึ่ง กระจ โคค	9
2-4 ค่ำปำนกลางของสมรรถภาพแรงบีบมือ	9
2-5 ค่ำปำนกลางของสมรรถภาพแรงเหยียดขา	10
4-1 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยของอาศำสมัศรขำย โดยแบ่งกลุ่มอาศำ สมัศรค้ำมค้ำแรงบีบมือและจัดแบ่งข้อมูลเป็น3 ส่วน โดยใช้วิธีการประมำณเชิงเส้นหำ สั้มประลิตธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยประสำทเทียม	62
4-2 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยของอาศำสมัศรขำย โดยแบ่งกลุ่มอาศำ สมัศรค้ำมการคั้นพื้นและจัดแบ่งข้อมูลเป็น5 ส่วน โดยใช้วิธีการประมำณเชิงเส้นหำ สั้มประลิตธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยประสำทเทียม	63
4-3 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยของอาศำสมัศรขำย โดยแบ่งกลุ่มอาศำ สมัศรค้ำมการแรงบีบมือและจัดแบ่งข้อมูลเป็น3 ส่วน โดยใช้สมการ โพลีโนเมียลค้ำล้งสอง หำสั้มประลิตธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยประสำทเทียม	64
4-4 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยของอาศำสมัศรขำย โดยแบ่งกลุ่มอาศำ สมัศรค้ำมการคั้นพื้นและจัดแบ่งข้อมูลเป็น5 ส่วน โดยใช้สมการ โพลีโนเมียลค้ำล้งสองหำ สั้มประลิตธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอน โครงข่ำยประสำทเทียม	65
4-5 ตัวอย่างของค้ำนำ้หนักระหว่างชั้นอินพุทกับชั้นช้อนที่ ด้รับการฝึกสอนจากข้อมูล ของค้ำก้ำล้งเฉลี่ยของสััญณำณของอาศำสมัศรขำยขณะทำกรยกน้้ำหนัก 8 กิโลกรัม	68
4-6 ตัวอย่างของค้ำนำ้หนักระหว่างชั้นช้อนกับชั้นเอาท์พุทที่ ด้รับการฝึกสอนจากข้อมูล ของค้ำ ก้ำล้งเฉลี่ยของสััญณำณของอาศำสมัศรขำยขณะทำกรยกน้้ำหนัก 8 กิโลกรัม	68
4-7 ตัวอย่างของค้ำไบอัสของชั้นช้อนที่ ด้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค้ำก้ำล้งเฉลี่ย ของสััญณำณ ของอาศำสมัศรขำยขณะทำกรยกน้้ำหนัก 8 กิโลกรัม	68
4-8 ตัวอย่างของค้ำไบอัสของชั้นเอาท์พุทที่ ด้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค้ำก้ำล้งเฉลี่ย ของสััญณำณของอาศำสมัศรขำยขณะทำกรยกน้้ำหนัก 8 กิโลกรัม	68

4-9 ตัวอย่างของค่าน้ำหนักระหว่างชั้นอินพุทกับชั้นซ่อนที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	69
4-10 ตัวอย่างของค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุทที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	69
4-11 ตัวอย่างของค่าไบอัสของชั้นซ่อนที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	69
4-12 ตัวอย่างของค่าไบอัสของชั้นเอาต์พุทที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	69
4-13 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้วิธีการประมาณเชิงเส้นหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม	70
4-14 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้วิธีการประมาณเชิงเส้นหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม	71
4-15 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้สมการ โพลีโนเมียลกำลังสองหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม	72
4-16 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้สมการ โพลีโนเมียลกำลังสองหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม	73
4-17 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายโดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครชาย	76
4-18 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายโดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครหญิง	77
4-19 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่รับการฝึกสอนโดยการแพร่กลับแบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้โดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครชาย	78
4-20 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่รับการฝึกสอน โดยวิธี Levenberg-Marquard โดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครชาย	79

4-21 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่รับการฝึกสอน โดยการแพร่กลับแบบมี การเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้โดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของ อาสาสมัครหญิง	80
4-22 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่รับการฝึกสอน โดยวิธี Levenberg-Marquard โดย ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครหญิง	81
5-1 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของชายหญิง โดยมีเป้าหมายตามแรงบีบมือ	85
ผข.1 ผลที่ได้จากการวัดแรงบีบมือ การทดสอบคั้นพื้นและจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผล ที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)	101
ผข.2 ผลที่ได้จากการวัดแรงบีบมือ การทดสอบคูกเข้าคั้นพื้นและจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผล ตามผลที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)	102
ผข.3 ผลที่ได้จากการวัดแรงบีบมือ การทดสอบคั้นพื้นและจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผล ที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)	103
ผข.4 ผลที่ได้จากการวัดแรงบีบมือ การทดสอบคูกเข้าคั้นพื้นและจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผล ตามผลที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)	104
ผข.5 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหยียดขา การทดสอบนั่งกระโดดและจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผล ที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)	105
ผข.6 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหยียดขา การทดสอบนั่งกระโดดและจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผล ที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)	106
ผข.7 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหยียดขา การทดสอบนั่งกระโดดและจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผล ที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)	107
ผข.8 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหยียดขา การทดสอบนั่งกระโดดและจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผล ที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)	108

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
2-1 การเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทและเส้นใยกล้ามเนื้อ	12
2-2 แบบจำลองของเซลล์ประสาทที่แสดง โดย McCulloch และ Pitts	18
2-3 ตัวอย่างของเซลล์ประสาท3ชั้น ของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่ กลับและสัญญาณเข้าออกของแต่ละเซลล์	19
2-4 โครงสร้างแบบจำลองที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (Backpropagation)	19
3-1 กลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการงอแขน	25
3-2 กลุ่มกล้ามเนื้อ Quadriceps Femoris	26
3-3 การคิดอิเล็กโทรดที่เหนือกล้ามเนื้อ Biceps Brachii	26
3-4 กิจกรรมขณะที่ทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขน (Biceps Brachii)	27
3-5 การคิดอิเล็กโทรดที่เหนือกล้ามเนื้อ Vastus Lateralis	27
3-6 กิจกรรมขณะที่ทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อขา (Vastus Lateralis)	27
3-7 การต่อสายสัญญาณระหว่างอิเล็กโทรดกับ Port I/O ของ Lab Pc 1200	28
3-8 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมบันทึกสัญญาณ	29
3-9 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	30
3-10 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500	30
3-11 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	31
3-12 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม ในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500	31
3-13 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	31
3-14 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500	32
3-15 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม ..	32
3-16 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม ในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500	32
3-17 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม ...	33

3-18 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม ในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500	33
3-19 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้ขายกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	33
3-20 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้ขายกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม ในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500	34
3-22 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า F Medain และ Mean Power	35
3-23 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชาย ขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	36
3-24 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชาย ขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	36
3-25 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะ ทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	36
3-26 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชาย ขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	37
3-27 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิง ขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	37
3-28 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัคร หญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	37
3-29 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะ ทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	38
3-30 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิง ขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	38
3-31 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า F25%	40
3-32 ตัวอย่างของการหาค่า F 25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะ ทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม	41
3-33 ตัวอย่างของการหาค่า F25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำ การยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	41
3-34 ตัวอย่างของการหาค่า F 25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะ ทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	41

3-35 ตัวอย่างของการหาค่า F25% ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	42
3-36 โพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า F75%	42
3-37 ตัวอย่างของการหาค่า F 75% ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8กิโลกรัม	43
3-38 ตัวอย่างของการหาค่า F75% ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	43
3-39 ตัวอย่างของการหาค่า F 75% ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	43
3-40 ตัวอย่างของการหาค่า F75% ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	44
3-41 โพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า Hi/Lo Ratio	45
3-42 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8กิโลกรัม	46
3-43 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratioของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	46
3-44 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	46
3-45 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	47
3-46 โพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่าสัมประสิทธิ์ของอโตรีเกรสซีฟ	48
3-47 ตัวอย่างของการหาค่าสัมประสิทธิ์อโตรีเกรสซีฟ a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8กิโลกรัม	49
3-48 ตัวอย่างของการหาค่าอโตรีเกรสซีฟ a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม	50
3-49 ตัวอย่างของการหาค่าอโตรีเกรสซีฟ a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม	51
3-50 ตัวอย่างของการหาค่าอโตรีเกรสซีฟ a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณกล้ำเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม	52
3-51 โพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมรวมการวิเคราะห์สัญญาณกล้ำเนื้อ	53

3-52 ตัวอย่างการใช้การประมาณค่าเชิงเส้นหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของ ชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน	55
3-53 ตัวอย่างการใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสองหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน	56
3-54 ตัวอย่างการใช้การประมาณค่าเชิงเส้นหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของ หญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน	57
3-55 ตัวอย่างการใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสองหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน	58
5-1 การเปรียบเทียบเวลาที่ความถี่มีเดียนลดลง 20 %ของอาสาสมัครชายทั้งสองกลุ่ม	86
5-2 การเปรียบเทียบเวลาที่ความถี่มีเดียนลดลง 20 %ของอาสาสมัครหญิงทั้งสองกลุ่ม	87
ผก 2 แผนภาพของโปรแกรมการบันทึกสัญญาณกล้ามเนื้อ	93
ผก 3 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่า F Medain และ Mean Power	94
ผก 4 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่า F25%	95
ผก 5 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่า F75%	96
ผก 6 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่า Hi/Lo Ratio	97
ผก 7 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่าสัมประสิทธิ์ของอโคริเกรสซีฟ	98
ผก 8 แผนภาพของโปรแกรมรวมการวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อ	99

ตัวย่อและสัญลักษณ์

dB	=	decibels
EMG	=	electromyogram
F medain	=	medain frequency
I/O	=	input/output
μ V	=	micro voltage

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

ในโลกของการเคลื่อนไหวของมนุษย์ส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งที่จะทำให้การเคลื่อนไหวเป็นไปตามปกติ ก็คือ กล้ามเนื้อ หากกล้ามเนื้อมีประสิทธิภาพลดลง จะส่งผลทำให้การทำกิจกรรมใด ๆ รวมถึงการเคลื่อนไหวจะมีประสิทธิภาพที่ลดลง ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อที่เป็นตัวชี้ประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อตัวหนึ่งที่ทำให้สามารถทราบว่าคุณภาพกล้ามเนื้อมีระดับสมรรถภาพอย่างไร เพื่อผลในการฟื้นฟูประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อ รวมถึงผลทางการแพทย์ทางด้านอื่น ๆ อีกด้วย จึงนับว่ามีประโยชน์หลายด้านในการจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ

วิธีการที่ใช้จำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในปัจจุบัน มีแบบทดสอบหลายแบบทดสอบ เช่น แบบทดสอบสมรรถภาพทางกลไกของสมาคมกีฬาสมัครเล่นแห่งประเทศไทย (สำนักพัฒนาการพลศึกษา สุขภาพ และนันทนาการ กรมพลศึกษา, 2539 : 47) แบบทดสอบความสมบูรณ์ทางกายที่ออกโดยคณะกรรมการนานาชาติ (International Committee for the Standardization of Physical Fitness Test หรือ ICSPFT) (ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา, 2535 : 7-9) และแบบทดสอบวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ (พิชิต ภูคิจันทร์, 2533 : 88-96) ซึ่งแบบทดสอบทั้งหมดที่กล่าวมาจะใช้วิธีการพื้นฐานที่ให้ผู้ทดสอบทำกิจกรรมตามที่กำหนดตามแบบทดสอบนั้น ๆ ซึ่งมีรายละเอียดตามเอกสารอ้างอิง จากแบบทดสอบที่ยกตัวอย่างมา พบว่าการทดสอบต้องอาศัยส่วนที่สำคัญที่ทำให้การทดสอบเป็นไปอย่างสมบูรณ์ คือ

1.1.1 ทางด้านอุปกรณ์ เช่น เทปวัดระยะทาง เครื่องวัดแรงบีบมือ ราวเดี่ยว เป็นต้น

1.1.2 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ เช่น ลู่วิ่ง

1.1.3. เจ้าหน้าที่เป็นผู้ควบคุมการทดสอบ

1.1.4. เวลาที่ใช้ในการทดสอบ

จากส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการทดสอบวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการดั้งเดิมจะมีข้อจำกัดด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ในด้านสถานที่ เวลา และความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้นกับผู้ถูกทดสอบ ดังนั้นหากมีวิธีวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อที่

มีประสิทธิภาพและความเที่ยงตรง ตลอดจนลดข้อจำกัดบางประการลงได้ ก็สมควรที่จะได้รับการพัฒนาต่อไป และงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาและจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ โดยการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ โดยใช้อัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะถูกเขียนโดยโปรแกรม LabVIEW for Windows V 4.0.1 แล้วนำผล หรือค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาใช้ในการจำแนกกลุ่มความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อด้วยวิธีการทางโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network).

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อในกลุ่มที่ต้องการทดสอบ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการทดสอบวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ โดยวิธีการมาตรฐานการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายภาพ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาวิธีการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อและการวิเคราะห์สัญญาณ โดยวิธีการต่าง ๆ
- 1.2.4 เพื่อศึกษาวิธีการทางนิเวศ และการแยกแยะข้อมูลของนิเวศเน็ตเวิร์ก
- 1.2.5 เพื่อหาวิธีการใหม่ ๆ ในการทดสอบวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ

1.3 ขอบเขตงานจริง

- 1.3.1 ทดสอบวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อแขนและขาด้วยการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายภาพ
- 1.3.2 ทำการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและทำการบันทึกสัญญาณไว้พร้อมกับ ทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อหรือด้วยวิธีการมาตรฐานการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายภาพจากอาสาสมัครเพศหญิงและชาย ในช่วงอายุ 18 – 25 ปีโดยจำนวนอาสาสมัครเพศหญิงและเพศชายในแต่ละกลุ่มไม่น้อยกว่า 50 คน
- 1.3.3 ทำการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่ได้บันทึกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LabVIEW for Windows V 4.0.1

1.3.4 ทำการฝึกสอนและแยกแยะข้อมูล โดยนิเวรอลเน็ตเวอร์ก

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาระบบกล้ามเนื้อและการทำงานของกล้ามเนื้อ
- 1.4.2 ศึกษาแบบทดสอบการวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ
- 1.4.3 ทำการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของอาสาสมัคร พร้อมจะทำการทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อด้วยวิธีการมาตรฐานการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายภาพ
- 1.4.4 ศึกษาการวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อโดยใช้โปรแกรม LabVIEW for Windows V 4.0.1
- 1.4.5 ทำการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าที่ได้ทำการบันทึกไว้
- 1.4.6 ศึกษาการเขียนโปรแกรมแยกแยะข้อมูลโดยวิธีนิเวรอลเน็ตเวอร์ก
- 1.4.7 เขียนโปรแกรมแยกแยะข้อมูลโดยวิธีการนิเวรอลเน็ตเวอร์ก
- 1.4.8 ทำการ ฝึกสอนเน็ตเวอร์กเพื่อนำนักที่เหมาะสมจากข้อมูลของอาสาสมัคร
- 1.4.9 ทำการทดลองจำแนกการวัดระดับความแข็งแรง และความทนทานด้วยนิเวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้ค่านำหนักจากข้อ 1.4.8
- 1.4.10 สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ความรู้เกี่ยวกับการทดสอบการวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อตามวิธีการมาตรฐานการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายภาพ
- 1.5.2 ได้ความรู้เกี่ยวกับการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อการบันทึกสัญญาณและการวิเคราะห์สัญญาณ ไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่นต่อไป
- 1.5.3 ได้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการของนิเวรอลเน็ตเวอร์กและการจำแนกข้อมูลของ

นิเวศน์เตอร์กเพื่อ ไปประยุกต์ด้านอื่นต่อไป

- 1.5.4 ได้วิธีการใหม่ในการทดสอบและการวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อที่สามารถนำไปใช้แทนวิธีการมาตรฐานการทดสอบวัดความสมบูรณ์ทางกายภาพ
- 1.5.5 ได้ความรู้เกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อ

บทที่ 2

การวัดสมรรถภาพทางกาย สัญญาณกล้ามเนื้อ และเทคนิคการวิเคราะห์ความอ่อนล้า

2.1 ประสิทธิภาพทางกาย

ประสิทธิภาพของร่างกายมนุษย์ในการประกอบกิจกรรมด้านต่างๆ นั้นมักใช้องค์ประกอบจากการทำงานของอวัยวะหลาย ๆ ส่วนให้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมแต่ละอย่างไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมเบาหรือหนัก ที่ต้องใช้กำลังกายถึงที่จะให้การปฏิบัติภารกิจเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ

2.1.1 สมรรถภาพทางกาย หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการประกอบกิจกรรม เล่นกีฬา หรือออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเป็นลักษณะของร่างกายที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง ออกทนต่อการปฏิบัติงาน มีความคล่องแคล่วว่องไว ร่างกายมีภูมิคุ้มกันโรคสูง ผู้ที่มีสมรรถภาพทางกายดีมักจะเป็นผู้ที่มีจิตใจร่าเริงแจ่มใส และมีร่างกายสง่างาม สามารถปฏิบัติภารกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงสภาพร่างกายในทุกแบบ ทำให้การปฏิบัติหน้าที่และประสานงานกันมีประสิทธิภาพดีขึ้น

2.1.2 การได้เปรียบเชิงกล เป็นผลทางด้านความรู้จักใช้แรงให้ถูกต้องตามหลักของแรงที่เกี่ยวข้องกับหลักวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว คือ ควรจะเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายหรือศูนย์กลางที่ใช้อย่างไร จึงจะใช้แรงน้อยที่สุด แต่ให้ได้งานมากที่สุด

2.1.3 ทักษะ ขึ้นอยู่กับการทำงานของกล้ามเนื้อสัมพันธ์ตามระบบประสาท ถ้ากล้ามเนื้อมีการประสานงานที่ดี ทักษะก็ย่อมเกิดขึ้น

2.2 องค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกาย

องค์ประกอบที่สำคัญที่เกี่ยวกับทางการแพทย์ คือ สมรรถภาพทางกายและสุขภาพอนามัย ส่วนองค์ประกอบด้านอื่นจะมีความสำคัญรองลงมา สมรรถภาพทางกาย มีองค์ประกอบที่สำคัญ หลายส่วน ดังนี้ (สำนักพัฒนาการพลศึกษา สุขภาพ และนันทนาการ กรมพลศึกษา, 2539 : 3)

2.2.1 ความรวดเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำงานเพื่อให้บางส่วนหรือทั้งหมดของร่างกาย เคลื่อนไหวไปสู่เป้าหมายโดยใช้เวลาน้อยที่สุด

2.2.2 ความสมดุลย์ (Balance) หมายถึง ความสามารถในการควบคุมท่าทางของร่างกายให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการ ได้ไม่ว่าจะอยู่ในขณะเคลื่อนที่หรืออยู่กับที่

2.2.3 ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการเหยียดและหดตัวของกล้ามเนื้อ เอ็นข้อต่อในปริมาณมากกว่าปกติ

2.2.4 ความแข็งแรง (Strength) หมายถึง ความสามารถในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อต่อต้านแรงที่มากระทำ

2.2.5 พลังกล้ามเนื้อ (Power) หมายถึง ความสามารถในการทำงานอย่างทันทีทันใดของกล้ามเนื้อด้วยความพยายามสูงสุด

2.2.6 ความว่องไว (Agility) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนท่าร่างกาย หรือทิศทาง การเคลื่อนไหวของร่างกายตามความต้องการอย่างทันทีทันใด

2.2.7 ความสัมพันธ์ของประสาทและกล้ามเนื้อ (Coordination) หมายถึง การควบคุมร่างกายทำงานตอบสนองการสั่งงานของระบบประสาทอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.8 ความทนทาน (Endurance) หมายถึง ความสามารถในการกระทำกิจกรรมซ้ำกันนาน ๆ ของกล้ามเนื้อ โดยจะเกิดอาการเมื่อยล้า และเหน็ดเหนื่อยได้ช้ากว่า โดยปกติประกอบด้วย ความทนทานของกล้ามเนื้อและความทนทานของระบบหัวใจ และหลอดเลือด

2.3. มาตรฐานการทดสอบความสมบรูณ์ทางกาย

จากองค์ประกอบที่สำคัญของสมรรถภาพทางกาย ได้มีการจัดมาตรฐานการทดสอบความสมบรูณ์ทางกาย ที่จัดทำโดยคณะกรรมการนานาชาติ (International Committee For The Standardization of Physical Fitness Test หรือ ICSPFT) ได้จำแนกความสมบรูณ์ทางกายทั่วไปออกเป็น 7 ประเภท คือ (สำนักพัฒนาการพลศึกษา สุขภาพ และนันทนาการ กรมพลศึกษา, 2539 : 25-26)

2.3.1 ความสมบูรณ์ทางกายทั่วไป

2.3.1.1 ความเร็ว (Speed) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทำงาน (เคลื่อนที่) ซ้ำ ๆ กัน ได้อย่างรวดเร็ว ไปสู่เป้าหมายที่สวนทางอย่างเหมาะสม โดยใช้เวลาน้อยที่สุด เช่น การวิ่งเร็ว 50 เมตร หรือวิ่งเร็ว 100 เมตร เป็นต้น

2.3.1.2 พลังกล้ามเนื้อ (Muscle Power) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่หดตัวได้แรง และทำให้วัตถุหรือร่างกายเคลื่อนที่ออกไปได้ระยะทางมากที่สุดในเวลาที่จำกัด หรือ หมายถึง การหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อทำงานในระยะเวลาสั้น เช่น ยืน กระโดดไกล ยืนกระโดดสูง การทุ่ม หรือพุ่ง เป็นต้น

2.3.1.3 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่หดตัว เพื่อเคลื่อนน้ำหนักหรือต้านน้ำหนักเพียงครั้งเดียว โดยไม่จำกัดเวลา เช่น แกร่งบีบมือ แกร่งเหยียดขา เป็นต้น

2.3.1.4 ความอดทนของกล้ามเนื้อ (Muscle Endurance) หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อที่ทำงานได้นานโดยไม่เสื่อมประสิทธิภาพ เช่น ดูก - นั่ง ค้างข้อราวเคียว เป็นต้น

2.3.1.5 ความอ่อนตัว (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการเคลื่อนไหวให้ได้มุมของการเคลื่อนไหวอย่างเต็มที่ หรือพิสัยของการเคลื่อนที่ หรือหย่อนตัวของกล้ามเนื้อที่มีจุดยึดจากข้อต่อ ทำให้ได้ระยะเพิ่มมากขึ้น ทำให้การเคลื่อนไหวคล่องขึ้น เช่น ยืนขาตรง เข่าตรง และก้มตัวลงยืดแขนและมือให้มากที่สุด

2.3.1.6 ความคล่องตัว (Agility) หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนไหวได้อย่างรวดเร็วและตรงเป้าหมาย เช่น วิ่งซิกแซก เป็นต้น

2.3.1.7 ความอดทนทั่วไป (Cardiorespiratory Endurance) หมายถึง ความสามารถของร่างกายที่ทนต่อการทำงานที่ใช้แรงระดับปานกลางได้นาน โดยเกิดความเมื่อยล้าและเหนื่อยช้า มักจะวัดด้วยเวลาที่ทำงานโดยมีความหนักของงานเป็นตัวกำหนด

เมื่อพิจารณาการทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อจะเห็นว่ามีการทดสอบได้หลายวิธี แต่ในวิธีที่ใช้ในการทดสอบวัดความทนทานของกล้ามเนื้อแขนและขาที่ง่ายและใช้อุปกรณ์น้อย ได้แก่ การดันพื้น (Push - up) ใช้กับผู้ชาย ส่วนผู้หญิงใช้การคุกเข่าดันพื้น (Kneeling Push - up) (พิชิต ภูติจันทร์, 2533 : 88-94) การทดสอบวัดความทนทานของกล้ามเนื้อขา ใช้ได้ทั้งชาย และหญิงจะใช้การนั่งกระโดดส่วนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจะใช้วิธีการวัดแรงบีบมือและวัดแรงเหยียดขา (สำนักพัฒนาการพลศึกษา สุขภาพ และนันทนาการ กรมพลศึกษา , 2539 : 24-25) ซึ่งวิธีการและเกณฑ์วัดผลมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.3.2 แบบทดสอบวัดความทนทานของกล้ามเนื้อแขน

2.3.2.1 การค้นพื้นวิธีปฏิบัติ ให้ผู้ทดสอบนอนคว่ำกับพื้นมือทั้งสองข้างชันลำตัว เมื่อจะปฏิบัติให้ดันพื้นยกลำตัวทั้งหมดขึ้นไปจนสุดการเหยียดแขน แล้วกลับลงสู่ท่าเดิม โดยใช้เฉพาะส่วนหน้าอกเท่านั้นที่อยู่ใกล้เกือบแตะพื้น ทำเช่นนี้เป็นการปฏิบัติถูกต้องนับ 1 คะแนน ให้ทำเช่นนี้จนไม่สามารถปฏิบัติได้อีกแล้ว นับจำนวนครั้งที่ทำได้มากที่สุดจำนวนครั้งที่ทำได้จะถูกนำไปกำหนดระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อดังกล่าวที่ 2-1

ตาราง 2-1 เกณฑ์เทียบผลค้นพื้น (ครั้ง)

ระดับสมรรถภาพ	อายุต่ำกว่า 30 ปี	อายุเกินกว่า 30 ปี
ดีมาก	28 ลงมา	18 ลงมา
ดี	29-36	19-26
พอใช้	37-48	27-39
ดี	49-55	40-45
ดีมาก	56 ขึ้นไป	46 ขึ้นไป

2.3.2.2 กุกเข่าค้นพื้น วิธีปฏิบัติ ทำคล้ายกับการค้นพื้น เพียงแต่กุกเข่าทั้งสองข้างบนพื้นเท่านั้น (นอกจากใช้กับผู้หญิง และยังใช้กับผู้ชายอายุต่ำกว่า 12 ปี ด้วย)ระดับสมรรถภาพจะถูกจัดตามจำนวนครั้งในการกุกเข่าค้นพื้น

ตาราง 2-2 เกณฑ์เทียบผลกุกเข่าค้นพื้น (ครั้ง)

ระดับสมรรถภาพ	อายุต่ำกว่า 25 ปี
ดีมาก	5 ลงมา
ดี	6-16
พอใช้	17-33
ดี	34-48
ดีมาก	49 ขึ้นไป

2.3.3 แบบทดสอบวัดความทนทานของกล้ามเนื้อขา

การทดสอบนั่งกระโดด วิธีปฏิบัติ เริ่มคืบยื่นวางเท้าห่างกันเล็กน้อยให้มือทั้งสองข้างประสานกันที่บริเวณท้ายทอย แล้วย่อตัวลงนั่งบนส้นเท้าขาลำตัวท่อนบนเหยียดตรงโดยให้ขาขวารับน้ำหนักของลำตัว ส่วนขาซ้ายวางอยู่ข้างหน้าขานานลำตัว จากนั้นใช้แรงจากขาซ้ายขวายเหยียดร่าง

กายขึ้นให้ยืนขึ้นอยู่ในลักษณะท่าเริ่มต้น แล้วปฏิบัติซ้ำอีกโดยครั้งนี้จะให้ขาข้างซ้ายเป็นตัวรับน้ำหนัก ส่วนขาข้างขวาจะวางอยู่ข้างหน้าขนานลำตัว ทำสลับซ้ายขวาเช่นนี้เรื่อยๆจนกว่าไม่สามารถปฏิบัติได้อีก การนับคะแนนจะนับจำนวนครั้งของการปฏิบัติที่ถูกต้อง คะแนนของผู้รับการทดสอบจะถูกทำเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเทียบกับคะแนนของผู้รับการทดสอบที่มีคะแนนสูงสุด โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ A และ B ซึ่งจะเป็นตัวจัดระดับสมรรถภาพ โดยมีเกณฑ์เทียบผลดังนี้

ตาราง 2-3 เกณฑ์เทียบผลยืนนั่ง กระโดด (เปอร์เซ็นต์)

ระดับสมรรถภาพ	ชาย อายุ 18-25	หญิง อายุ 18-25
A	มากกว่า 50 % ขึ้นไป	มากกว่า 50 % ขึ้นไป
B	ตั้งแต่ 50 % ลงมา	ตั้งแต่ 50 % ลงมา

2.3.4 แบบทดสอบวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน

การทดสอบวัดแรงบีบมือ วิธีปฏิบัติ ให้ผู้รับการทดสอบใช้มือลูบก้อน Magnesium เพื่อกันลื่น แล้วจับเครื่องวัด (Hand grip dynamometer) ให้เหมาะสมมือที่สุด โดยข้อมือที่สองรับน้ำหนักของเครื่องวัด (ผู้แนะนำช่วยปรับระดับเครื่องวัดให้พอเหมาะ) ยืนตรงปล่อยแขนข้างลำตัวให้แขนห่างจากลำตัวเล็กน้อยกำมือบีบเครื่องมือวัดจนสุดแรง ระหว่างบีบมือไม่ให้มือหรือเครื่องวัดถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย และห้ามเหยียดเครื่องมือหรือโคมตัวสุดแรง การบันทึกผลการวัดจะบันทึกเป็นกิโลกรัมเพื่อเลือกค่าที่ดีที่สุดของแต่ละข้าง โดยมีค่าปานกลางของแรงบีบมือที่แบ่งตามอายุและเพศ (ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย 2525:7-8) ซึ่งค่าปานกลางของแรงบีบมือจะเป็นตัวช่วยในการที่จะจัดระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อแขน แสดงดังตารางที่ 2-4

ตาราง 2-4 ค่าปานกลางของสมรรถภาพแรงบีบมือ (กิโลกรัม)

อายุ	เพศชาย
18-19	41.2
20-30	43.1

อายุ	เพศหญิง
17-19	26.8
20-30	25.4

การทดสอบวัดแรงเหยียดขา วิธีปฏิบัติ ให้ผู้รับการทดสอบยืนบนฐานของเครื่องวัด (Back and Leg lift dynamometer) โดยยืนศีรษะตรง หลังตรง แต่ให้ข้อเท้าประมาณ 115-125 องศา ให้ท่อนเหล็กที่ใช้ตั้งวางอยู่บนต้นขาของผู้รับการทดสอบขณะดึงท่อนเหล็กโดยใช้มือทั้งสองข้างจับตรงกลางหรือริมทั้งสองข้างของท่อนเหล็กก็ได้ผู้รับการทดสอบออกแรงเหยียดขาให้เกือบตั้ง เพื่อให้ใช้แรงให้มากที่สุดการบันทึกผลการวัดจะบันทึกเป็นกิโลกรัม โดยมีค่าปานกลางของแรงเหยียดขาที่แบ่งตามอายุและเพศดังนี้(ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย 2525:11-12) ซึ่งค่าปานกลางของแรงเหยียดขาจะเป็นตัวช่วยในการที่จะจัดระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อขา แสดงดังตารางที่ 2-5

ตาราง 2-5 ค่าปานกลางของสมรรถภาพแรงเหยียดขา (กิโลกรัม)

อายุ	เพศชาย
18-19	107.5
20-30	114.8

อายุ	เพศหญิง
17-19	59
20-30	53

จากแบบทดสอบวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อแขนและขา ผู้ที่มีความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อแขนและขา จะมีเกณฑ์ของระดับสมรรถภาพสูงกว่าผู้ที่มีความแข็งแรงและทนทานของกล้ามเนื้อน้อยกว่า นอกจากเกณฑ์การทดสอบดังกล่าวเราอาจอาศัยเกณฑ์การทดสอบที่สามารถวัดได้จากกลไกการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยอาศัยคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเป็นตัวชี้ระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจจะเป็นอีกวิธีที่จะใช้ในการจำแนกระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อได้

2.4 กล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ

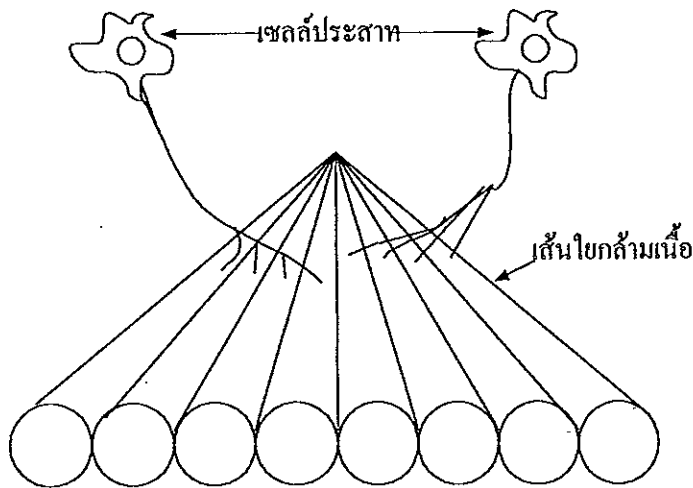
กล้ามเนื้อแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะโครงสร้างและหน้าที่ คือ

2.4.1 กล้ามเนื้อลาย (Skeletal Muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลายตามขวางเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เป็นกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับกระดูกประกอบขึ้นเป็นกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อแขน ขา และ เป็นโครงสร้างส่วนนอกของร่างกายทั้งหมด การหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกาย กล้ามเนื้อลายจะหดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้น โดยสัญญาณไฟฟ้า (Action Potential) จาก Motor Neurons ดังนั้นการทำงานจึงถูกควบคุมอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ

2.4.2 กล้ามเนื้อหัวใจ (Heart Muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลายพบที่หัวใจเพียงแห่งเดียว เมื่อกล้ามเนื้อหัวใจหดตัวจะสูบฉีดโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย กล้ามเนื้อหัวใจหดตัวได้เองเป็นจังหวะโดยอัตโนมัติ (Automaticity) ถูกเปลี่ยนแปลงได้โดยการควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติและ ฮอร์โมนต่างๆ

2.4.3 กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ไม่มีลาย ประกอบเป็นผนังของอวัยวะภายในส่วนใหญ่ เช่น กระเพาะอาหาร ลำไส้ มดลูกและผนังหลอดเลือด เป็นต้น การหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบ จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารที่อยู่ในอวัยวะนั้นๆ กล้ามเนื้อเรียบหดตัวได้เองและการทำงานถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติและ ฮอร์โมนต่างๆ เหมือนกล้ามเนื้อหัวใจ

ดังที่กล่าวมาการเคลื่อนไหวของร่างกายมักเกิดจากการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อ (กรมการแพทย์ 2497 : 114) การหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะเกิดได้โดยได้รับการกระตุ้นโดยสัญญาณประสาท (Nerve Impulse) ที่มาจากเซลล์ประสาท เนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์ประสาทเป็น Excitable Tissue สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าขึ้นเองได้เมื่อได้รับการกระตุ้นที่เหมาะสม ดังนั้นเมื่อมีการกระตุ้นเซลล์ประสาทจะเกิดสัญญาณไฟฟ้า (Action Potential) เคลื่อนที่ผ่านเส้นประสาทมาถึง Neuromuscular Junction จะทำให้เกิดการหลั่งสารสื่อประสาท (Acetylcholine) ที่บริเวณปลายประสาทเกิด End Plate Potential ขึ้นซึ่งชักนำให้ Plasma Membrane ของเซลล์กล้ามเนื้อที่ติดกับ Motor End Plate เกิด Depolarization จนถึง Threshold Voltage ก็จะทำให้เกิด Action Potential กระจายไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อ



ภาพประกอบ 2-1 การเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทและเส้นใยกล้ามเนื้อ

เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่กระจายไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อหลายซึ่งเรียกว่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ขณะที่ถูกกระตุ้นเป็นกรรมวิธีที่เกิดขึ้นเองมีการสร้างสัญญาณไฟฟ้าขึ้นใหม่ทุกจุดที่ถูกกระตุ้นจึงทำให้ศักย์ไฟฟ้าที่เคลื่อนไปตามเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดคงที่ตลอดความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (ชูศักดิ์ เวชแพศย์, 2519 : 21)

จากกระบวนการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อจะเห็นว่ามีส่วนของสัญญาณไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นการตรวจวัดการทำงานของกล้ามเนื้อสามารถใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้ามาทำการตรวจวัดได้ โดยทั่วไปอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหลายประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ อิเล็กโทรด, แอมพลิไฟเออร์และระบบบันทึกและแสดงผล ซึ่ง 3 ส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำให้ได้ข้อมูลจากสัญญาณกล้ามเนื้อมาวิเคราะห์ได้ จากที่กล่าวมาว่ากล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงกว่าจะมีระดับสมรรถภาพสูงกว่ากล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า จากการวัดมาตรฐานการทดสอบความสมบูรณ์ทางกายของ ICSPFT ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อคือความสามารถของกล้ามเนื้อที่หดตัว เพื่อเคลื่อนน้ำหนักหรือต้านน้ำหนักเพียงสูงสุดครั้งเดียวโดยไม่จำกัดเวลา ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเมื่อถูกกระตุ้นให้หดตัว ดังนั้นคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงมากกว่าจะมีความแตกต่างจากกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า ส่วนความทนทานของกล้ามเนื้อก็ควรจะมีลักษณะเช่นเดียวกัน คลื่นไฟฟ้าดังกล่าวจะมีความแตกต่างทั้งความถี่ กำลังของสัญญาณ และลักษณะของสัญญาณไฟฟ้า ถ้าหากวิเคราะห์ความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าดังกล่าวได้ก็จะจำแนกระดับความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อได้ ในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อจะใช้การวิเคราะห์หาค่า F median (B. TULEN and J.DELUCA, 1982 : 760 – 767) ,การวิเคราะห์หาค่ากำลังเฉลี่ย (ชูศักดิ์ ถิมสกุล,วิฑูร ถิตามานิตย์ และ เฉลิมชัย แซ่ถิ่ม, 2539 : DS-24) การหาความถี่

จุดที่ผลรวมของค่ากำลังของสัญญาณเท่ากับ 25% และ 75%, การหาอัตราส่วนระหว่างค่าผลรวมของกำลังของสัญญาณด้านความถี่สูงส่วนผลรวมกำลังของสัญญาณด้านความถี่ต่ำและสุดท้ายคือการวิเคราะห์โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสัญญาณกล้ามเนื้อ โดยวิธีการของ โครีเกรสซีฟ โมเดล (วรเชษฐ์ อุบลสุตรวณิช, 2541 : 30-35) ในงานวิจัยใช้โปรแกรม LabVIEW มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อเป็นข้อมูลก่อนที่จะไปทำการจำแนกระดับสมรรถภาพความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ โดยวิธีการทางนิเวศวิทยาอีกครั้ง

2.5. เทคนิคการวิเคราะห์เพื่อหาความอ่อนล้าของกล้ามเนื้อ

2.5.1 การหาค่าความถี่มีเดียน (Median Frequency : F median)

จากงานวิจัยของ บี สตุเลน (B. Stulen, 1982) และ เจ เดลลูการ์ (J. Deluca, 1982) ได้แสดงให้เห็นว่าค่า F median ของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อจะลดลงเมื่อกล้ามเนื้อเกิดความอ่อนล้าขึ้น โดยที่ค่า F median คือความถี่จุดที่ทำให้ผลรวมของกำลังของสัญญาณมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังทั้งหมดซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้.

$$\int_0^{F_{median}} S(f) df = \int_{F_{median}}^{\infty} S(f) df = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} S(f) df \quad (2-1)$$

$$S(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|X(f)|^2}{T}$$

$X(f)$ = Fourier Transform ของ $x(t)$ โดยที่ $x(t)$ คือสัญญาณใดๆ

โดย $S(f)$ คือ Power Spectrum Density ในช่วงความถี่ที่เป็นบวก ของสัญญาณใดๆ

2.5.2 การหาค่ากำลังเฉลี่ย

นอกจากการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อโดยใช้วิธีการหาค่า F median แล้ว การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อก็เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้เพื่อดูแรงที่กระทำโดยกล้ามเนื้อดังเช่น ชูตักคี ลิมสกุท , วิฑูร ลีลามานิตย์ และ เฉลิมชัย แซ่ลิม (2539:DS-24) ได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อขึ้น เพื่อตรวจจับจุดเริ่มต้นการกลืนโดยวิธีหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณซึ่งก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จากงานวิจัยที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ

เมื่อโดยวิธีการหาค่ากำลังเฉลี่ยก็เป็นอีกวิธีการหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ เช่นเดียวกัน การหาค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณ มีสมการคณิตศาสตร์ ดังสมการ 2-2

$$P = \int_0^{\infty} S(f) df \quad (2-2)$$

P แทนกำลังเฉลี่ยของสัญญาณไฟฟ้าจากคลื่นเนื้อ

S(f) แทน Power Spectrum Density ในช่วงความถี่ที่เป็นบวกที่จุดใดๆ

2.5.3 การหาค่าความถี่จุดที่ผลรวมของกำลังสัญญาณเท่ากับ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ของกำลังทั้งหมด การหาค่าความถี่จุดที่ผลรวมกำลังของสัญญาณเท่ากับ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์คือการหาค่าความถี่จุดที่ผลรวมของกำลังของสัญญาณที่เริ่มจากความถี่ต่ำสุดไปเรื่อยๆ จนผลรวมของกำลังของสัญญาณมีค่าเท่ากับ 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับผลรวมของกำลังของสัญญาณทั้งหมด ในงานวิจัยชิ้นนี้ จะใช้สัญลักษณ์แทนด้วย F 25% และ F 75% ซึ่งมีสมการคณิตศาสตร์ดังสมการที่ 2-3 และ 2-4

$$\int_0^{F_{25\%}} S(f) df = \frac{1}{4} \int_0^{\infty} S(f) df \quad (2-3)$$

$$\int_0^{F_{75\%}} S(f) df = \frac{3}{4} \int_0^{\infty} S(f) df \quad (2-4)$$

โดย S (f) คือ Power Spectrum Density ในช่วงความถี่ที่เป็นบวก ของสัญญาณใด ๆ

2.5.4 การหาอัตราส่วนกำลังทางด้านความถี่ด้านสูงต่อกำลังความถี่ทางด้านต่ำ

เป็นการหาอัตราส่วนของผลรวมของกำลังของสัญญาณด้านที่มากกว่า 220 Hz ทหารด้วยผลรวมของกำลังของสัญญาณในด้านความถี่ที่น้อยกว่าจนถึงเท่ากับ 220 Hz ซึ่งจะทำได้อัตราส่วนของกำลังที่มากกว่า 220 Hz และกำลังที่น้อยกว่าจนถึงเท่ากับ 220 Hz ในงานวิจัยชิ้นนี้จะขอใช้สัญลักษณ์แทนด้วย Hi/Lo Ratio ซึ่งเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 2-5

$$Hi/LoRatio = \frac{\int_{220}^{\infty} S(f)df}{\int_0^{220} S(f)df} \quad (2-5)$$

โดย S (f) คือ Power Spectrum Density ในช่วงความถี่ที่เป็นบวก ของสัญญาณใด ๆ

2.5.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของสัญญาณโดยวิธีอโครีเกรสซีฟ

โดยทั่วไปสัญญาณแรนคอมใด ๆ สามารถถูกแทนด้วยสมการของ โมเดลอโครีเกรสซีฟได้ซึ่งจะมีสมการพื้นฐานดังนี้(วรเชษฐ์ อุบลสุตรวณิช 2541 : 30-35)

$$z_n = -\sum_{k=1}^p a_k y_{n-k} + e_n \quad (2-6)$$

เมื่อ z_n เป็นสัญญาณจำลองที่ได้จากโมเดลอโครีเกรสซีฟตัวที่ n

a_k เป็นสัมประสิทธิ์อโครีเกรสซีฟ

y_{n-k} เป็นสัญญาณจริงที่การสุ่มครั้งที่ n-k

e_n เป็นค่าความผิดพลาด

p เป็นอันดับของโมเดลอโครีเกรสซีฟ

ความหมายของสมการที่ 2-6 คือ สัญญาณจำลองตัวที่ n จะขึ้นกับค่าของสัญญาณจริงในอดีตตั้งแต่ตัวที่ n-1 จนถึง ตัวที่ n-p ซึ่งสามารถเขียนใหม่ในรูปแมทริกซ์ได้ดังนี้

z_p		y_{p-1}	y_{p-2}	...	y_0	a_1		e_p
z_{p+1}	+	y_p	y_{p-1}	y_1	a_2	=	e_{p+1}
:		:	:	:	:	:		:
z_{n-1}		y_{n-2}	y_{n-3}	y_{n-p}	a_p		e_{n-1}
Z		Y	A	e		Z + Ya = e		(2-7)

หรือ

$$Z + Ya = e$$

(2-7)

เมื่อ Z เป็นแมทริกซ์ที่ได้จากโมเดลของออโตรีเกรสซีฟ
 a เป็นแมทริกซ์ของสัมประสิทธิ์ออโตรีเกรสซีฟ
 Y เป็นแมทริกซ์ที่การสุ่มครั้งที่ $n-k$
 e เป็นเวกเตอร์ของค่าความผิดพลาด

ถ้า y_i เป็นสัญญาณจริงที่การสุ่มครั้งที่ i ดังนั้น
 ค่า Least Square ของความผิดพลาดมีค่า

$$Q = \sum_{i=0}^{n-1} (y_i - z_i)^2 \quad (2-7)$$

และจากสมการที่ 2-7 เราสามารถเขียนสมการได้ใหม่ดังนี้

$$Q = \sum_{i=0}^{n-1} \left[y_i + \sum_{k=1}^p a_k y_{i-k} \right]^2 \quad (2-8)$$

ถ้าให้การเปลี่ยนแปลงของ Q มีค่าน้อยมากเทียบกับสัมประสิทธิ์ a_k ดังนั้น

$$\frac{\partial Q}{\partial a_1} = \frac{\partial Q}{\partial a_2} = \dots = \frac{\partial Q}{\partial a_{k-1}} = 0$$

$$\text{ดังนั้น } Y^T Y a = -Y^T y$$

เราสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟได้ดังนี้

$$a = -(Y^T Y)^{-1} Y^T y \quad (2-9)$$

เมื่อ Y^T คือ ทรานสพอสแมทริกซ์ของ Y

y คือ แมทริกซ์ของสัญญาณจริงตัวที่ n

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้โมเดลของออโตรีเกรสซีฟอันดับ 5 จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ 5 ค่าโดยที่ a_1 เป็นสัญลักษณ์แทนค่าสัมประสิทธิ์ตัวที่ 1 ส่วน a_2, a_3, a_4 และ a_5 จะแทนแทนค่าสัมประสิทธิ์ตัวที่ 2, 3, 4 และ ตัวที่ 5 ตามลำดับซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

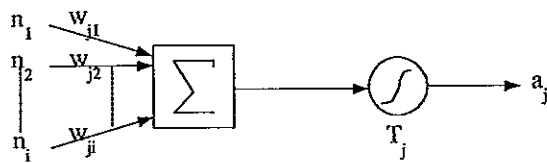
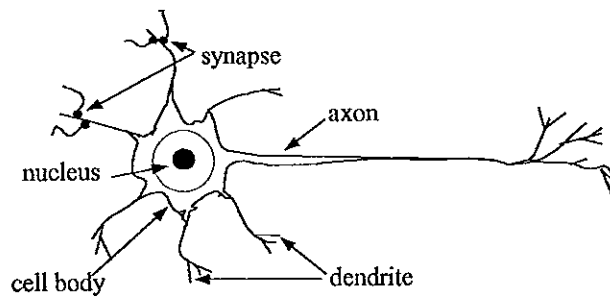
2.6 โครงข่ายประสาทเทียม

เป็นความพยายามของมนุษย์ที่จะสร้างสมองเทียมหรือสมองประดิษฐ์ (Artificial Brain) ขึ้นมา แต่สิ่งที่ทำได้ในปัจจุบันก็คือ พยายามลอกเลียนแบบการทำงานของสมองในการคิดหาเหตุผล โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลครบทั้งหมด แม้แต่ความขัดแย้งของข้อมูลที่ได้มาแต่สมองของมนุษย์ก็ยังคิดและหาเหตุผลต่างๆออกมาเพื่อหาคำตอบจนได้ ดังนั้นงานค้นคว้าส่วนใหญ่ที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันได้พยายามให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้เช่นเดียวกับสมองมนุษย์ เทคโนโลยีของโครงข่ายประสาทเทียมจึงได้ถือกำเนิดขึ้น พร้อมกับการใช้คอมพิวเตอร์ทำการจำลองโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหาที่ไม่สามารถใช้วิธีการทางดิจิทัลจัดการได้หรือหากทำได้ก็มีประสิทธิภาพต่ำมาก

โครงข่ายประสาทเทียมในลักษณะของคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย Processing Element เชื่อมโยงกันหลายๆตัว ทำงานในลักษณะขนานคล้ายกับเซลล์ประสาทของมนุษย์ เพื่อแปลงข้อมูลจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่ง การใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม จะเป็นรูปแบบการสอน แทนที่จะเป็นการป้อนโปรแกรม ส่วนจุดมุ่งหมายของการสอน ก็คือการทำให้โครงข่ายประสาทเทียมนี้สามารถแสดงคำตอบที่เป็นที่ยอมรับ วิธีการสอนคือการป้อนข้อมูลที่รู้อยู่แล้วเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียม พร้อมด้วยตัวเลขที่แสดงน้ำหนักความสำคัญเริ่มต้นกำกับไว้ที่คอนเนกชันต่างๆที่ปรากฏอยู่ในสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมประเภทนี้ แล้วบอกให้โครงข่ายประสาทเทียมทำงาน ซึ่งขณะที่โครงข่ายประสาทเทียมทำงานอยู่จะมีการปรับค่าของตัวเลขที่แสดงน้ำหนักความสำคัญโดยใช้เกณฑ์ต่างๆ เข้ามาช่วยจนกระทั่งเอาที่พูดที่ได้ออกมานั้นถูกต้องแม่นยำตามเป้าหมายที่ต้องการ ส่วนตัวเลขอันเป็นกลไกที่ทำให้สามารถเรียนรู้และจดจำได้จะอยู่ในรูปที่เรียกว่า Weighed Matrix of Interconnections ลักษณะการทำงานแบบนี้จะทำให้ผู้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถป้อนข้อมูลใหม่ๆเข้าไปแล้วปล่อยให้มันเป็นหน้าที่ของโครงข่ายประสาทเทียมชนิดนี้ที่จะหาคำตอบเองว่าจะจัดการกับข้อมูลที่เพิ่มในภายหลังอย่างไรซึ่งการหาคำตอบนี้จะทำการจัดการกับข้อมูลใหม่นี้สอดคล้องตามข้อมูลที่ได้รับการฝึกสอนมา

2.6.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเซลล์ประสาทเดียว

ในปี ค.ศ. 1943 McCulloch และ Pitts ได้เสนอแบบจำลองคณิตศาสตร์ของเซลล์ประสาท แสดงในภาพประกอบ 2-2 (ซีคชนก เหลือสินทรัพย์, 2535 : 92-94)



$$a_j = f\left(\sum_i w_{ji} n_i - T_j\right)$$

ภาพประกอบ 2-2 แบบจำลองของเซลล์ประสาทที่แสดงโดย McCulloch และ Pitts

เมื่อ w_{ji} คือ ค่าความต้านทานของ synapse ที่ i ของเซลล์ประสาทตัวที่ j ค่า n_i คือสัญญาณที่เซลล์ประสาทตัวที่ i T_j คือค่าเปรียบเทียบกับที่เรียกว่า ไบอัส ส่วน $f(x)$ คือฟังก์ชันแบบ Log-Sigmoid และสามารถนิยามฟังก์ชัน $f(x)$ ได้ดังนี้

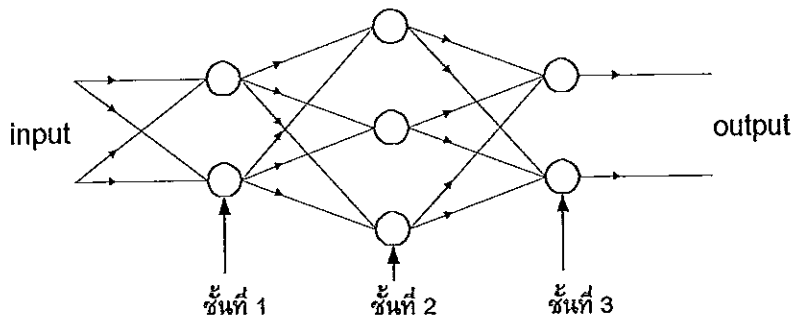
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2-10)$$

ค่าของ x ในที่นี้คือ $\left(\sum_i w_{ji} n_i - T_j\right)$ นั่นเอง

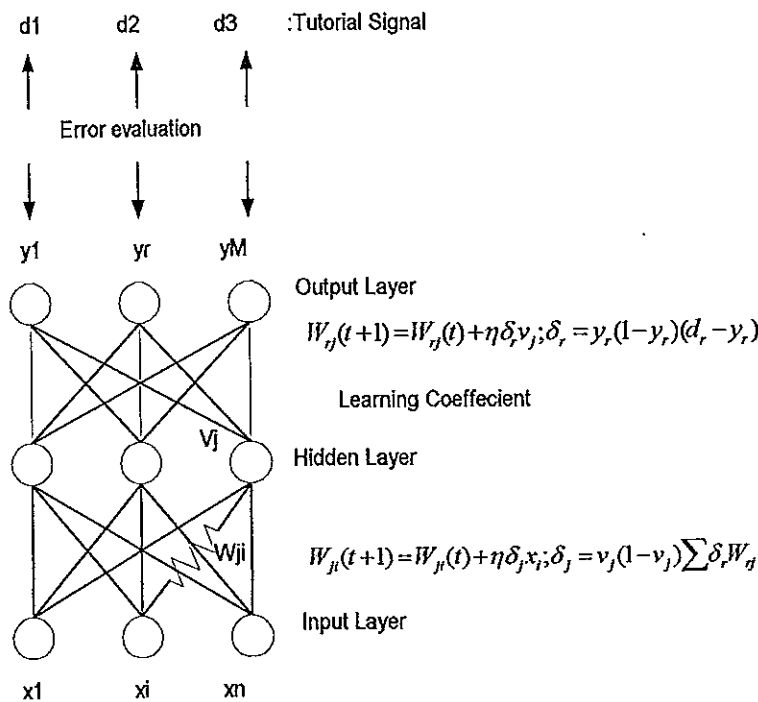
เซลล์ประสาทเรียนรู้โดยการเปลี่ยนค่าของ w_{ji} ดังนั้นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดของการสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาท นอกจากแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แล้ว เราจำเป็นต้องกำหนดวิธีการที่จะเปลี่ยนค่าของ w_{ji} ตามปัญหาต่างๆ ได้ด้วยเพื่อให้เซลล์ประสาทส่งสัญญาณออกมาตามต้องการจากสมการข้างต้น

เทคนิคการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน วิธีที่นิยมแพร่หลายมากที่สุดคือวิธีการเรียนรู้หรือการเปลี่ยนค่าของ w_{ji} โดยใช้วิธีที่เรียกว่า การแพร่กลับ (Backpropagation) โครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับนี้จะประกอบด้วยกลุ่มของเซลล์ประสาทวางตัว

เป็นชั้นๆดังตัวอย่างที่แสดงดังภาพประกอบ 2-3 ในรูปนี้จะประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทจับกลุ่มกันทั้งหมด 3 ชั้น ชั้นที่ 1 ประกอบด้วย เซลล์ประสาท 2 เซลล์ ชั้นที่ 2 ประกอบด้วย เซลล์ประสาท 3 เซลล์ และชั้นที่ 3 ประกอบด้วย เซลล์ประสาท 2 เซลล์ ซึ่งจะเรียกชั้นที่ 1 ว่าชั้นอินพุต(Input Layer) ชั้นที่ 2 (หรือชั้นที่อยู่ระหว่างชั้นที่ 1 กับชั้นที่ 3 ซึ่งอาจมีมากกว่า 1 ชั้น)เรียกว่าชั้นซ่อน(Hidden Layer) และชั้นที่ 3 เรียกว่าชั้นเอาต์พุต(Output Layer)



ภาพประกอบ 2-3 ตัวอย่างของเซลล์ประสาท 3 ชั้น ของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับและสัญญาณเข้าออกของแต่ละเซลล์



ภาพประกอบ 2-4 โครงสร้างแบบจำลองที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (Backpropagation)

2.6.2 การคำนวณหาค่าน้ำหนักในแต่ละชั้นโดยวิธีการแพร่กลับ(วรเชษฐ์ อุบลสุทรวิช 2541 : 58-60)

ภาพประกอบ 2-4 เป็น โครงร่างแบบจำลองการแพร่กลับจะประกอบด้วยเซลล์ประสาทเรียงกันอยู่ 3 ชั้น ประกอบด้วยชั้นอินพุต, ชั้นซ่อน, และชั้นเอาต์พุต

โดยที่ d_r = ค่าเอาต์พุตที่ใช้ในการฝึกสอน

y_i = ค่าเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผลของโครงข่ายประสาทในชั้นเอาต์พุต

v_j = ข้อมูลอินพุตลำดับที่ j ในชั้นซ่อน

w_{rj} = ค่าน้ำหนักของเซลล์ประสาทลำดับที่ r กับ j ในระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุต

w_{ji} = ค่าน้ำหนักของเซลล์ประสาทลำดับที่ j กับ i ในระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อน

x_i = ข้อมูลอินพุตลำดับที่ i ในชั้นอินพุต

ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักจะเริ่มคำนวณจากชั้นเอาต์พุตผ่านไปยังชั้นซ่อนและผ่านไปยังชั้นอินพุตตามลำดับ ซึ่งจะสามารถจะคำนวณได้ดังนี้

ชั้นเอาต์พุต ค่าน้ำหนักชั้นนี้จะคำนวณจากสมการ

$$w_{rj}(t+1) = w_{rj}(t) + \eta \delta_r v_j \quad (2-11)$$

เมื่อ w_{rj} เป็นน้ำหนักระหว่างชั้นเอาต์พุตกับชั้นซ่อน

η เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการเรียนรู้ (Learning Coefficient)

δ_r เป็นฟังก์ชันความผิดพลาด (Error Function) ลำดับที่ r

v_j เป็นเอาต์พุตลำดับที่ j ในชั้นซ่อน

จากสมการ 2-11 สามารถคำนวณหาค่าน้ำหนัก w_{rj} ตัวใหม่ได้จาก w_{rj} ตัวเดิมรวมกับผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์ของการเรียนรู้ (η), ฟังก์ชันความผิดพลาดที่ r (δ_r) และ เอาต์พุตลำดับที่ k ของชั้นซ่อน ซึ่งค่าของ δ_r หาได้จากเอาต์พุตลำดับที่ r ของชั้นเอาต์พุตกับเอาต์พุตในการเรียนรู้มาหาความสัมพัทธ์ดังนี้

$$\delta_r = y_r(1 - y_r)(d_r - y_r) \quad (2-12)$$

ชั้นอินพุต ค่าน้ำหนักชั้นนี้จะคำนวณจากสมการ

$$w_{ji}(t+1) = w_{ji}(t) + \eta \delta_j x_i \quad (2-13)$$

เมื่อ w_{ji} เป็นน้ำหนักระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อน

η เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของการเรียนรู้

δ_j เป็นฟังก์ชันความผิดพลาดลำดับที่ j

x_i เป็นอินพุตลำดับที่ i

การคำนวณจะแทนที่น้ำหนัก w_{ji} ใหม่ด้วยน้ำหนัก w_{ji} ตัวเดิมรวมผลคูณของค่าคงที่ของการเรียนรู้ (η) ,ค่าความผิดพลาดลำดับที่ j (δ_j) และอินพุตลำดับที่ i ของชั้นอินพุต ซึ่งค่าของ δ_j ได้จากการนำค่าเอาต์พุตลำดับที่ j ของชั้นซ่อน กับ น้ำหนัก w_{ji} มาหาความสัมพัทธ์ดังนี้

$$\delta_j = v_j(1 - v_j) \sum \delta_r w_{rj} \quad (2-14)$$

จะเห็นว่าการคำนวณในแต่ละชั้นค่าความผิดพลาดจะถูกส่งจากชั้นเอาต์พุตไปยังชั้นซ่อนและไปยังชั้นอินพุต ตามลำดับน้ำหนักที่เชื่อมต่อของแต่ละเซลล์จะถูกปรับค่าไปตามความมากน้อยของค่าความผิดพลาดที่ได้รับ กระบวนการการส่งค่าความผิดพลาดจะทำซ้ำๆเพื่อให้โครงข่ายปรับค่าน้ำหนักที่จะทำให้ค่าความผิดพลาดต่ำกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้ตั้งไว้จึงจะหยุดกระบวนการการปรับค่าน้ำหนัก กระบวนการการดังกล่าวเรียกอีกอย่างว่ากระบวนการการเรียนรู้ และเนื่องจากการคำนวณปรับค่าน้ำหนักจะเริ่มจากชั้นเอาต์พุตผ่านมายังชั้นซ่อนและชั้นอินพุตตามลำดับกระบวนการการปรับค่าน้ำหนักหรือการเรียนรู้ในลักษณะนี้ถูกเรียกว่าวิธีการแพร่กลับ (Backpropagation) หลังจากผ่านขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อให้เซลล์แต่ละชั้นทำการปรับค่าน้ำหนักของเซลล์ในแต่ละชั้นจนได้ค่าที่เหมาะสมในการเรียนรู้และจดจำลักษณะที่แตกต่างของอินพุตแล้วจึงจะนำโครงข่ายที่ได้ไปทำการจำแนกข้อมูลอินพุตอื่นๆตามความต้องการ ในปัจจุบันวิธีการแพร่กลับก็แบ่งย่อยอีกได้หลายวิธีเช่นการแพร่กลับแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ วิธี Conjugate Gradient และ วิธี Levenberg-Marquardt แต่ในงานวิจัยได้ใช้วิธีการแพร่แบบแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ และ Levenberg-Marquardt เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลที่ได้จากโครงข่ายที่ได้มีการเรียนรู้ในวิธีการที่แตกต่างกันซึ่งสมการ 2-15 และสมการ 2-16 เป็นสมการการปรับค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของการเรียนรู้แบบที่มีน้ำหนัก ส่วนสมการที่ 2-17 เป็นสมการการปรับค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของการเรียนรู้โดยวิธี Levenberg-Marquardt

$$\Delta W^m(k) = \gamma \Delta W^m(k-1) - (1-\gamma) \alpha S^m (a^{m-1})^T \quad (2-15)$$

$$\Delta b^m(k) = \gamma \Delta b^m(k-1) - (1-\gamma)\alpha S^m \quad (2-16)$$

$$\Delta x_k = -[J^T(x_k)J(x_k) + \mu_k I]^{-1} J^T(x_k)V(x_k) \quad (2-17)$$

ในสมการที่ 2-15 และ 2-16 เป็นสมการในการคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของโครงข่ายที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับแบบมีค่าโมเมนตัม ซึ่งจะมีสมการเช่นเดียวกับสมการของโครงข่ายที่มีการเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้แต่จะมีข้อแตกต่างกันตรงเงื่อนไขของการเปลี่ยนค่าโมเมนตัมและค่าอัตราการเรียนรู้ ซึ่งการคำนวณจะเริ่มจากการกำหนดค่าโมเมนตัม (γ), ค่าอัตราการเรียนรู้ (α), ค่าน้ำหนักเริ่มต้น (w) และ ค่าไบอัส (b) เริ่มต้นจากนั้นก็จะเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายเพื่อหาค่าเอาต์พุตไปทำการหาค่าความผิดพลาดเทียบกับค่าเป้าหมาย ทำให้ได้ค่าความผิดพลาดกำลังสอง นำ Δw และ Δb ที่คำนวณได้ไปรวมกับค่าน้ำหนักเริ่มต้นและไบอัสเริ่มต้น ต่อจากนั้นก็จะเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียมอีกครั้งซึ่งอินพุตที่ป้อนจะถูกนำไปคำนวณกับค่าน้ำหนักและค่าไบอัสที่เปลี่ยนไป จะทำให้ได้ค่าเอาต์พุตออกมาอีกค่าหนึ่งแล้วนำค่าเอาต์พุตที่ได้ไปทำการหาค่าความผิดพลาดกำลังสองซึ่งหากว่าค่าความผิดพลาดกำลังสองตัวใหม่มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ (โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 1-5%) ค่าน้ำหนักตัวใหม่จะไม่ถูกนำมาใช้ ค่าอัตราการเรียนรู้จะถูกคูณด้วยค่าคงที่ ρ ที่มีค่ามากกว่าศูนย์แต่น้อยกว่าหนึ่งส่วนค่าโมเมนตัมจะถูกปรับให้เป็นศูนย์ หากว่าค่าความผิดพลาดกำลังสองมีค่าลดลงจะนำค่าน้ำหนักตัวใหม่ที่เปลี่ยนไปจะไปใช้งานในรอบต่อไป ค่าอัตราการเรียนรู้จะถูกคูณด้วยค่าคงที่ η ที่มีค่ามากกว่าหนึ่ง ส่วนค่าโมเมนตัมหากก่อนหน้าถูกปรับให้เป็นศูนย์ก็จะปรับให้มีค่ากลับไปสู่ค่าเริ่มต้นที่ได้ตั้งไว้ แต่หากว่าค่าความผิดพลาดกำลังสองมีค่าเพิ่มขึ้นไม่มากไปกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ ค่าน้ำหนักใหม่จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณรอบต่อไป ส่วนค่าอัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัมจะไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมาจะกระทำซ้ำไปจนกว่าค่าความผิดพลาดจะมีค่าน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้กำหนดไว้ ส่วนสมการที่ 2-17 เป็นสมการการปรับค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของการเรียนรู้ให้ได้ค่าที่เหมาะสมเช่นเดียวกันแต่มีวิธีที่แตกต่างกัน โดยขั้นแรกจะต้องกำหนดค่าน้ำหนักและค่าไบอัสเริ่มต้นก่อนจากนั้นก็จะเป็นอินพุตให้กับโครงข่ายแล้วก็จะหาค่าความผิดพลาดกำลังสองของอินพุตทั้งหมดเก็บไว้จากสมการที่ 2-17 $V(x_k)$ เป็นเวกเตอร์ของค่าความผิดพลาด จากนั้นก็จะหา Jacobain Matrix ($J(x)$) ของน้ำหนักและไบอัสลำดับต่อมาคำนวณหาความไวในแต่ละชั้นของโครงข่ายแล้วคำนวณส่วนต่างๆของ Jacobain Matrix จากความไวที่หาได้ นำ Jacobain Matrix ที่ได้ไปคำนวณหาเวกเตอร์ของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและไบอัส (Δx) ตามสมการที่ 2-17 เมื่อได้

เวกเตอร์ดังกล่าวมาแล้วก็จะไปรวมกับเวกเตอร์ของน้ำหนักและไบอัสเดิมเพื่อหาค่าน้ำหนักและไบอัสใหม่จากนั้นก็จะป้อนอินพุตให้กับโครงข่ายเพื่อหาค่าความผิดพลาดกำลังสองอีกครั้งแล้วนำไปเปรียบเทียบกับครั้งแรกหากค่าความผิดพลาดครั้งหลังน้อยกว่าครั้งแรกให้หาร μ ด้วยค่าคงที่ V แล้วนำค่าน้ำหนักและไบอัสที่ได้ทำการปรับค่าแล้วเริ่มกระบวนการคำนวณใหม่ตั้งแต่ต้น หากว่าค่าความผิดพลาดไม่ลดลงก็ให้นำค่า μ คูณกับ V ก่อนจะเริ่มคำนวณดังสมการที่ 2-17 อีกครั้ง

ในงานวิจัยได้ใช้โครงข่ายที่มีสามชั้นนั่นก็คือชั้นอินพุต, ชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต โดยชั้นเอาต์พุตจะมีจำนวน 2 เซลล์ซึ่งจะมีจำนวนเซลล์คงที่ ส่วนชั้นซ่อนจะมีจำนวนเซลล์เริ่มตั้งแต่ 4, 6, 8, 10 เซลล์ไปจนถึง 12 เซลล์ก็แล้วแต่ผลของความผิดพลาดของการเรียนรู้มีค่ามากกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ในการเพิ่มเซลล์ในชั้นซ่อนจะทำให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้มากขึ้นค่าความผิดพลาดจากการเรียนรู้ลดลง ส่วนจำนวนเซลล์ในชั้นอินพุตจะขึ้นกับจำนวนข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีการต่างๆซึ่งจะแตกต่างกัน

บทที่ 3

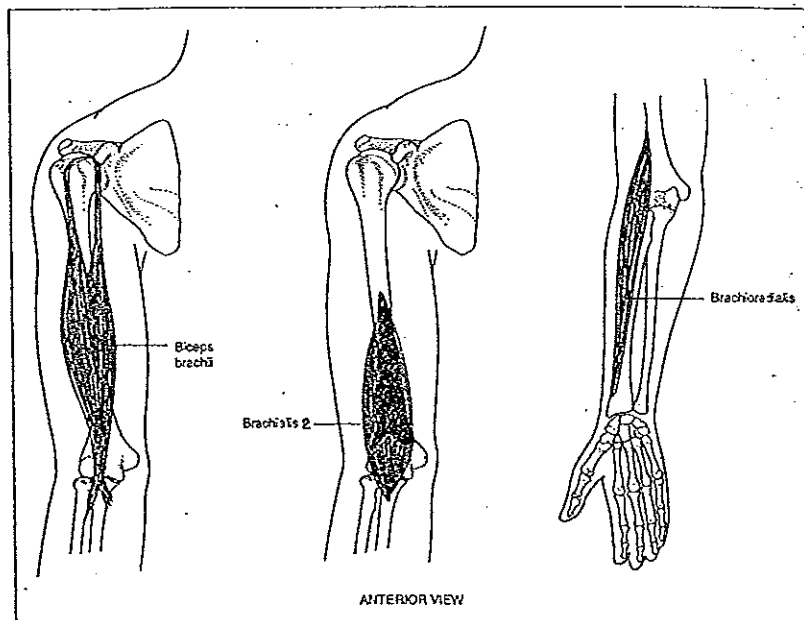
การวัดและการวิเคราะห์สัญญาณ

ในการวัดและทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อได้ทำการวัดและทดสอบโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อซึ่งจะใช้ข้อมูลตัวนี้เป็นข้อมูลอ้างอิง ในการวัดและทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อจะแบ่งเป็นสองส่วนคือในส่วนที่วัดความแข็งแรงและส่วนที่วัดความทนทานของกล้ามเนื้อ ในการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนใช้การวัดแรงบีบมือ ส่วนขาใช้การวัดแรงเหยียดขาโดยได้รับความร่วมมือในการใช้เครื่องมือและห้องทดสอบของภาควิชาสรีระวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตหาดใหญ่ ค่าที่วัดจะไปทำการเทียบกับค่าน้ำหนักของตัวอาสาสมัครเองจากนั้นนำผลที่ได้เป็นตัวจัดกลุ่มของอาสาสมัครซึ่งกลุ่มที่จัดไว้จะมีสองกลุ่มซึ่งจะมีจุดที่ใช้แยกกลุ่มซึ่งรายละเอียดค่าที่ได้และการแบ่งกลุ่มจะมีรายละเอียดดังตารางในภาคผนวก ข ส่วนการวัดความทนทานของกล้ามเนื้อของแขนจะใช้การดันพื้นในชายและการคุกเข่าดันพื้นในหญิง และของขาจะใช้การนั่งกระโดดซึ่งจะใช้ทั้งชายและหญิงเหมือนกันจำนวนครั้งของที่ทำได้จะเป็นตัวแบ่งกลุ่มของอาสาสมัคร รายละเอียดจำนวนครั้งที่อาสาสมัครกระทำกิจกรรมดังกล่าวและการแบ่งกลุ่มจะมีรายละเอียดดังตารางในภาคผนวก ข เช่นกัน หลังจากที่ได้ทำการวัดระดับสมรรถภาพของกล้ามเนื้อและทำการแบ่งกลุ่มของอาสาสมัครเรียบร้อยแล้วก็จะถึงขั้นตอนในการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อซึ่งในงานวิจัยต้องการจะทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพของกล้ามเนื้อและคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อว่ามีความเกี่ยวข้องกันในลักษณะใด

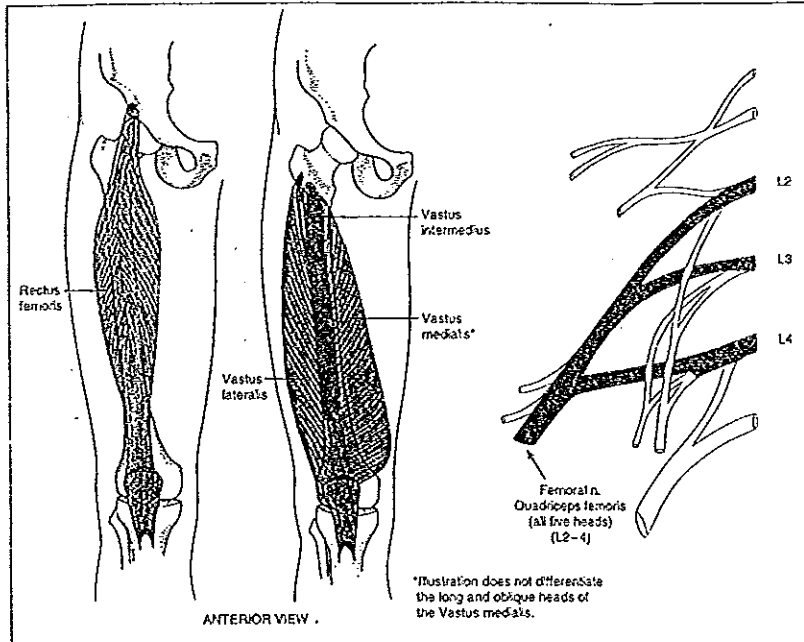
3.1 การวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ

สัญญาณกล้ามเนื้อ Electromyogram (EMG) ที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อนั้นในการวัดจะทำการคิดอิเล็กทรอนิกส์ โครดชนิดที่คิดบนผิวหนังติดไว้ที่กล้ามเนื้อที่ต้องการทดสอบในงานวิจัยนี้ต้องการจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกลุ่มกล้ามเนื้อแขนและขา ดังนั้นกลุ่มกล้ามเนื้อที่เป็น

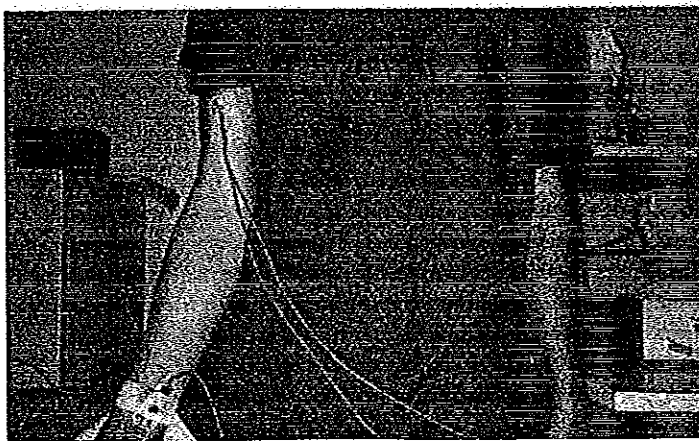
การวัดสัญญาณที่กล้ามเนื้อ Biceps Brachii ส่วนในการวัดที่ขานี้จะทำการวัดสัญญาณที่กล้ามเนื้อ Vastus Lateralis ซึ่งลักษณะของกล้ามเนื้อทั้งสองแสดงดังภาพที่ 3-1 และ 3-2 ส่วนกิจกรรมระหว่างการวัดสัญญาณที่แขนก็คือให้อาสาสมัครทำการยกน้ำหนักแล้วทำการค้างไว้ในลักษณะงอแขนเป็นมุม 90 องศาเป็นเวลานาน 1 นาทีซึ่งจะทำกิจกรรมเช่นเดียวกันทั้งอาสาสมัครชายและหญิงแต่ของชายจะยกน้ำหนักมากกว่า คือจะยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม และ 8 กิโลกรัม ส่วนหญิงจะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัมและ 4 กิโลกรัมซึ่งเมื่อทำการยกน้ำหนักในครั้งแรกเป็นเวลา 1 นาทีแล้วก่อนที่จะยกครั้งต่อไปจะให้อาสาสมัครพักเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 นาทีเพื่อให้ลดความอ่อนล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นขณะทำการวัด ส่วนกิจกรรมที่ทำขณะทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขา ก็คือการให้อาสาสมัครนั่งบนที่สูงประมาณ 80 เซนติเมตรในลักษณะห้อยขาแล้วจะทำการเกี่ยวน้ำหนักไว้ที่ข้อเท้าของอาสาสมัครเมื่อเริ่มทำการวัดก็จะให้อาสาสมัครยกน้ำหนักที่เกี่ยวข้องไว้ขึ้นมาเป็นมุม 90 องศาแล้วค้างไว้เป็นเวลา 1 นาทีเช่นเดียวกันกับที่แขนกิจกรรมระหว่างการวัดสัญญาณจะมีขั้นตอนเหมือนกันทั้งชายและหญิงแต่ชายจะมีน้ำหนักมากกว่าคือจะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม ส่วนของหญิงจะยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัมซึ่งการติดอิเล็กโทรดและกิจกรรมขณะทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อแสดงดังภาพที่ 3-3, 3-4, 3-5 และ 3-6



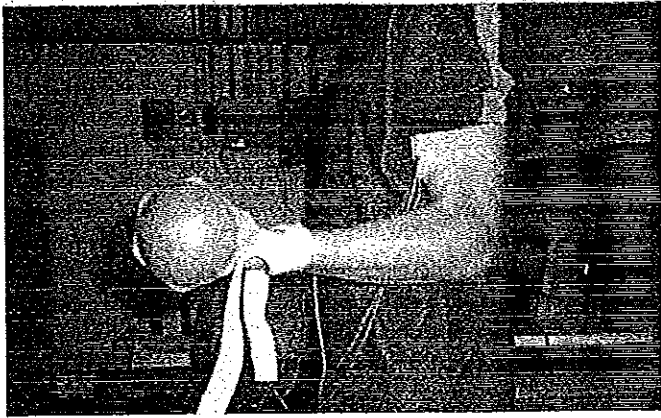
ภาพประกอบ 3-1 กลุ่มกล้ามเนื้อทำให้เกิดการงอแขน



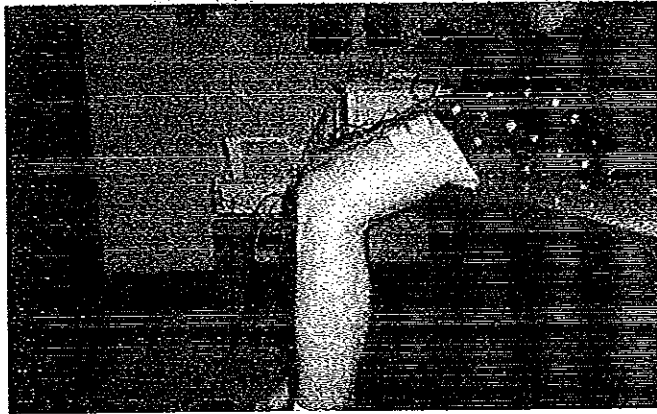
ภาพประกอบ 3-2 กลุ่มกล้ามเนื้อ Quadriceps Femoris



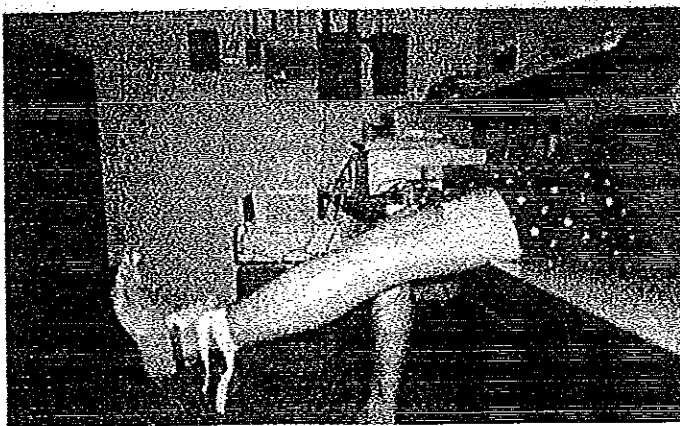
ภาพประกอบ 3-3 การตีดอเล็กโตรดที่เหนือกล้ามเนื้อ Biceps Brachii



ภาพประกอบ 3-4 กิจกรรมขณะทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขน (Biceps Brachii)

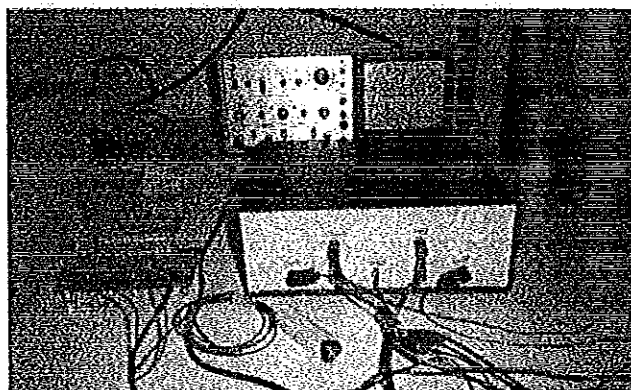


ภาพประกอบ 3-5 การติดอิเล็กโทรดที่เหนือก้ามเนื้อ Vastus Lateralis



ภาพประกอบ 3-6 กิจกรรมขณะทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขา (Vastus Lateralis)

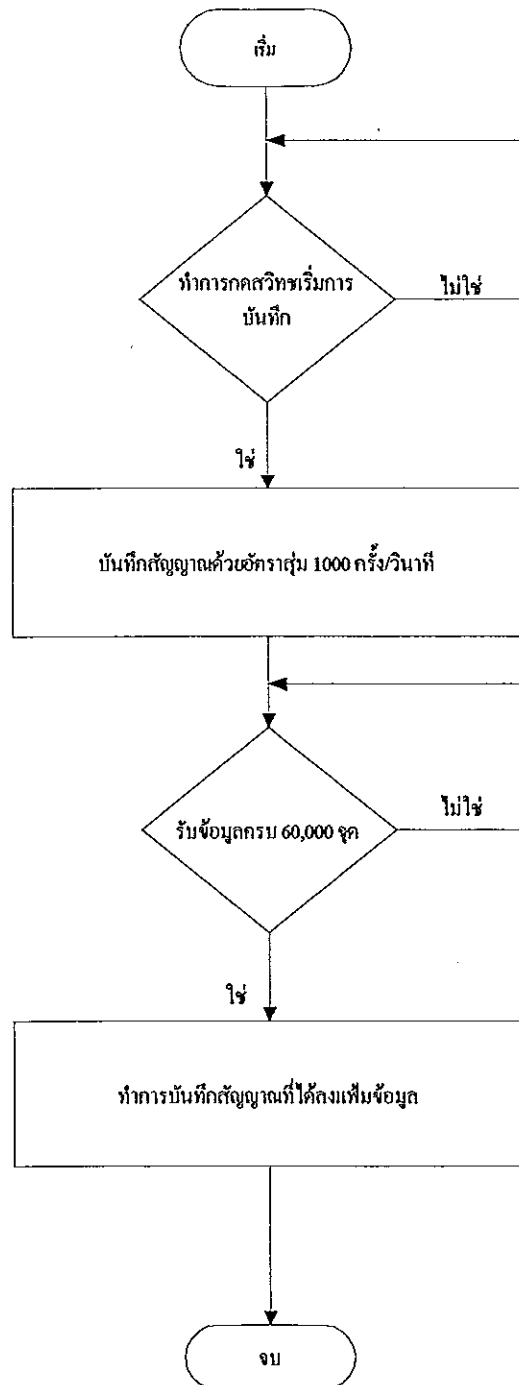
ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้อิเล็กโตรดสองขั้วและอิเล็กโตรดกรวดหนึ่งขั้วเพื่อทำการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อความห่างระหว่างอิเล็กโตรดทั้งสองประมาณหนึ่งนิ้วทั้งการวัดสัญญาณที่ขาและแขน ส่วนอิเล็กโตรดกรวดจะทำการติดที่บริเวณข้อมือในการวัดที่แขนส่วนที่ขาจะติดที่ข้อเท้า เป็นขาและแขนข้างเดียวกันกับที่ติดอิเล็กโตรด ในการวัดสัญญาณกล้ามเนื้อนอกเหนือจากอิเล็กโตรดแล้ว ส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งก็คือชุดขยายสัญญาณเนื่องจากสัญญาณกล้ามเนื้อที่วัดได้จะมีขนาดของสัญญาณเป็น μV ดังนั้นจึงต้องมีการขยายสัญญาณให้มีขนาดเพิ่มขึ้นก่อนที่จะทำการบันทึกสัญญาณ ชุดขยายสัญญาณกล้ามเนื้อในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ชุดขยายสัญญาณที่มีอัตราการขยาย 50 dB และมีย่านความถี่ในการขยายอยู่ในช่วง 20-500 Hz ซึ่งเป็นชุดขยายสัญญาณที่ได้รับการพัฒนาโดย ชีรเดช เสวกไพบุลย์กิจ (2540:23-29) เมื่อสัญญาณกล้ามเนื้อได้รับการขยายแล้วจะนำสัญญาณที่ได้ไปต่อกับ Port I/O ของการ์ด Lab Pc 1200 ที่ช่องของ Analog Input Channel 0



ภาพประกอบ 3-7 การต่อสายสัญญาณระหว่างอิเล็กโตรดกับ Port I/O ของ Lab Pc 1200

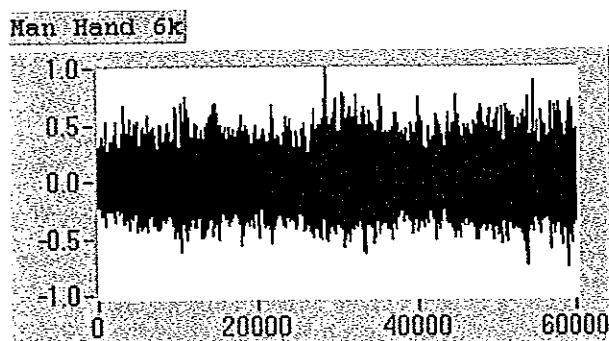
3.2 การบันทึกสัญญาณ

หลังได้ทำการขยายสัญญาณกล้ามเนื้อและได้ทำการนำสัญญาณมายัง Analog Input ของ การ์ด Lab Pc 1200 แล้ว ในการบันทึกสัญญาณจะเขียนโปรแกรมบันทึกสัญญาณบน LabView for Windows V.4.0.1 ซึ่งได้แสดงโฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมดังภาพประกอบ 3-8 ในการบันทึกคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อจะมีอัตราการสุ่ม 1,000 ครั้งต่อวินาทีและจำนวนจุดที่ได้ทำการบันทึกทั้งหมดคือ 60,000 จุด ในการบันทึกสัญญาณจะมีสวิทซ์ที่ต้องทำการกดแล้วจะเริ่มทำการบันทึก ส่วนโปรแกรมที่ได้เขียนด้วยโปรแกรม LabView ได้แสดงในภาคผนวก ก



ภาพประกอบ 3-8 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมบันทึกสัญญา

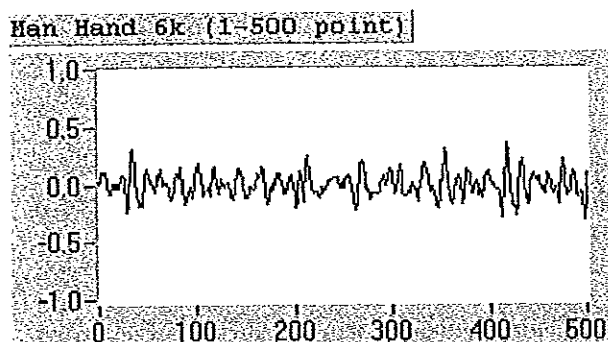
หลังจากได้ใช้โปรแกรมการบันทึกสัญญาณกล้ามเนื้อทำการบันทึกสัญญาณในขณะที่อาสาสมัครได้ทำกิจกรรมต่างๆตามที่ได้กล่าวมาทำให้ได้สัญญาณในขณะที่ทำกิจกรรมต่างๆดังภาพประกอบ 3-9 ถึงภาพประกอบ 3-20 โดยที่แกนนอนแสดงถึงจำนวนจุดแกนตั้งแสดงถึงค่าแรงดันที่วัดได้มีหน่วยเป็นโวลท์



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-9 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม

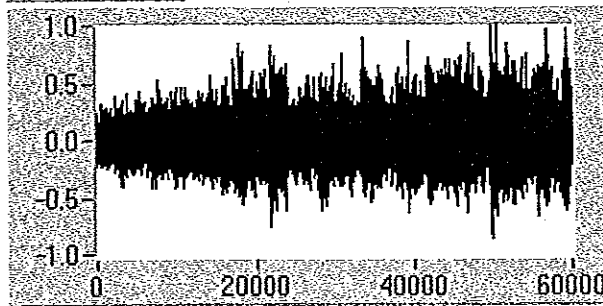


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-10 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัมในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500

Man Hand 8k

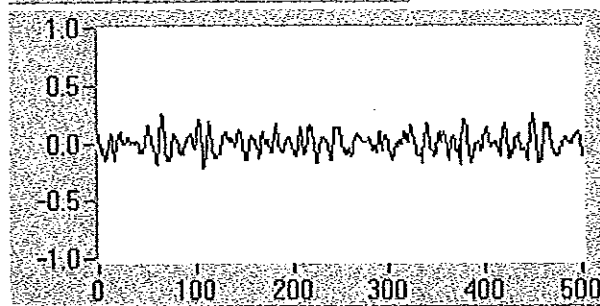


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงคั้นสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-11 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกหนัก
8 กิโลกรัม

Man Hand 8k (1-500 point)

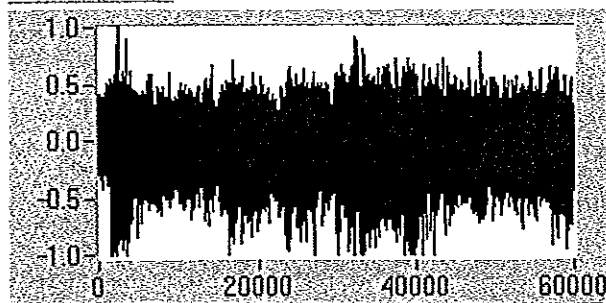


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงคั้นสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-12 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้แขนยกหนัก
8 กิโลกรัมในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500

Man Leg 6k

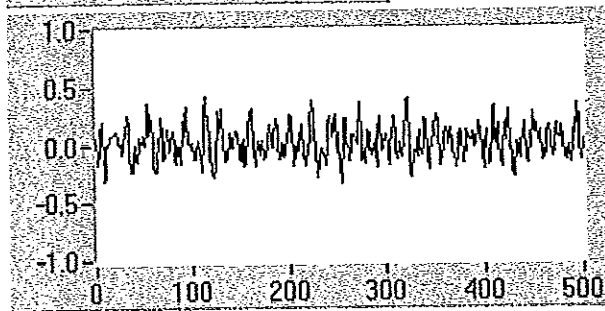


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงคั้นสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-13 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้ขายกน้ำหนัก
6 กิโลกรัม

Man Leg 6k (1-500 point)

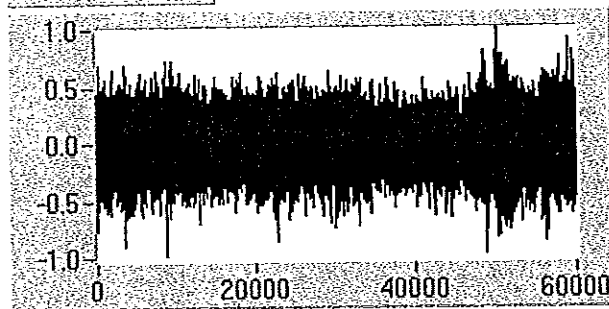


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-14 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครชายขณะใช้ขายกน้ำหนัก
6 กิโลกรัมในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500

Woman Hand 3k

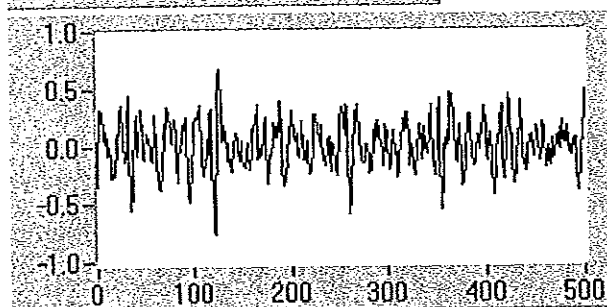


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-15 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก
3 กิโลกรัม

Woman Hand 3k (1-500 point)

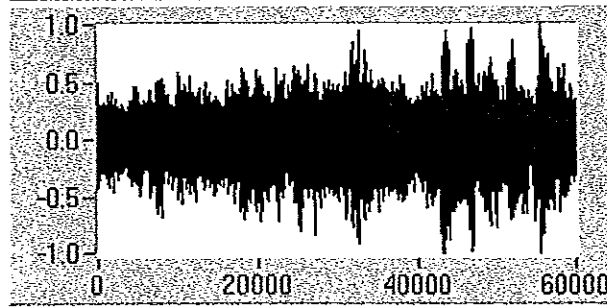


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-16 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก
3 กิโลกรัมในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500

Woman Hand 4k

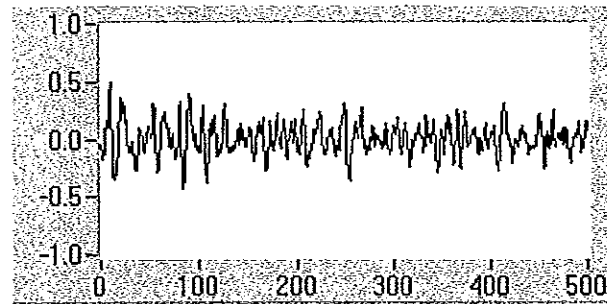


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-17 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม

Woman Hand 4k (1-500 point)

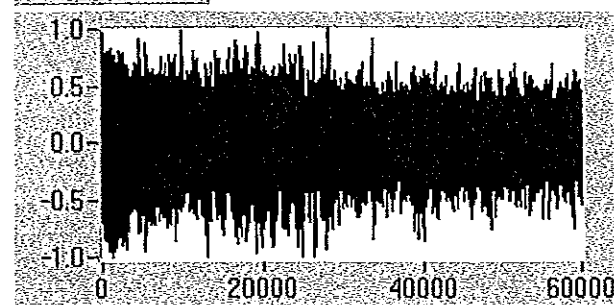


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-18 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้แขนยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัมในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500

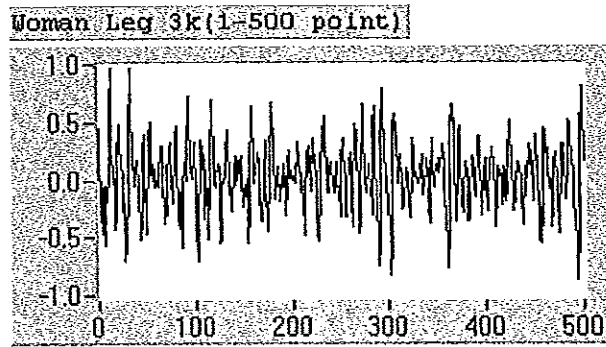
Woman Leg 3k



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

ภาพประกอบ 3-19 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้ขายกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าระดับแรงดันสัญญาณหน่วยเป็น โวลท์

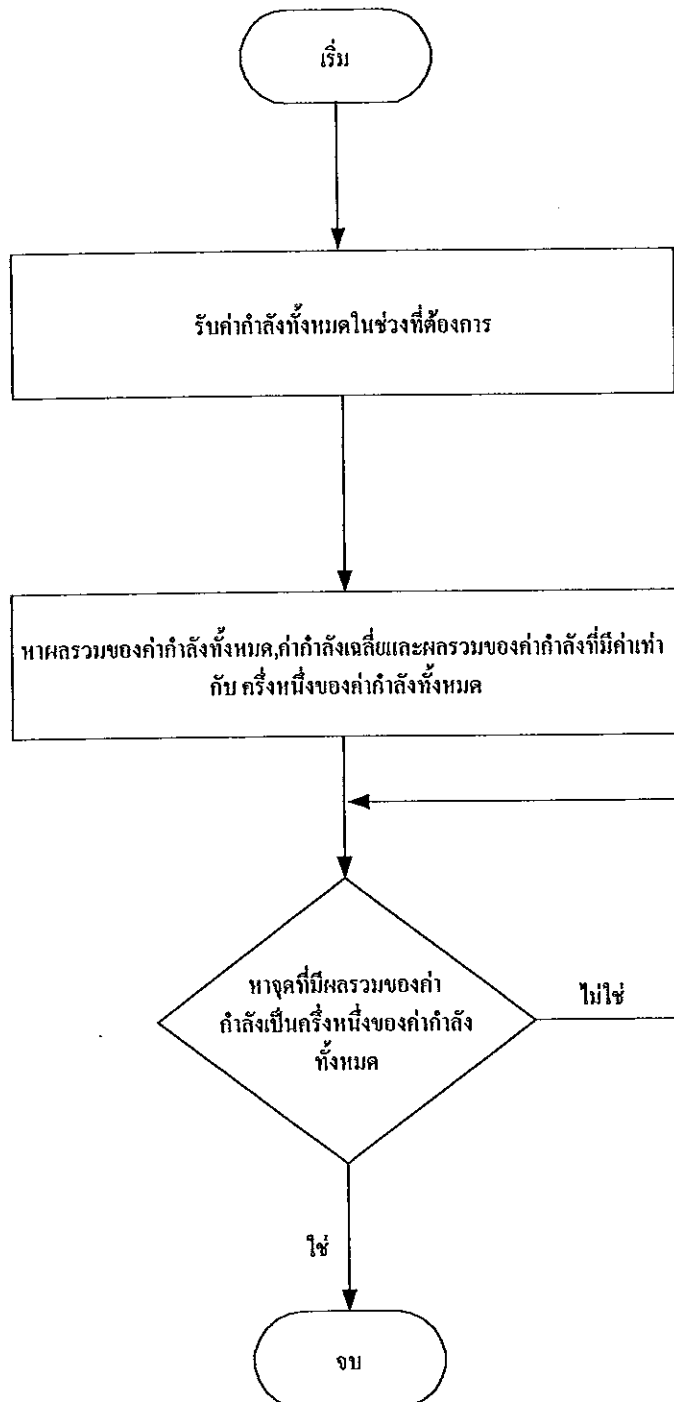
ภาพประกอบ 3-20 ตัวอย่างสัญญาณที่บันทึกได้จากอาสาสมัครหญิงขณะใช้ขายกน้ำหนัก 3 กิโลกรัมในช่วงจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 500

3.3 การวิเคราะห์สัญญาณ

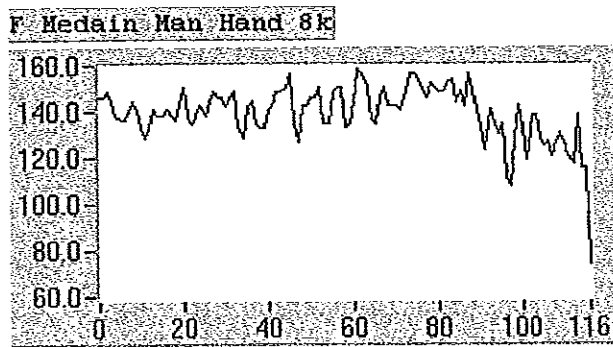
หลังจากได้ทำการบันทึกสัญญาณเก็บไว้แล้วขั้นตอนต่อไปก็คือวิเคราะห์สัญญาณที่ได้ทำการบันทึกไว้แล้วโดยใช้วิธีการต่างๆที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2

3.3.1 การหาค่า F Medain และ Mean Power

ในการหาค่า F Medain และค่า Mean Power มีความสัมพันธ์กันทำให้ใช้โปรแกรมเดียวในการหาค่าทั้งสองได้พร้อมกันซึ่งแสดงโพลชาร์ทการทำงานดังภาพประกอบ 3-22 ส่วนแผนภาพของโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม LabView แสดงในภาคผนวก ก ตัวอย่างของการวิเคราะห์สัญญาณแสดงดังภาพประกอบที่ 3-23, 3-24, 3-25, 3-26, 3-27, 3-28, 3-29 และ ภาพประกอบ 3-30 โดยที่แกนนอนแสดงถึงจำนวนจุดแกนตั้งแสดงถึงค่าที่วิเคราะห์ได้ ในส่วนของค่าการหา F Medain คือค่าความถี่ ส่วนการหาค่า Mean Power คือค่ากำลังของสัญญาณ



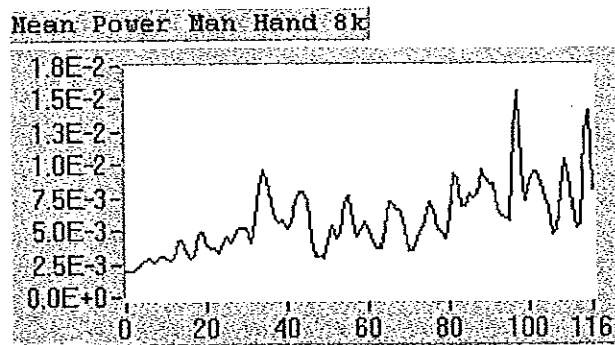
ภาพประกอบ 3-22 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า F Medain และ Mean Power



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

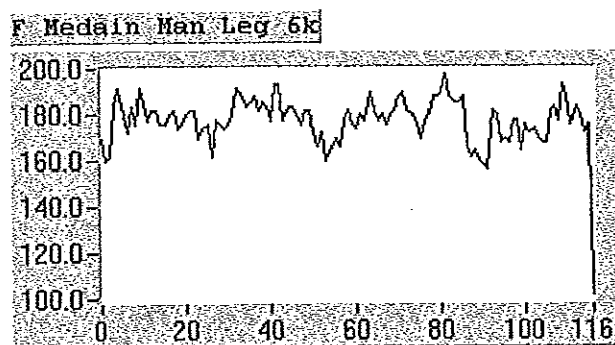
ภาพประกอบ 3-23 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่ากำลังเฉลี่ยหน่วยเป็นวัตต์กำลังสอง

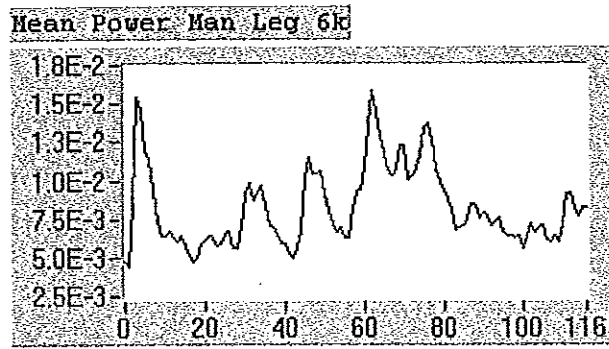
ภาพประกอบ 3-24 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

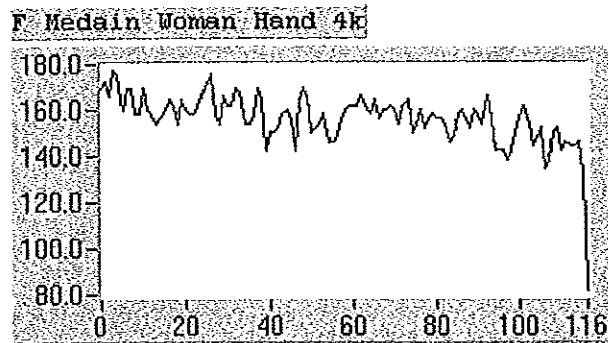
ภาพประกอบ 3-25 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่ากำลังเฉลี่ยหน่วยเป็น โวลท์กำลังสอง

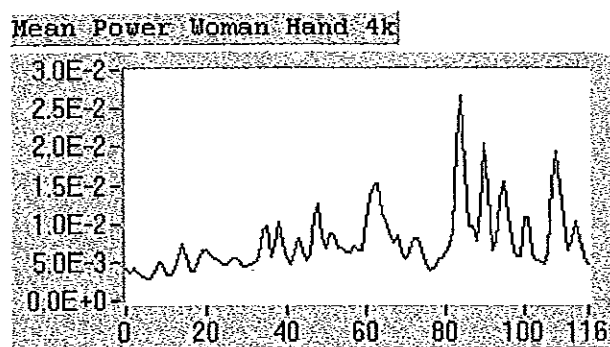
ภาพประกอบ 3-26 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

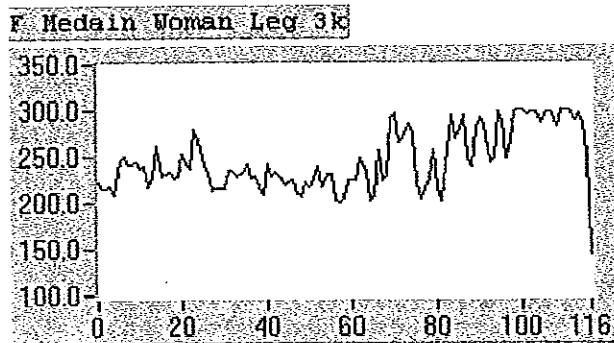
ภาพประกอบ 3-27 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่ากำลังเฉลี่ยหน่วยเป็น โวลท์กำลังสอง

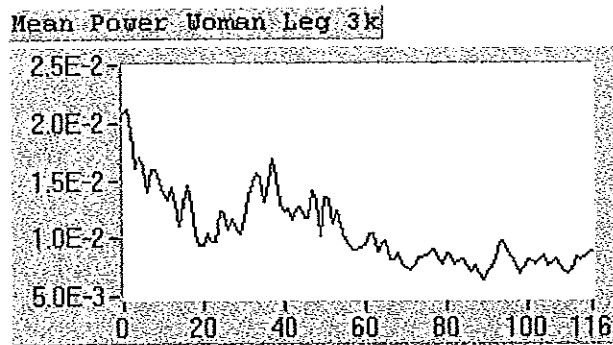
ภาพประกอบ 3-28 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

ภาพประกอบ 3-29 ตัวอย่างของการหาค่า F Medain ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่ากำลังเฉลี่ยหน่วยเป็นวัตต์กำลังสอง

ภาพประกอบ 3-30 ตัวอย่างของการหาค่า Mean Power ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม

3.3.2 การหาค่า F 25%

การหาค่า F 25% เป็นการหาค่าความถี่จุดที่มีผลรวมของค่ากำลังของสัญญาณเท่ากับ 25% ของค่ากำลังของสัญญาณทั้งหมดในช่วงที่ต้องการซึ่งแสดงโพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมดังภาพประกอบที่ 3-31 ส่วนแผนภาพของโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม LabView แสดงในภาคผนวก ก ตัวอย่างของการวิเคราะห์สัญญาณแสดงดังภาพประกอบที่ 3-32, 3-33, 3-34 และ ภาพประกอบ 3-35 โดยที่แกนนอนแสดงถึงจำนวนจุดแกนตั้งแสดงถึงค่าความถี่

3.3.3 การหาค่า F 75%

การหาค่า F 75% เป็นการหาค่าความถี่จุดที่มีผลรวมของค่ากำลังของสัญญาณเท่ากับ 75% ของค่ากำลังของสัญญาณทั้งหมดในช่วงที่ต้องการ ซึ่งแสดงโพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมดังภาพ

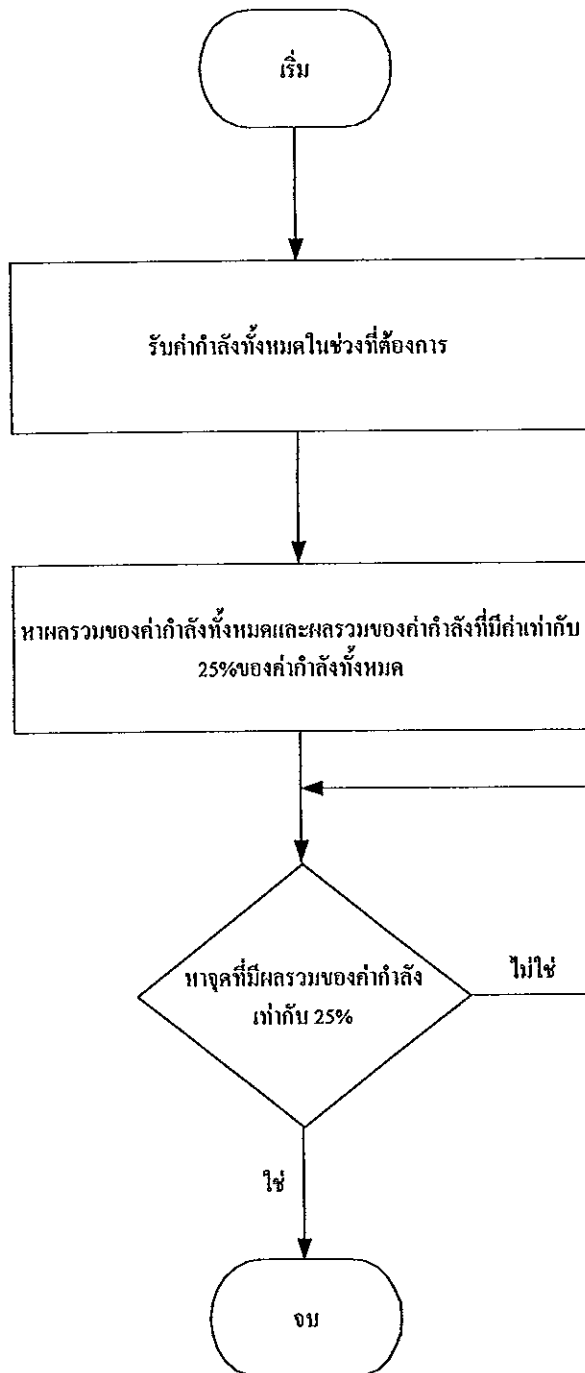
ประกอบที่3-36 ส่วนแผนภาพของโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม LabView แสดงในภาคผนวก ก ตัวอย่างของการวิเคราะห์สัญญาณแสดงคังภาพประกอบที่3-37,3-38,3-39 และ ภาพประกอบที่3-40 โดยที่แกนนอนแสดงถึงจำนวนจุด แกนตั้งแสดงถึงค่าความถี่

3.3.4 การหาค่า Hi/Lo Ratio

การหาค่า Hi/Lo Ratio เป็นการหาค่าอัตราส่วนของค่าผลรวมของกำลังสัญญาณทางด้านความถี่ที่สูงกว่าความถี่จุดที่ตั้งค่าไว้กับค่าผลรวมของกำลังสัญญาณตั้งแต่ความถี่ที่ได้ตั้งค่าไว้จนไปถึงความถี่ต่ำสุด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่าความถี่จุดที่แบ่งกำลังของสัญญาณออกเป็นสองส่วนคือ 220 Hz โพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมแสดงคังภาพประกอบที่3-41 ส่วนแผนภาพของโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม LabView แสดงในภาคผนวก ก ตัวอย่างของการวิเคราะห์สัญญาณแสดงคังภาพประกอบที่ 3-42,3-43,3-44 และภาพประกอบที่3-45 โดยที่แกนนอนแสดงถึงจำนวนจุด แกนตั้งแสดงถึงค่าอัตราส่วนที่ได้

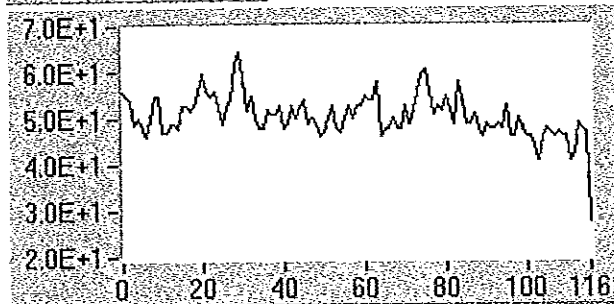
3.3.5 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟโมเดล

การหาค่าสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟโมเดลในงานวิจัยชิ้นนี้จะกำหนดให้มีออเดอร์เท่ากับ 5 ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมด 5 ค่าซึ่งก็จะเพียงพอที่จำลองลักษณะของสัญญาณกล้ามเนื้อ โดยมีค่าความผิดพลาดไม่มากนัก โพลซาร์ทการทำงานของโปรแกรมแสดงคังภาพประกอบที่ 3-46 ส่วนแผนภาพของโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม LabView แสดงในภาคผนวก ก ส่วนตัวอย่างของการสัมประสิทธิ์ที่หาได้คังภาพประกอบที่3-47,3-48,3-49 และ3-50 โดยที่แกนนอนแสดงถึงจำนวนจุด แกนตั้งแสดงถึงค่าของสัมประสิทธิ์ที่ได้



ภาพประกอบ 3-31 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า F25%

F25% Man Hand 8kg

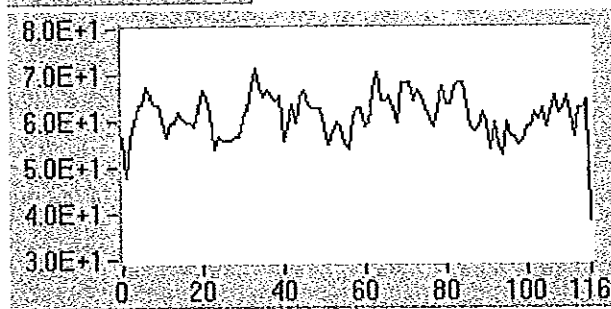


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

ภาพประกอบ 3-32 ตัวอย่างของการหาค่า F 25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชาย
ขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

F25% Man Leg 6kg

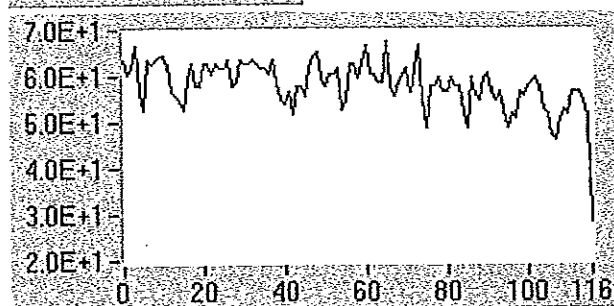


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

ภาพประกอบ 3-33 ตัวอย่างของการหาค่า F25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชาย
ขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม

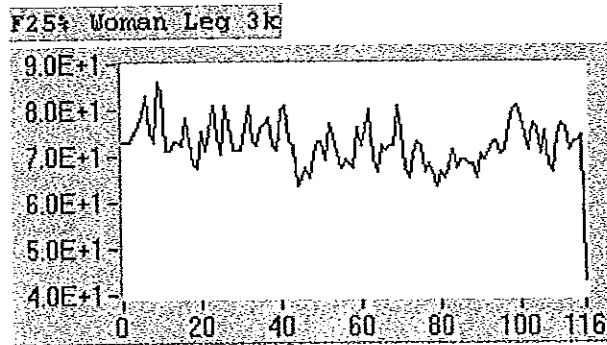
F25% Woman Hand 4kg



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

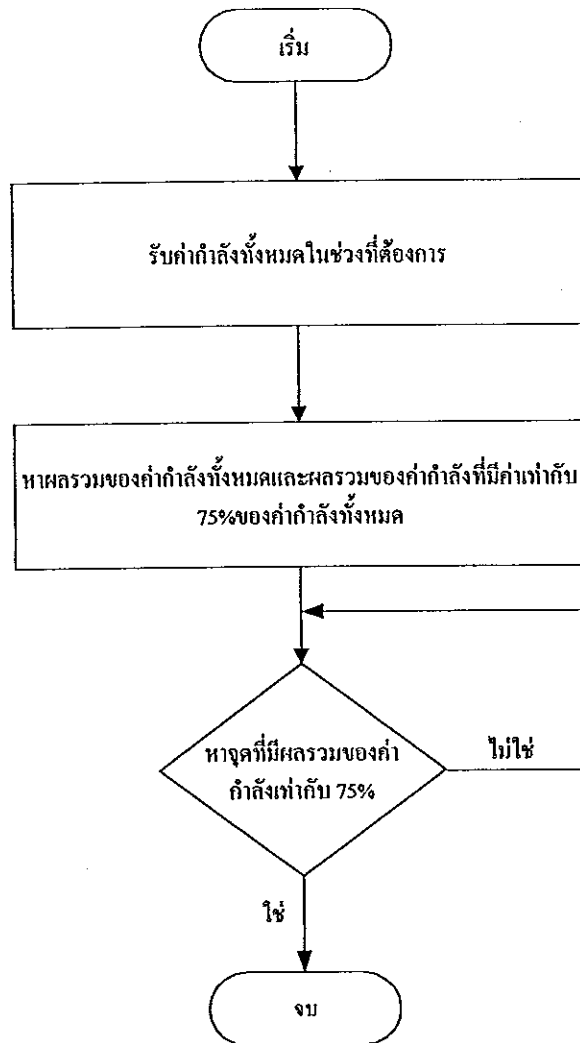
ภาพประกอบ 3-34 ตัวอย่างของการหาค่า F 25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่แขนของอาสาสมัคร
หญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม



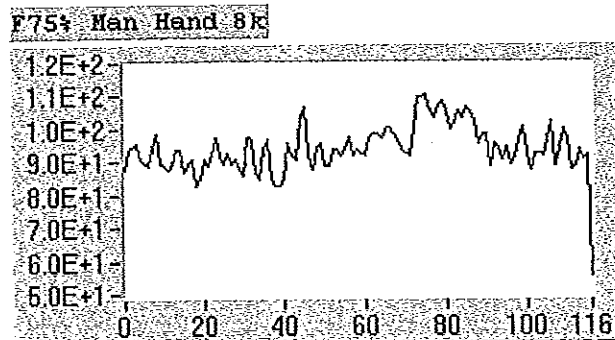
แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

ภาพประกอบ 3-35 ตัวอย่างของการหาค่า F25% ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิง ขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม



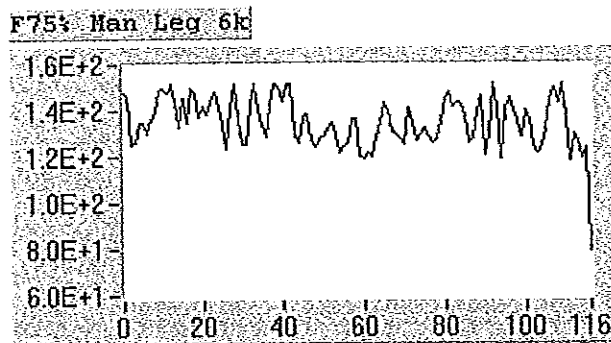
ภาพประกอบ 3-36 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่า F75%



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

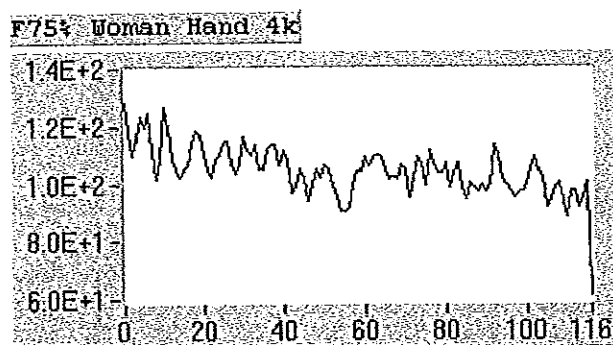
ภาพประกอบ 3-37 ตัวอย่างของการหาค่า F 75% ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชาย
ขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

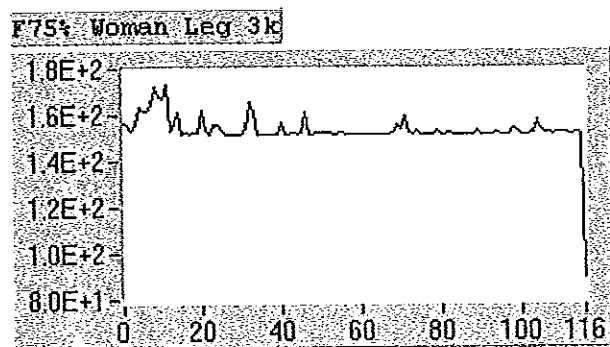
ภาพประกอบ 3-38 ตัวอย่างของการหาค่า F75% ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชาย
ขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

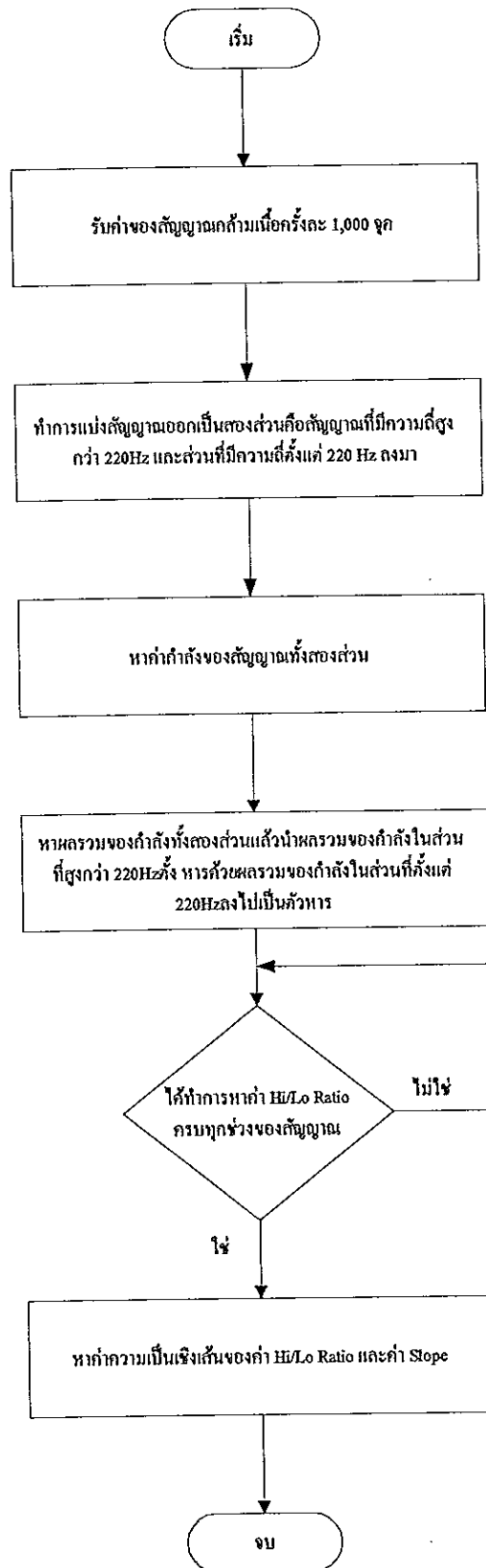
ภาพประกอบ 3-39 ตัวอย่างของการหาค่า F 75% ของสัญญาณกล้ามเนื้อเนื้อที่แขนของอาสาสมัคร
หญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม



แกน x แทนจำนวนจุด

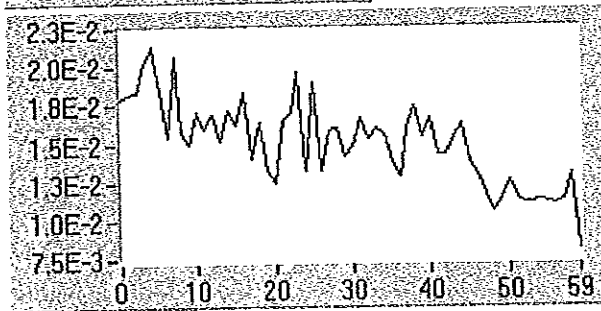
แกน y แทนค่าความถี่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

ภาพประกอบ 3-40 ตัวอย่างของการหาค่า F75% ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิง
ขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม



ภาพประกอบ 3-41 โพลซาร์การทำงานของโปรแกรมการหาค่า Hi/Lo Ratio

Hi/Lo Ratio Man Hand 8k

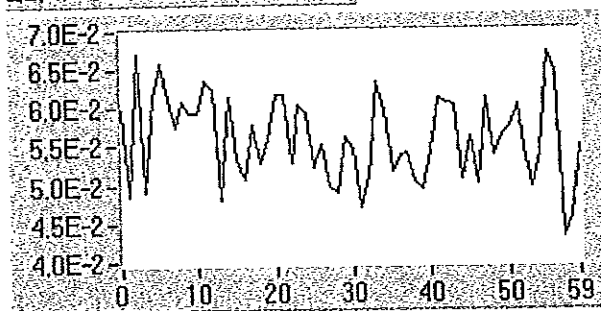


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าอัตราส่วนกำลังทางด้านความถี่สูงต่อกำลังความถี่ทางด้านต่ำ

ภาพประกอบ 3-42 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

Hi/Lo Ratio Man Leg 6k

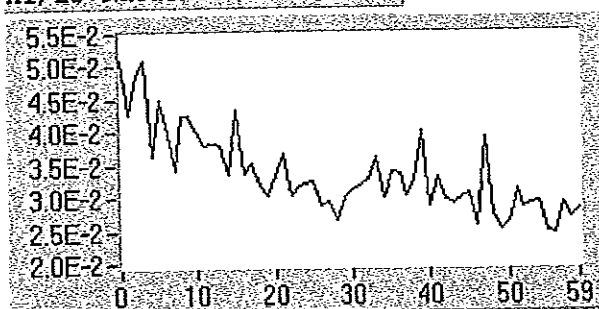


แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าอัตราส่วนกำลังทางด้านความถี่สูงต่อกำลังความถี่ทางด้านต่ำ

ภาพประกอบ 3-43 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม

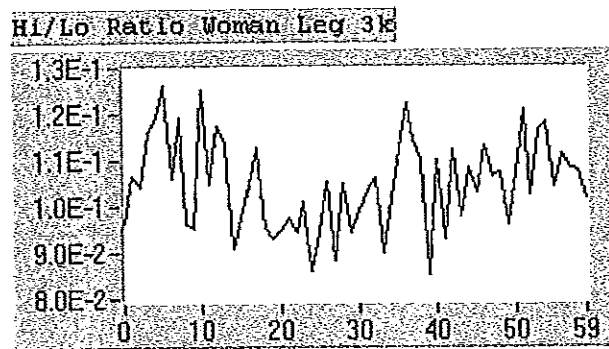
Hi/Lo Ratio Woman Hand 4k



แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าอัตราส่วนกำลังทางด้านความถี่สูงต่อกำลังความถี่ทางด้านต่ำ

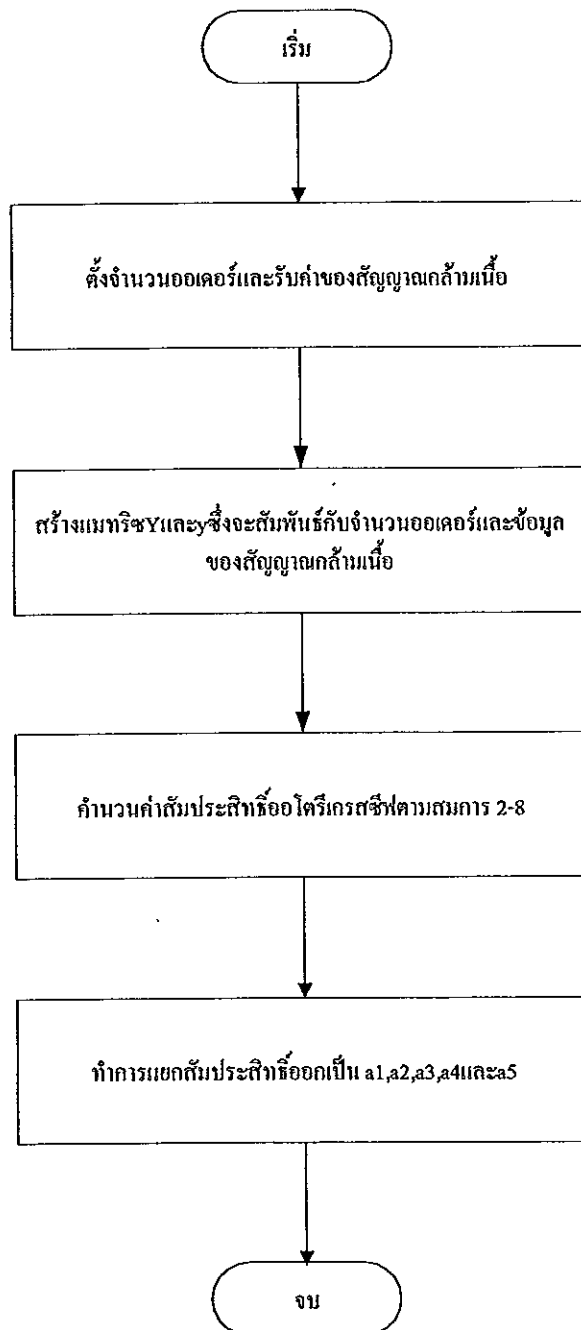
ภาพประกอบ 3-44 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม



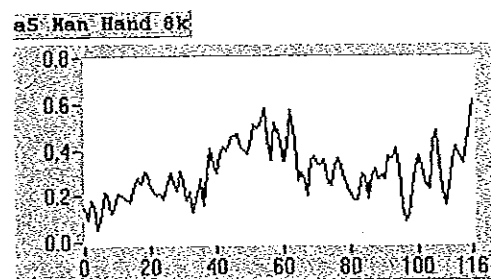
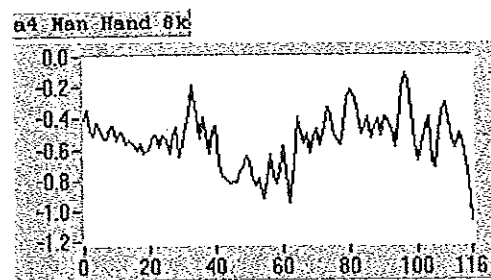
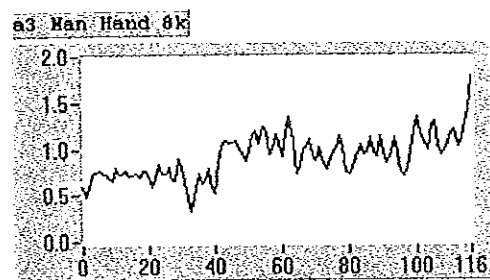
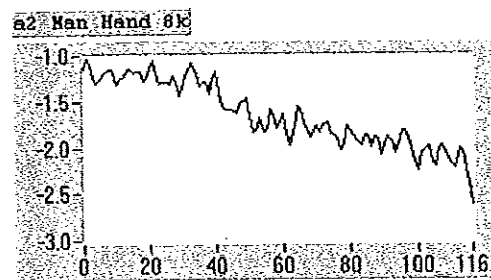
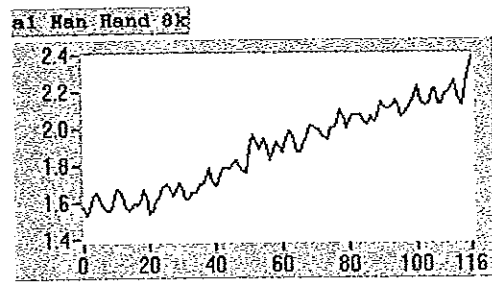
แกน x แทนจำนวนจุด

แกน y แทนค่าอัตราส่วนกำลังทางด้านความถี่สูงต่อกำลังทางด้านต่ำ

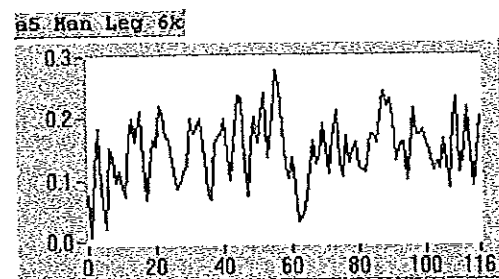
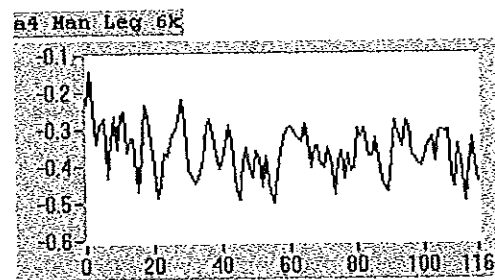
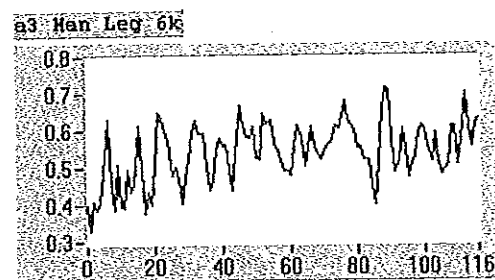
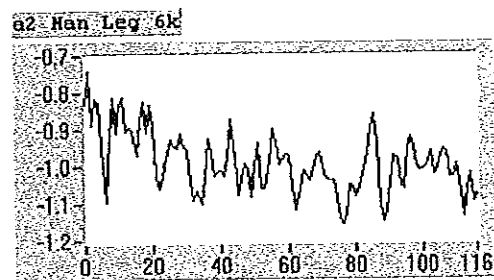
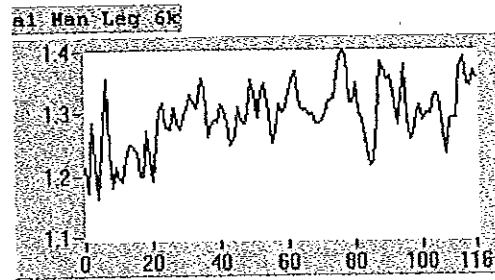
ภาพประกอบ 3-45 ตัวอย่างของการหาค่า Hi/Lo Ratio ของสัญญาณกล้ามเนื้อที่ขาของอาสาสมัคร
หญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม



ภาพประกอบ 3-46 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมการหาค่าสัมประสิทธิ์ของอโตรีเกรสซีฟ

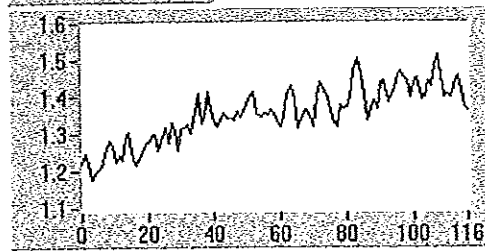


ภาพประกอบ 3-47 ตัวอย่างของการหาค่าสัมประสิทธิ์ออร์โธโกนัล a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณคลื่นเนื้อที่แขนของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

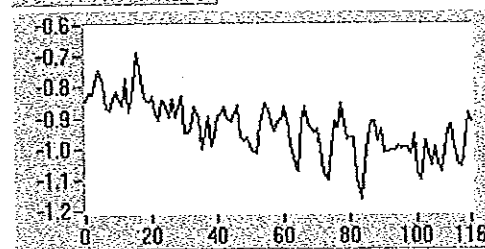


ภาพประกอบ 3-48 ตัวอย่างของการหาค่าออโตรีเกรสซีฟ a_1, a_2, a_3, a_4 และ a_5 ของสัญญาณกล้ามเนื้อ
เนื้อที่ขาของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม

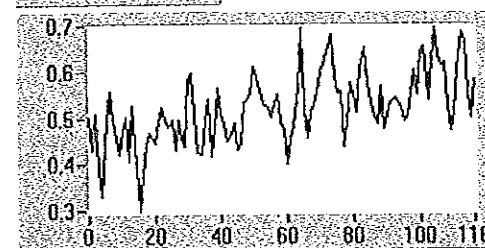
a1 Woman Hand 4k



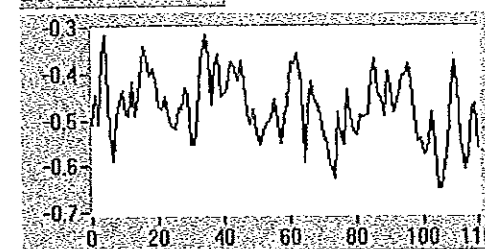
a2 Woman Hand 4k



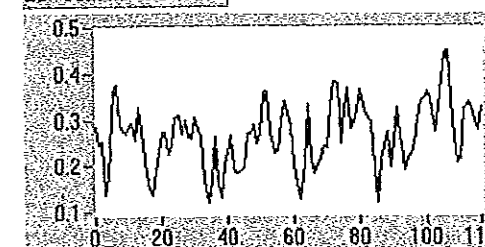
a3 Woman Hand 4k



a4 Woman Hand 4k

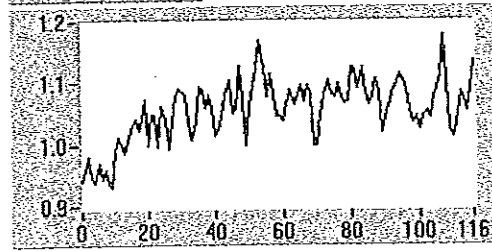


a5 Woman Hand 4k

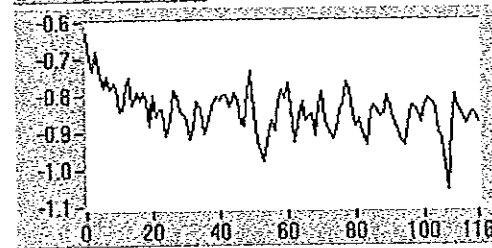


ภาพประกอบ 3-49 ตัวอย่างของการหาค่าออโตรีเกรสซีฟ a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณก้าม
 เนื้อที่แขนของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม

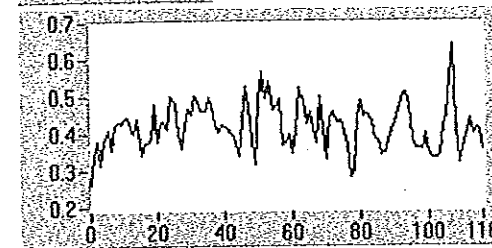
a1 Woman Leg 3k



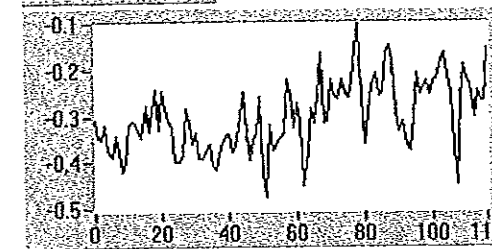
a2 Woman Leg 3k



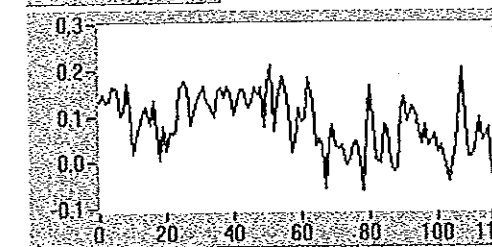
a3 Woman Leg 3k



a4 Woman Leg 3k

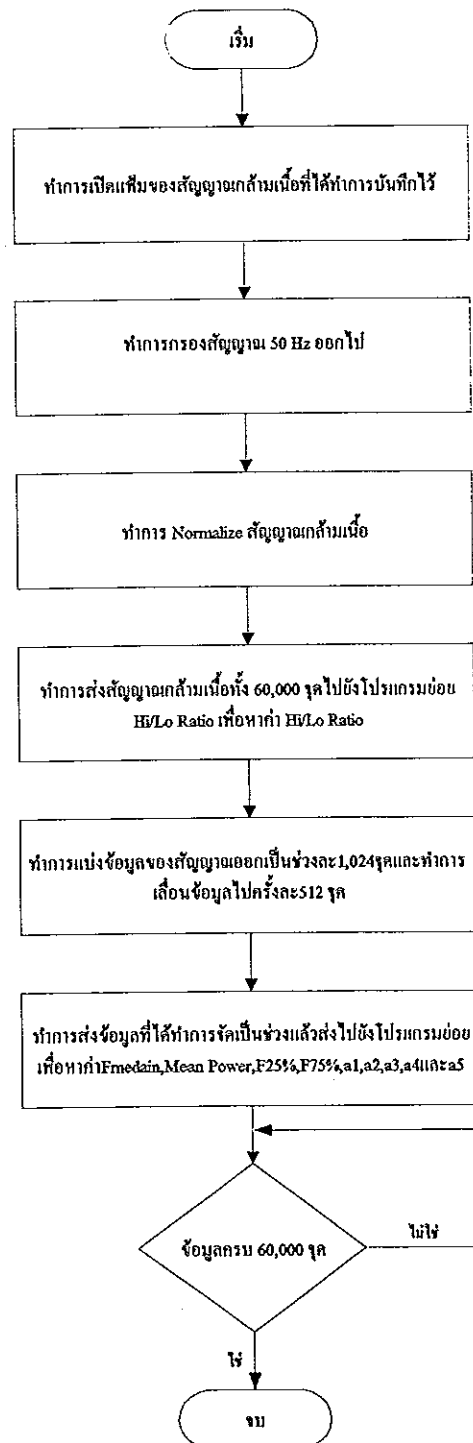


a5 Woman Leg 3k



ภาพประกอบ 3-50 ตัวอย่างของการหาค่าออกตรีเกรสซีฟ a1,a2,a3,a4 และ a5 ของสัญญาณกล้ามเนื้อ
 เนื้อที่ขาของอาสาสมัครหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม

จากโปรแกรมการวิเคราะห์สัญญาณที่ได้กล่าวมาทุกโปรแกรมได้ถูกเขียนอยู่ในลักษณะเป็นโปรแกรมย่อยซึ่งในการทำงานของโปรแกรมจะทำงานอยู่ในโปรแกรมรวมซึ่งจะเรียกว่าโปรแกรมรวมการวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อซึ่งจะมีโฟลชาร์ทแสดงการทำงานของโปรแกรมดังภาพประกอบที่ 3-51 ส่วนแผนภาพของโปรแกรมที่เขียนโดย Lab View แสดงในภาคผนวก ก



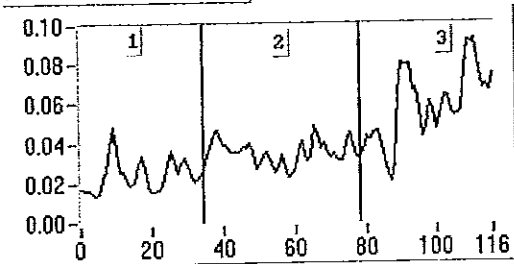
ภาพประกอบ 3-51 โฟลชาร์ทการทำงานของโปรแกรมรวมการวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อ

จากโปรแกรมย่อยในการหาค่า F25%, F Medain และ F75% จะเห็นว่าค่าที่ได้จะเป็นจุดที่มีค่าตามผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละวิธี ในการวิเคราะห์จะแบ่งสัญญาณเป็นช่วงๆที่มีจำนวนจุดเท่ากับ 124 จุดและจะมีการเลื่อนจุดออกไป 512 จุดในแต่ละรอบจนครบตามจำนวนจุดทั้งหมดที่ได้บันทึกสัญญาณซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะทำการบันทึกทั้งหมด 60,000 จุด เมื่อทำการวิเคราะห์จนได้จุดต่างๆมาแล้วก็จะนำจุดที่ได้มาทำการคูณกับค่าระยะห่างของความถี่ในแต่ละจุดซึ่งระยะห่างของความถี่นี้จะได้จากอัตราการสุ่มวัดสัญญาณในหนึ่งวินาทีคูณด้วยสองแล้วหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดในช่วง ซึ่งอัตราการสุ่มวัดสัญญาณคือ 1,000 ครั้งต่อวินาที และจำนวนจุดในช่วงคือ 1,024 จุดคั้งนั้นค่าระยะห่างของความถี่ในแต่ละจุดคือ 1.953 ซึ่งเมื่อนำค่าที่ได้ไปคูณกับจำนวนจุดที่ได้ทำการวิเคราะห์มาแล้วก็จะได้ค่า F25%, F Medain และ F 75% ตามต้องการ ส่วนการหาค่า Mean Power เป็นการหาค่าเฉลี่ยของกำลังสัญญาณ และการหาค่าสัมประสิทธิ์อโครีเกรตซีฟ ซึ่งไม่เกี่ยวกับการกับค่าความถี่จึงไม่ต้องนำค่าดังกล่าวมาทำการคูณแต่ก็เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นช่วงๆละ 1,024 และมีการเลื่อนของจุด ไปครั้งละ 512 จุดเช่นเดียวกัน โปรแกรมย่อยที่จะมีการแบ่งช่วงการวิเคราะห์แตกต่างจากโปรแกรมอื่นคือโปรแกรมการหาค่า Hi/Lo Ratio ซึ่งจะแบ่งช่วงออกเป็น 1,000 จุดและทำการเลื่อนจุดไป 1,000 จุดในแต่ละรอบ ซึ่งจะสังเกตได้จากแผนภาพโปรแกรมรวมการวิเคราะห์สัญญาณซึ่งโปรแกรมการหาค่า Hi/Lo Ratio จะไม่อยู่ในรูปเหมือนกับโปรแกรมย่อยอื่น ที่เป็นดังนี้เพราะในการหาค่า Hi/Lo Ratio ในช่วงที่มีจำนวนจุดเพียง 1,000 จุดก็สามารถวิเคราะห์ค่าได้คั้งทำให้สามารถเห็นอัตราส่วนกำลังของสัญญาณในส่วนที่สูงกว่า 220 Hz และทางค้านต่ำกว่า 220 Hz ได้ชัดเจนเพียงพอ

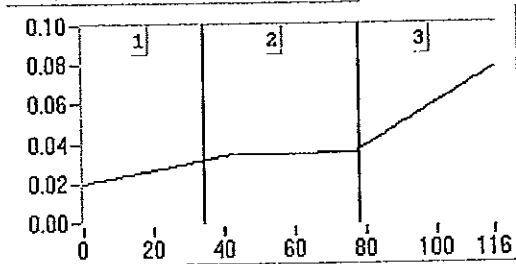
3.3.6 การจัดเตรียมข้อมูล

หลังจากวิเคราะห์สัญญาณ โดยวิธีการต่างๆแล้วต่อไปก็คือการจัดเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมกับการฝึกสอนและจำแนกข้อมูลโดยโครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะมีจำนวนมากทำให้ต้องใช้เวลาในการฝึกสอนมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการฝึกสอนและทดสอบได้โดยตรง คั้งนั้นจึงต้องมีการจัดข้อมูลให้เหมาะสมวิธีการที่ใช้ก็คือการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทำการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนและ 5 ส่วนในทุกๆวิธีแล้วจากนั้นจะใช้สมการประมาณค่าเชิงเส้น $y = ax + b$ และ สมการโพลิโนเมียลกำลังสอง $y = ax^2 + bx + c$ หาค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละส่วนจะทำให้ได้ค่า a, b และ a, b, c ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นตัวแทนคุณสมบัติในแต่ละส่วนของข้อมูลต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์และจะใช้ข้อมูลเหล่านี้แทนข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยตรงในการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งภาพแสดงตัวอย่างของการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วนและหาค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละส่วนแสดงเปรียบเทียบกับรูปข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยตรงแสดงคั้งภาพประกอบ 3-52, 3-53, 3-54 และ 3-55

Mean Power Hand 8k

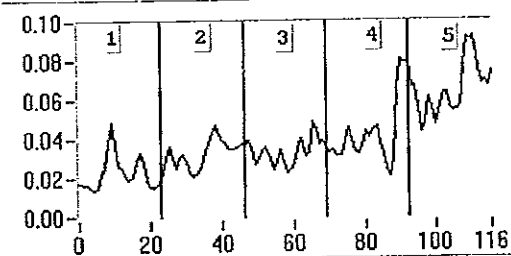


Mean Power Estimate 3 Part

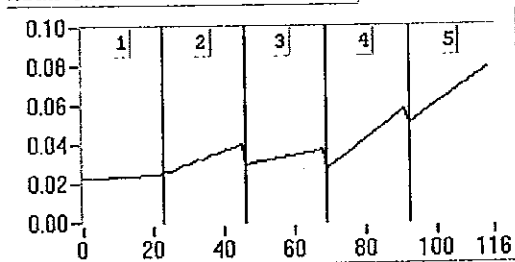


ส่วนที่	Slope	Intercept
1	3.3926E-4	1.9790E-2
2	3.3684E-5	3.3972E-2
3	1.0839E-3	3.6794E-2

Mean Power Hand 8k



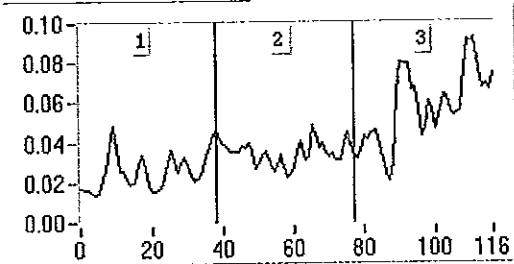
Mean Power Estimate 5 Part



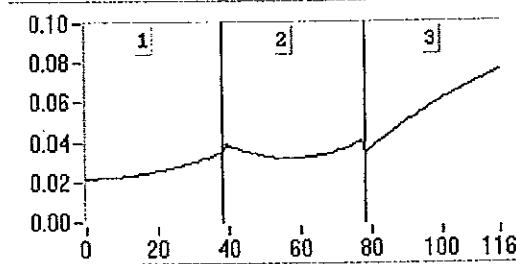
ส่วนที่	Slope	Intercept
1	9.8373E-5	2.2302E-2
2	6.6144E-4	2.5193E-2
3	3.4451E-4	2.9518E-2
4	1.3969E-3	2.7066E-2
5	1.2806E-3	5.0334E-2

ภาพประกอบ 3-52 ตัวอย่างการใช้การประมาณค่าเชิงเส้นหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน

Mean Power Hand 8k

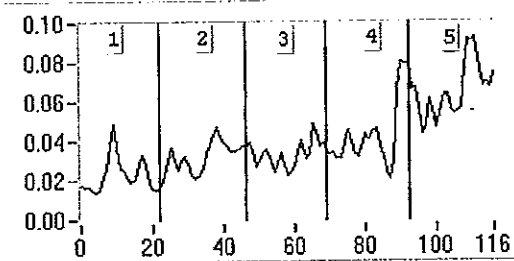


Mean Power Estimate 3 Part

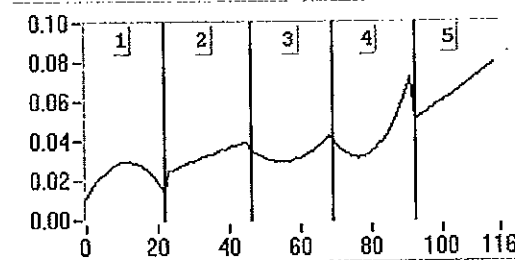


ส่วนที่	a	b	c
1	8.8273E-6	3.8224E-6	2.1858E-2
2	2.1276E-5	-7.7481E-4	3.8957E-2
3	-9.5731E-6	1.4477E-3	3.4550E-2

Mean Power Hand 8k.



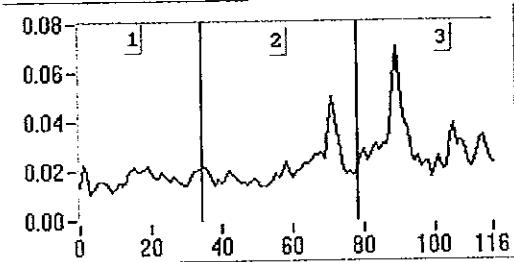
Mean Power Estimate 5 Part



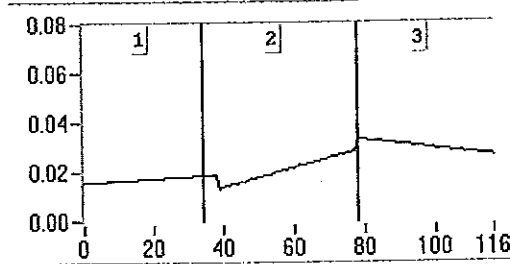
ส่วนที่	a	b	c
1	-1.3811E-4	3.1369E-3	1.1667E-2
2	-3.7674E-6	7.4432E-4	2.4903E-2
3	7.5504E-5	-1.3166E-3	3.5332E-2
4	1.8246E-4	-2.6171E-3	4.1115E-2
5	5.5206E-6	1.1591E-3	5.0759E-2

ภาพประกอบ 3-53 ตัวอย่างการใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสองหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน

Mean Power Hand 4k

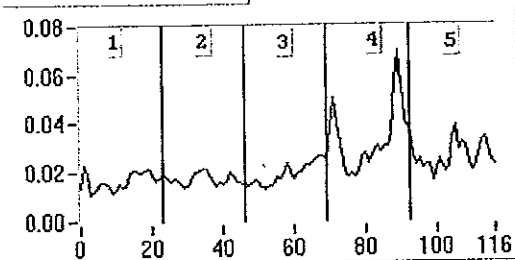


Mean Power Estimate 3 Part

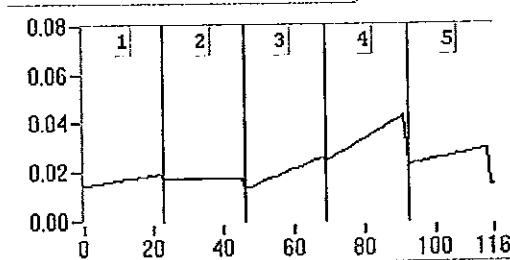


ส่วนที่	Slope	Intercept
1	8.2270E-5	1.5662E-2
2	3.9110E-4	1.3433E-2
3	-1.8128E-4	3.3288E-2

Mean Power Hand 4k



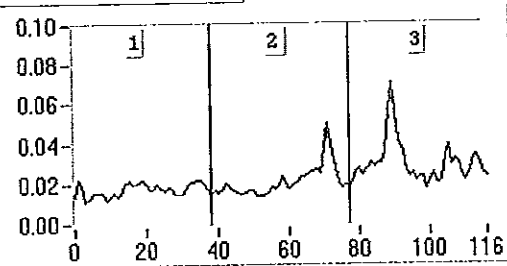
Mean Power Estimate 5 Part



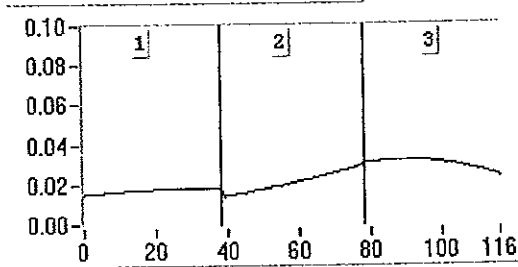
ส่วนที่	Slope	Intercept
1	2.1440E-4	1.4514E-2
2	-1.3721E-5	1.7627E-2
3	1.3079E-2	5.8411E-4
4	8.4661E-4	2.4260E-2
5	2.2769E-2	2.9159E-4

ภาพประกอบ 3-54 ตัวอย่างการใช้การประมาณค่าเชิงเส้นหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน

Mean Power Hand 8k

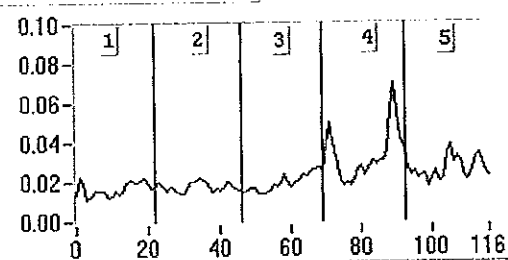


Mean Power Estimate 3 Part

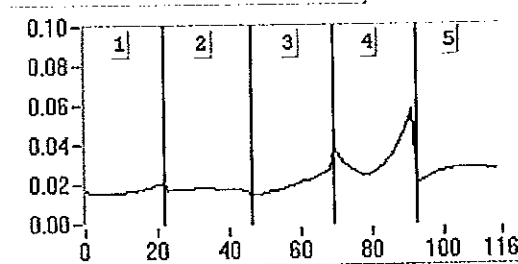


ส่วนที่	a	b	c
1	-3.2581E-6	2.0608E-4	1.4898E-2
2	2.6506E-6	2.9037E-4	1.4054E-2
3	-1.2275E-5	2.8519E-4	3.0411E-2

Mean Power Hand 8k.



Mean Power Estimate 5 Part



ส่วนที่	a	b	c
1	2.0753E-5	-2.4217E-4	1.6112E-2
2	-9.3777E-6	1.9259E-4	1.6904E-2
3	1.5958E-5	2.3303E-4	1.4308E-2
4	1.8498E-4	-3.2229E-3	3.8503E-2
5	-3.4413E-5	1.0487E-3	2.0119E-2

ภาพประกอบ 3-55 ตัวอย่างการใช้สมการโพลิโนเมียลกำลังสองหาค่าสัมประสิทธิ์ของข้อมูล Mean Power ของหญิงขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัมในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 และ 5 ส่วน

เมื่อได้ทำการจัดข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในทุกวิธีและทุกคนแล้วก็จะนำข้อมูลของทุกคน แบ่งเป็นสองกลุ่มคือข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม โดยแบ่งกลุ่มละ 25 คนทั้งชายและหญิง แล้วนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการฝึกสอนโครงข่ายที่มีการเรียนรู้แบบแพร่กลับสองแบบคือ การแพร่กลับแบบปรับเปลี่ยนอัตราการเรียนรู้ และ วิธี Levenberg-Marquardt และหลังจากการฝึกสอนแล้วจะทำการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลในกลุ่มทดสอบที่ได้ทำการแบ่งไว้แล้วซึ่งจะมีจำนวน 25 คนทั้งกลุ่มของผู้ชายและในกลุ่มของหญิงซึ่งจะมีผลที่ได้จะแสดงในบทต่อไป

บทที่ 4

ผลการจำแนกข้อมูลโดยโครงข่ายประสาทเทียม

ในบทนี้จะเป็นผลที่ได้จากการนำข้อมูลในกลุ่มที่ใช้สำหรับการทดสอบนำไปทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลที่ใช้สำหรับการฝึกสอน ซึ่งระดับของสมรรถภาพของอาสาสมัครที่ได้รับการทดสอบไปก่อนแล้วจะเป็นตัวแยกว่าอาสาสมัครคนนั้นๆจะอยู่ในกลุ่มที่หนึ่งหรือจะอยู่ในกลุ่มที่สองเมื่อได้นำข้อมูลที่ได้อีกเข้ามาแล้วในบทที่ 3 ไปป้อนให้กับโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนให้รู้ว่าข้อมูลลักษณะไหนเป็นข้อมูลของคนที่อยู่ในกลุ่มที่หนึ่งและข้อมูลในลักษณะไหนเป็นข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มที่สองแล้วผลที่ได้รับจากการจำแนกจากโครงข่ายประสาทเทียมจะนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพที่ได้ทำการทดสอบไปแล้วซึ่งจะเป็นตัวตัดสินว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีประสิทธิภาพในการจำแนกกลุ่มของอาสาสมัครได้ดีเพียงใดในลักษณะของข้อมูลต่างๆในแต่ละวิธีที่ได้วิเคราะห์มา

4.1 ลักษณะของโครงข่ายที่ใช้จำแนก

ลักษณะของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลเป็นโครงข่ายที่มีขนาด 3 ชั้นคือมีชั้นอินพุต ชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต โดยจำนวนของเซลล์ในชั้นอินพุตมีขนาดตามจำนวนของข้อมูลที่ได้อป้อนให้กับโครงข่ายขณะที่ทำการฝึกสอน ส่วนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนจะมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสมเพื่อให้ได้โครงข่ายที่มีความผิดพลาดน้อยตามค่าที่ได้ทำการกำหนดไว้โดยจะมีจำนวนเซลล์เริ่มจาก 4,6,8,10 และ 12 และชั้นเอาต์พุตจะมีจำนวน 2 เซลล์คงที่ทุกโครงข่ายในทุกข้อมูลที่ได้นำมาจัดการเพื่อทำการฝึกสอนให้กับโครงข่าย ซึ่งหลังจากได้โครงข่ายประสาทเทียมซึ่งผ่านการฝึกสอนโดยข้อมูลต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแต่ละวิธีซึ่งจะมีข้อมูลแตกต่างกันไปและจะทำให้ได้โครงข่ายที่มีขนาดและค่าคุณสมบัติต่างๆในโครงข่ายแตกต่างกันแล้วก็จะนำโครงข่ายดังกล่าวไปทำการทดสอบจำแนกข้อมูลซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลคนละกลุ่มกับข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนแต่เป็นข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์โดยวิธีการเดียวกันและได้ผ่านการจัดการข้อมูลเหมือนกัน

นำข้อมูลดังกล่าวไปผ่านโครงข่ายเพื่อให้โครงข่ายทำการจำแนกกลุ่มข้ออาสามัครตามความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อตามที่ได้ทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมไว้

4.2 การจัดข้อมูลสำหรับการฝึกสอนและทดสอบโครงข่าย

ในการฝึกสอนและในการทดสอบโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนไปแล้วนั้นรูปแบบในการจัดกลุ่มของข้อมูลจะจัดเรียงกันเป็นแถว โดยแต่ละแถวจะเป็นข้อมูลที่ได้ผ่านกระบวนการในบทที่ 3 ของอาสามัครแต่ละคนซึ่งจะมีทั้งหมด 25 แถวทั้งข้อมูลในกลุ่มฝึกสอนและกลุ่มที่ใช้ทดสอบ เพราะได้แบ่งให้กลุ่มฝึกสอนและกลุ่มทดสอบมีจำนวนกลุ่มละ 25 คน ส่วนจำนวนหลักในแต่ละแถวจะขึ้นกับวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ว่าเป็นการประมาณเชิงเส้นหรือการวิเคราะห์โดย สมการโพลิโนเมียลกำลังสองรวมถึงการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆช่วยว่าในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนหรือแบ่งออกเป็น 5 ส่วนซึ่งจะมีผลให้จำนวนหลักของข้อมูลมีจำนวนหลักมากหรือน้อยไม่เท่ากันในแต่ละวิธีในการจัดการข้อมูล แต่ในวิธีเดียวกันในแต่ละแถวจำนวนหลักของข้อมูลต้องเท่ากัน นอกจากนี้ข้อมูลแล้วในกลุ่มของข้อมูลฝึกสอนต้องมีข้อมูลของเป้าหมายด้วยซึ่งจะมีการจัดเป็นแถวเช่นเดียวกันซึ่งจะมีค่าเป็นคเวบกกกลุ่มของอาสามัครแต่ละคน [0 1] คือกลุ่มที่ 1 [1 0] คือกลุ่มที่ 2

ตาราง 4-1 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งกลุ่มอาสาสมัครตามค่าแรงบีบมือและจัดแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน โดยใช้วิธีการประมาณเชิงเส้นหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

	ข้อมูล						เป้าหมาย	
คนที่ 1	0.004	0.440	0.003	0.560	0.006	0.607	0	1
คนที่ 2	0.008	0.282	0.009	0.515	0.001	0.675	0	1
คนที่ 3	-0.001	0.305	0.007	0.228	-0.001	0.428	0	1
คนที่ 4	-0.005	0.544	0.001	0.419	0.001	0.383	0	1
คนที่ 5	0.007	0.336	-0.005	0.492	-0.004	0.421	0	1
คนที่ 6	0.008	0.246	-0.004	0.558	0.009	0.356	1	0
คนที่ 7	0.007	0.121	0.006	0.385	0.007	0.493	1	0
คนที่ 8	0.005	0.307	-0.001	0.480	0.004	0.540	1	0
คนที่ 9	0.000	0.568	0.000	0.380	-0.001	0.350	1	0
คนที่ 10	-0.001	0.456	0.000	0.326	0.001	0.252	1	0
คนที่ 11	0.003	0.329	0.003	0.379	-0.005	0.591	1	0
คนที่ 12	0.004	0.233	0.003	0.369	0.007	0.290	1	0
คนที่ 13	0.011	0.342	-0.004	0.628	-0.001	0.475	1	0
คนที่ 14	0.001	0.470	-0.003	0.578	0.008	0.431	1	0
คนที่ 15	0.001	0.141	0.006	0.331	-0.011	0.608	1	0
คนที่ 16	0.003	0.174	0.005	0.239	0.008	0.366	1	0
คนที่ 17	0.004	0.474	0.000	0.579	0.005	0.397	1	0
คนที่ 18	0.008	0.340	0.000	0.655	0.000	0.752	1	0
คนที่ 19	0.005	0.350	-0.001	0.515	-0.006	0.674	1	0
คนที่ 20	0.005	0.226	0.011	0.262	0.001	0.458	1	0
คนที่ 21	-0.003	0.495	0.011	0.316	0.002	0.600	1	0
คนที่ 22	0.002	0.510	0.004	0.505	0.008	0.554	1	0
คนที่ 23	-0.004	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	1	0
คนที่ 24	0.006	0.207	0.004	0.439	0.009	0.486	1	0
คนที่ 25	0.011	0.323	0.002	0.532	0.000	0.493	1	0

ตาราง 4-2 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งกลุ่มอาสาสมัครตามการค้นพื้นที่และจัดแบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน โดยใช้วิธีการประมาณเชิงเส้นหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

	ข้อมูล										เป้าหมาย	
คนที่ 1	0.007	0.398	-0.007	0.615	0.012	0.557	0.006	0.531	-0.002	0.772	0	1
คนที่ 2	-0.002	0.368	0.005	0.485	0.013	0.527	-0.007	0.811	-0.004	0.735	0	1
คนที่ 3	0.002	0.282	-0.002	0.252	0.005	0.323	-0.002	0.449	-0.007	0.477	0	1
คนที่ 4	0	0.508	-0.001	0.372	-0.003	0.505	-0.003	0.387	-0.011	0.6	0	1
คนที่ 5	0.015	0.242	-0.018	0.685	-0.013	0.597	0.005	0.27	-0.014	0.513	1	0
คนที่ 6	0.014	0.179	0.002	0.465	0.001	0.519	0.001	0.385	0.01	0.472	0	1
คนที่ 7	0.008	0.106	0.002	0.332	0.012	0.39	0.001	0.537	0.011	0.527	0	1
คนที่ 8	0.003	0.325	0.005	0.43	-0.006	0.478	0.002	0.505	-0.007	0.75	1	0
คนที่ 9	-0.002	0.572	-0.016	0.695	-0.004	0.407	-0.008	0.448	-0.006	0.416	0	1
คนที่ 10	0.008	0.354	-0.018	0.583	-0.007	0.411	-0.007	0.365	0.001	0.279	0	1
คนที่ 11	-0.001	0.367	0.001	0.429	0	0.392	0.002	0.555	-0.005	0.52	1	0
คนที่ 12	0.007	0.199	0	0.367	0.014	0.286	-0.006	0.432	0.011	0.358	1	0
คนที่ 13	0.011	0.333	0.003	0.646	0.003	0.504	0	0.466	-0.009	0.568	1	0
คนที่ 14	0	0.476	0.006	0.487	-0.007	0.56	0	0.509	0.013	0.502	0	1
คนที่ 15	-0.001	0.161	0	0.166	0.006	0.481	0.009	0.396	-0.015	0.481	0	1
คนที่ 16	0.004	0.164	0.001	0.25	0.008	0.242	-0.001	0.457	0.029	0.234	1	0
คนที่ 17	0.013	0.393	-0.004	0.591	0.009	0.556	-0.004	0.489	0.006	0.456	0	1
คนที่ 18	0.005	0.366	0.005	0.577	0.004	0.619	0.002	0.673	-0.007	0.815	1	0
คนที่ 19	0.005	0.349	0.004	0.461	-0.003	0.534	0.008	0.486	-0.005	0.567	0	1
คนที่ 20	0.015	0.135	0.003	0.308	0.002	0.384	-0.013	0.725	0.003	0.39	1	0
คนที่ 21	-0.007	0.54	-0.002	0.444	0.012	0.363	-0.003	0.685	0.004	0.62	1	0
คนที่ 22	0.002	0.505	-0.002	0.566	0.001	0.558	-0.004	0.685	0.017	0.556	1	0
คนที่ 23	-0.005	0.141	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
คนที่ 24	0.007	0.205	0.007	0.305	-0.001	0.545	0.001	0.563	0.016	0.527	1	0
คนที่ 25	0.006	0.37	0.002	0.638	-0.002	0.54	-0.006	0.637	0	0.501	1	0

ตาราง 4-3 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งกลุ่มอาสาสมัครตามการแรงบีบมือและจัดแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนโดยใช้สมการ โพลีโนเมียลกำลังสองหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

คนที่	ข้อมูล									เป้าหมาย	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
คนที่ 1	0.353	0.018	0	0.359	0.036	-0.001	0.579	0.011	0	0	1
คนที่ 2	0.386	-0.009	0	0.529	0.007	0	0.684	0	0	0	1
คนที่ 3	0.313	-0.002	0	0.132	0.023	0	0.396	0.004	0	0	1
คนที่ 4	0.537	-0.004	0	0.381	0.007	0	0.224	0.027	-0.001	0	1
คนที่ 5	0.171	0.034	-0.001	0.378	0.013	0	0.316	0.013	0	1	0
คนที่ 6	0.128	0.027	-0.001	0.462	0.012	0	0.382	0.005	0	0	1
คนที่ 7	0.1	0.01	0	0.338	0.014	0	0.629	-0.015	0.001	0	1
คนที่ 8	0.328	0.002	0	0.621	-0.023	0.001	0.422	0.023	-0.001	1	0
คนที่ 9	0.507	0.01	0	0.395	-0.002	0	0.301	0.007	0	0	1
คนที่ 10	0.307	0.023	-0.001	0.298	0.005	0	0.216	0.007	0	0	1
คนที่ 11	0.354	-0.001	0	0.466	-0.011	0	0.506	0.009	0	1	0
คนที่ 12	0.183	0.012	0	0.33	0.01	0	0.258	0.012	0	1	0
คนที่ 13	0.27	0.022	0	0.667	-0.01	0	0.405	0.011	0	1	0
คนที่ 14	0.459	0.003	0	0.681	-0.019	0	0.384	0.015	0	0	1
คนที่ 15	0.172	-0.004	0	0.036	0.054	-0.001	0.535	0.001	0	0	1
คนที่ 16	0.15	0.007	0	0.236	0.006	0	0.583	-0.027	0.001	1	0
คนที่ 17	0.406	0.015	0	0.397	0.03	-0.001	0.394	0.005	0	0	1
คนที่ 18	0.368	0.004	0	0.667	-0.002	0	0.792	-0.007	0	1	0
คนที่ 19	0.359	0.004	0	0.529	-0.003	0	0.742	-0.017	0	0	1
คนที่ 20	0.153	0.017	0	0.436	-0.017	0.001	0.622	-0.026	0.001	1	0
คนที่ 21	0.531	-0.008	0	0.395	-0.001	0	0.488	0.02	0	1	0
คนที่ 22	0.497	0.004	0	0.532	0	0	0.673	-0.012	0.001	1	0
คนที่ 23	0.117	-0.002	0	0	0	0	0	0	0	1	0
คนที่ 24	0.233	0.002	0	0.367	0.016	0	0.488	0.009	0	1	0
คนที่ 25	0.407	-0.002	0	0.714	-0.027	0.001	0.434	0.01	0	1	0

ตาราง 4-4 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งกลุ่มอาสาสมัครตามการค้นพื้นและจัดแบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน โดยใช้สมการ โพลีโนเมียลกำลังสอง หาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม

คนที่	ข้อมูล															เป้าหมาย	
	0.374	0.014	0	0.615	-0.007	0	0.374	0.064	-0.002	0.554	-0.001	0	0.818	-0.015	0.001	0	1
คนที่ 1	0.374	0.014	0	0.615	-0.007	0	0.374	0.064	-0.002	0.554	-0.001	0	0.818	-0.015	0.001	0	1
คนที่ 2	0.375	-0.004	0	0.383	0.034	-0.001	0.514	0.017	0	0.855	-0.02	0.001	0.817	-0.028	0.001	0	1
คนที่ 3	0.335	-0.013	0.001	0.161	0.025	-0.001	0.161	0.052	-0.002	0.473	-0.009	0	0.578	-0.035	0.001	0	1
คนที่ 4	0.566	-0.017	0.001	0.3	0.019	-0.001	0.544	-0.014	0.001	0.438	-0.017	0.001	0.655	-0.027	0.001	0	1
คนที่ 5	0.255	0.011	0	0.706	-0.024	0	0.699	-0.042	0.001	0.299	-0.003	0	0.661	-0.057	0.002	0	1
คนที่ 6	0.091	0.04	-0.001	0.476	-0.001	0	0.43	0.026	-0.001	0.35	0.011	0	0.556	-0.014	0.001	1	0
คนที่ 7	0.17	-0.011	0.001	0.353	-0.004	0	0.311	0.035	-0.001	0.434	0.03	-0.001	0.668	-0.029	0.002	1	0
คนที่ 8	0.324	0.003	0	0.406	0.012	0	0.488	-0.008	0	0.537	-0.007	0	0.788	-0.018	0	1	0
คนที่ 9	0.524	0.012	-0.001	0.593	0.013	-0.001	0.393	0	0	0.457	-0.011	0	0.385	0.003	0	1	0
คนที่ 10	0.447	-0.018	0.001	0.775	-0.072	0.002	0.419	-0.01	0	0.399	-0.017	0	0.24	0.012	-0.001	1	0
คนที่ 11	0.342	0.006	0	0.418	0.004	0	0.47	-0.023	0.001	0.659	-0.028	0.001	0.376	0.036	-0.002	1	0
คนที่ 12	0.283	-0.017	0.001	0.381	-0.004	0	0.311	0.007	0	0.428	-0.005	0	0.342	0.015	0	1	0
คนที่ 13	0.187	0.033	-0.002	0.644	0.003	0	0.816	-0.086	0.004	0.676	-0.06	0.003	0.742	-0.059	0.002	1	0
คนที่ 14	0.502	-0.007	0	0.602	-0.027	0.001	0.681	-0.041	0.002	0.548	-0.012	0.001	0.411	0.039	-0.001	1	0
คนที่ 15	0.151	0.002	0	0.143	0.007	0	0.428	0.021	-0.001	0.528	-0.029	0.002	0.521	-0.026	0.001	1	0
คนที่ 16	0.147	0.008	0	0.282	-0.008	0	0.235	0.01	0	0.344	0.031	-0.001	0.254	0.023	0	1	0
คนที่ 17	0.509	-0.02	0.002	0.535	0.012	-0.001	0.464	0.036	-0.001	0.519	-0.012	0	0.367	0.031	-0.001	1	0
คนที่ 18	0.431	-0.014	0.001	0.566	0.008	0	0.569	0.018	-0.001	0.547	0.038	-0.002	0.849	-0.016	0	1	0
คนที่ 19	0.373	-0.002	0	0.462	0.004	0	0.479	0.012	-0.001	0.349	0.048	-0.002	0.643	-0.026	0.001	1	0
คนที่ 20	0.201	-0.004	0.001	0.288	0.009	0	0.345	0.014	-0.001	0.64	0.011	-0.001	0.461	-0.017	0.001	1	0
คนที่ 21	0.469	0.013	-0.001	0.396	0.011	-0.001	0.429	-0.007	0.001	0.765	-0.026	0.001	0.516	0.034	-0.001	1	0
คนที่ 22	0.478	0.01	0	0.56	0	0	0.564	-0.001	0	0.604	0.019	-0.001	0.592	0.006	0	1	0
คนที่ 23	-0.022	0.042	-0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
คนที่ 24	0.209	0.006	0	0.212	0.033	-0.001	0.496	0.013	-0.001	0.65	-0.024	0.001	0.416	0.047	-0.001	1	0
คนที่ 25	0.493	-0.029	0.002	0.512	0.038	-0.002	0.624	-0.026	0.001	0.649	-0.01	0	0.368	0.038	-0.002	1	0

หลังจากได้ทำการจัดรูปแบบข้อมูลในการฝึกสอนแล้วจะนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการหาค่าน้ำหนักและค่าไบอัสของโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งจะมีวิธีแพร่กลับสองแบบคือ Backpropagation แบบที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ ซึ่งเป็นโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมของ Assoc.Prof. Yukio Kosugi ซึ่งเขียนด้วยภาษาซีบนระบบยูนิกซ์แต่ตัวโปรแกรมที่ใช้จริงเป็นโปรแกรมที่ได้ถูกพัฒนาโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนโดยภาษาซีสามารถทำงานโดยพีซี และแบบ Levenberg-Marquardt เป็นโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม Matlab (รายละเอียดในภาคผนวก ก) หลังจากใช้ข้อมูลการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมและสามารถหาค่าน้ำหนักและค่าไบอัสที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลลัพธ์ของเอาต์พุตของโครงข่ายมีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายมีความผิดพลาดต่ำกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้แล้วจะได้ค่าน้ำหนักที่พร้อมจะไปทำการจำแนกข้อมูลในกลุ่มที่ใช้ทดสอบตัวอย่างของค่าน้ำหนักและค่าไบอัสหลังจากได้ทำการฝึกสอนโดยมีการเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ซึ่งเป็นข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของอาสาสมัครชาย ขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมแสดงดังตาราง 4-5,4-6,4-7,4-8,4-9,4-10,4-11 และ4-12

ตาราง 4-5 จนถึงตาราง 4-8 เป็นค่าน้ำหนักและไบอัสของโครงข่ายที่มีชั้นอินพุตจำนวน 6 เซลล์ชั้นซ่อน 12 เซลล์และชั้นเอาต์พุตมีจำนวนเซลล์เท่ากับ 2 เซลล์ ส่วนตาราง 4-9 จนถึงตาราง 4-12 เป็นค่าน้ำหนักและไบอัสของโครงข่ายที่มีชั้นอินพุตจำนวน 10 เซลล์ชั้นซ่อน 12 เซลล์ส่วนชั้นเอาต์พุตจะมีเซลล์เท่ากับ 2 เซลล์ เท่ากันทุกโครงข่ายส่วนจำนวนเซลล์ในชั้นอินพุตจะมีมากน้อยตามจำนวนข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนซึ่งจะเริ่มจาก 6,9,10 และ 15 แล้วแต่การแบ่งส่วนของข้อมูลและวิธีที่ใช้ในการหาสัมประสิทธิ์ค่าที่ได้กล่าวไปแล้ว ส่วนจำนวนของเซลล์ในชั้นซ่อนจะแล้วแต่โครงข่ายจำนวนของเซลล์มากขึ้นกับว่าจะทำให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้และทำให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลเอาต์พุตที่ได้ระหว่างการฝึกสอนกับค่าเป้าหมายมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้ทำการตั้งไว้ซึ่งในโปรแกรมจะตั้งไว้ที่ 0.0001 เหมือนกันทุกโครงข่ายที่ทำการฝึกสอนจำนวนของเซลล์ในชั้นซ่อนจะเริ่มจาก 4 และจะเพิ่มครั้งละสองจนถึง 12 เซลล์ ถ้าหากว่าค่าความผิดพลาดยังไม่น้อยกว่าค่าที่ได้ตั้งไว้ก็จะถือว่าโครงข่ายนั้นๆ ไม่มีความสามารถเรียนรู้ข้อมูลทำให้ไม่สามารถนำโครงข่ายประสาทเทียมนั้นไปจำแนกข้อมูลในขั้นตอนต่อไป ส่วนการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt นั้นไม่ได้นำค่าตัวอย่างของค่าน้ำหนักมาแสดงเพราะค่าน้ำหนักและค่าไบอัสจะมีลักษณะคล้ายกันเนื่องจากลักษณะและเงื่อนไขต่างๆของโครงข่ายนั้นเหมือนกับการเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ ส่วนค่าตัวแปรที่ได้ตั้งไว้ในโปรแกรมที่เขียนโดยโปรแกรม Matlab จะตั้งค่า Minimum Gradient ไว้ที่ 1×10^{-7} ส่วนค่าความผิดพลาดตั้งไว้ที่ 0.0001 เช่นเดียวกับการเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้

หลังจากได้โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ทำการฝึกสอนให้มีความสามารถที่จะจดจำคุณลักษณะของข้อมูลที่เป็นตัวแบ่งกลุ่มของอาสาสมัครว่าคนไหนเป็นกลุ่มที่หนึ่งคนไหนเป็นกลุ่มที่สองแล้วจากนั้นจะนำข้อมูลในกลุ่มที่ใช้ในการทดสอบมาป้อนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำการจำแนกกลุ่มของอาสาสมัครซึ่งโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนโดยข้อมูลแบบไหนก็ต้องใช้ข้อมูลแบบนั้นเป็นตัวทดสอบ การจัดกลุ่มของข้อมูลที่ใช้ทดสอบจะมีลักษณะการจัดกลุ่มคล้ายกับการจัดกลุ่มของข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนเพียงแต่ว่าในครั้งนี้อาจไม่ต้องทำการจัดกลุ่มของเป้าหมายเหมือนกับข้อมูลการฝึกสอนจะแสดงดังตาราง 4-13,4-14,4-15และ 4-16 เป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่ากำลังเฉลี่ยของอาสาสมัครรายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมเป็นข้อมูลที่วิเคราะห์วิธีเดียวกับข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนแต่ได้มาจากอาสาสมัครรายกลุ่มที่ใช้ในการทดสอบ

ตาราง 4-5 ตัวอย่างของค่าน้ำหนักระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อนที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

whi -					
0.527061	1.906655	0.621573	1.973329	1.430938	13.81113
-0.31716	-3.28264	0.868949	-0.50974	-0.3982	-0.64794
-1.34209	-26.6006	10.45744	-11.8316	-3.1278	31.45128
-0.13798	-2.4738	-4.53909	-7.24355	0.925596	1.261608
-0.65105	-9.55646	3.47275	-11.1983	-0.76749	-2.83184
0.768019	3.971655	1.565528	-0.1901	1.915549	24.19499
-1.27396	-9.63668	12.1811	-30.1826	-1.25008	-2.89046
-0.15677	22.2152	54.27532	30.64874	-3.83971	-14.1784
-0.27558	-1.51843	0.575207	-1.46497	-0.51875	-1.46
-0.20426	6.31147	-14.2751	-23.1151	1.388819	28.87312
-0.76814	7.21159	4.386075	-15.6483	-4.78703	36.83977
-1.11065	-18.4994	8.248542	-22.2739	-1.00416	5.338403

ตาราง 4-6 ตัวอย่างของค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุตที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

woh											
-9.71581	0.759105	16.73911	-4.84152	5.681918	-18.1023	17.16361	22.6401	0.012781	-15.2555	27.13845	13.75977
9.695975	-0.56261	-16.7515	4.833146	-5.60205	18.09266	-17.1896	-22.6395	0.003779	15.2599	-27.1403	-13.7284

ตาราง 4-7 ตัวอย่างของค่าไบอัสของชั้นซ่อนที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

bh											
-2.25075	2.709415	10.23213	-3.4252	-1.328	-1.28211	-11.7496	8.653497	1.833759	8.975543	11.52705	-6.05189

ตาราง 4-8 ตัวอย่างของค่าไบอัสของชั้นเอาต์พุตที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

bo	
0.391444	-0.42331

ตาราง 4-9 ตัวอย่างของค่าน้ำหนักระหว่างชั้นอินพุตกับชั้นซ่อนที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

whi									
0.011299	7.880708	0.557186	-2.57656	-0.31024	-3.08471	-3.49825	19.04608	0.323601	-3.94363
0.32862	1.082253	0.229302	-0.02874	-0.33671	0.996671	-1.15197	4.849513	-0.14193	0.058332
-0.24057	-1.40808	0.044412	-0.56933	0.371349	0.658402	0.730904	-1.55125	-0.01182	-0.19987
-5.26508	-6.70959	1.524304	-8.10481	8.011573	9.59082	8.588515	36.88659	4.423566	-7.0045
-0.12322	-0.79989	0.066826	-0.61197	0.24981	0.430949	0.378495	-0.44198	0.031274	-0.35741
-0.07982	-0.94595	-0.0711	-0.55825	0.248547	0.49711	0.394995	-0.46587	0.007288	-0.21038
-0.55554	-6.06366	-0.02786	-0.57037	0.857875	6.498203	2.951985	-7.0903	-0.13966	1.14453
-0.20808	-1.64109	-0.11123	-0.66149	0.375802	0.539244	1.044195	-3.15826	-0.0024	-0.38229
-0.43255	-2.85066	-0.14726	-0.6017	0.698126	1.770007	1.791618	-5.50206	0.041126	0.30742
-0.13723	-1.60393	-0.06641	-0.53195	0.340734	0.514923	0.827754	-2.25658	0.081358	-0.17965
-0.2608	-2.34407	-0.05503	-0.5523	0.455174	1.045387	1.508009	-4.40079	-0.08828	0.050977
-0.25671	-6.10318	-0.43476	1.603231	0.63054	3.284226	2.902485	-13.8638	-0.34593	2.335367

ตาราง 4-10 ตัวอย่างของค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นเอาต์พุตที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

woh											
-11.4476	-1.91937	0.913941	21.79344	0.485174	0.444893	5.696841	1.652004	3.154923	1.216846	2.376545	8.033374
11.47881	1.848371	-0.9186	-21.795	-0.36061	-0.52713	-5.63958	-1.67804	-3.2299	-1.13131	-2.53853	-7.99275

ตาราง 4-11 ตัวอย่างของค่าไบอัสของชั้นซ่อนที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

bh											
3.25241	0.419296	0.856199	10.61375	0.936366	1.018612	-0.29666	0.485501	-0.58244	0.734655	-0.05527	-2.21682

ตาราง 4-12 ตัวอย่างของค่าไบอัสของชั้นเอาต์พุตที่ได้รับการฝึกสอนจากข้อมูลของค่ากำลังเฉลี่ยของสัญญาณของอาสาสมัครชายขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม

bo	
-0.16474	0.129568

ตาราง 4-13 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้วิธีการประมาณเชิงเส้นหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

	ข้อมูล					
คนที่ 1	-0.002	0.685	-0.009	0.783	0.002	0.52
คนที่ 2	-0.001	0.662	0.004	0.57	0.001	0.817
คนที่ 3	-0.007	0.824	-0.002	0.535	-0.001	0.645
คนที่ 4	0.001	0.348	0.003	0.412	0.005	0.501
คนที่ 5	0.001	0.283	0.002	0.316	-0.001	0.43
คนที่ 6	0.009	0.38	-0.008	0.747	-0.002	0.503
คนที่ 7	0.004	0.135	0.003	0.254	0.009	0.494
คนที่ 8	0.004	0.493	-0.007	0.68	0	0.662
คนที่ 9	0.006	0.376	0.004	0.547	-0.009	0.82
คนที่ 10	0.008	0.123	0	0.399	0.008	0.325
คนที่ 11	0.001	0.187	0.01	0.368	0.009	0.518
คนที่ 12	0.006	0.242	0.006	0.372	0.001	0.566
คนที่ 13	0.003	0.543	0.005	0.683	-0.002	0.791
คนที่ 14	-0.003	0.467	0.004	0.254	0.003	0.295
คนที่ 15	0.001	0.481	-0.01	0.728	0.002	0.47
คนที่ 16	-0.001	0.483	0.002	0.311	0.007	0.448
คนที่ 17	-0.004	0.309	0.01	0.177	0.007	0.409
คนที่ 18	0.004	0.321	0.001	0.341	0	0.465
คนที่ 19	-0.003	0.536	-0.003	0.677	0.008	0.455
คนที่ 20	0.006	0.207	0.003	0.322	0.006	0.317
คนที่ 21	-0.001	0.401	0.004	0.453	-0.002	0.586
คนที่ 22	-0.01	0.646	-0.002	0.494	0.002	0.501
คนที่ 23	0.001	0.604	-0.005	0.568	-0.003	0.353
คนที่ 24	0.001	0.232	0.004	0.284	0.007	0.403
คนที่ 25	0.006	0.32	0	0.573	0.007	0.561

ตาราง 4-14 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชาย โดยแบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้วิธีการประมาณเชิงเส้นหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

	ข้อมูล									
คนที่ 1	-0.015	0.799	0	0.695	-0.023	0.877	0.002	0.523	-0.001	0.537
คนที่ 2	-0.004	0.679	-0.01	0.736	0.007	0.588	0.017	0.595	0.007	0.766
คนที่ 3	-0.003	0.788	0.002	0.588	0.003	0.398	0.005	0.507	-0.011	0.774
คนที่ 4	-0.003	0.378	-0.002	0.42	0.008	0.414	0.008	0.421	-0.002	0.611
คนที่ 5	0.001	0.268	-0.003	0.371	0.002	0.31	0.004	0.353	-0.007	0.498
คนที่ 6	0.02	0.28	0.011	0.536	0.005	0.571	0.008	0.363	0.002	0.416
คนที่ 7	0.007	0.108	0	0.262	0.003	0.275	0.017	0.306	0.008	0.621
คนที่ 8	-0.006	0.59	0.006	0.582	-0.008	0.627	0.02	0.384	0.004	0.615
คนที่ 9	0.003	0.396	-0.004	0.626	0.006	0.558	0.006	0.681	-0.001	0.576
คนที่ 10	0.003	0.174	0.002	0.353	-0.002	0.464	0.001	0.369	0.009	0.399
คนที่ 11	-0.002	0.215	0.01	0.167	0.016	0.389	0.006	0.56	0.008	0.618
คนที่ 12	0.019	0.116	-0.007	0.468	0.008	0.41	0.004	0.526	0.011	0.445
คนที่ 13	0.003	0.539	-0.001	0.641	-0.007	0.861	-0.006	0.868	-0.001	0.774
คนที่ 14	0	0.434	-0.01	0.449	0	0.305	-0.003	0.4	0.006	0.288
คนที่ 15	-0.006	0.543	0.015	0.457	-0.004	0.547	0.004	0.456	0.013	0.334
คนที่ 16	-0.005	0.522	-0.004	0.445	-0.002	0.355	0.004	0.372	0.004	0.641
คนที่ 17	-0.007	0.343	0.003	0.187	0.01	0.209	-0.006	0.555	0.004	0.544
คนที่ 18	0.008	0.29	-0.004	0.423	0.004	0.358	0.01	0.312	0.004	0.42
คนที่ 19	-0.006	0.574	0.015	0.36	-0.01	0.714	-0.011	0.696	0.016	0.452
คนที่ 20	0.016	0.11	-0.003	0.394	-0.002	0.373	0	0.422	0.003	0.38
คนที่ 21	-0.012	0.501	0.008	0.354	0.002	0.483	-0.011	0.69	-0.007	0.651
คนที่ 22	-0.02	0.737	0.005	0.361	-0.011	0.548	0.002	0.483	0.005	0.498
คนที่ 23	-0.001	0.612	-0.007	0.693	-0.004	0.528	-0.006	0.429	0.006	0.198
คนที่ 24	0.002	0.22	0.003	0.242	0.005	0.291	0.004	0.385	0.013	0.459
คนที่ 25	0.008	0.298	0.006	0.457	0.007	0.515	0.004	0.513	0.003	0.711

ตาราง 4-15 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้สมการ โพลีโนเมียลกำลังสองหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

	ข้อมูล								
คนที่ 1	0.797	-0.02	0	0.759	-0.005	0	0.6	-0.011	0
คนที่ 2	0.622	0.005	0	0.507	0.014	0	0.799	0.004	0
คนที่ 3	0.774	0.001	0	0.693	-0.028	0.001	0.556	0.013	0
คนที่ 4	0.362	-0.001	0	0.335	0.016	0	0.537	-0.001	0
คนที่ 5	0.235	0.009	0	0.353	-0.004	0	0.334	0.014	0
คนที่ 6	0.279	0.025	0	0.66	0.006	0	0.544	-0.009	0
คนที่ 7	0.096	0.011	0	0.272	0.001	0	0.485	0.01	0
คนที่ 8	0.605	-0.014	0	0.745	-0.018	0	0.662	0	0
คนที่ 9	0.359	0.009	0	0.502	0.011	0	0.898	-0.021	0
คนที่ 10	0.186	-0.002	0	0.295	0.017	0	0.457	-0.013	0.001
คนที่ 11	0.221	-0.004	0	0.316	0.018	0	0.473	0.016	0
คนที่ 12	0.074	0.033	-0.001	0.348	0.009	0	0.678	-0.018	0
คนที่ 13	0.528	0.005	0	0.688	0.004	0	0.77	0.002	0
คนที่ 14	0.466	-0.003	0	0.283	-0.001	0	0.309	0.001	0
คนที่ 15	0.549	-0.01	0	0.821	-0.025	0	0.602	-0.02	0.001
คนที่ 16	0.56	-0.014	0	0.354	-0.005	0	0.296	0.031	-0.001
คนที่ 17	0.382	-0.015	0	0.276	-0.007	0	0.454	0	0
คนที่ 18	0.322	0.003	0	0.228	0.02	0	0.431	0.006	0
คนที่ 19	0.589	-0.011	0	0.741	-0.013	0	0.646	-0.023	0.001
คนที่ 20	0.098	0.024	0	0.275	0.01	0	0.329	0.004	0
คนที่ 21	0.513	-0.019	0	0.561	-0.013	0	0.569	0.001	0
คนที่ 22	0.758	-0.028	0	0.583	-0.016	0	0.521	-0.001	0
คนที่ 23	0.553	0.009	0	0.543	-0.001	0	0.431	-0.016	0
คนที่ 24	0.22	0.003	0	0.304	0	0	0.413	0.005	0
คนที่ 25	0.292	0.01	0	0.517	0.009	0	0.489	0.018	0

ตาราง 4-16 ตัวอย่างการจัดข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายของอาสาสมัครชายโดยแบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสองหาสัมประสิทธิ์เพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโครงข่ายประสาทเทียม

	ข้อมูล														
คนที่ 1	0.882	-0.039	0.001	0.761	-0.019	0.001	0.862	-0.019	0	0.541	-0.003	0	0.586	-0.015	0.001
คนที่ 2	0.605	0.017	-0.001	0.75	-0.014	0	0.546	0.02	-0.001	0.614	0.011	0	0.76	0.008	0
คนที่ 3	0.727	0.014	-0.001	0.596	0	0	0.387	0.007	0	0.443	0.023	-0.001	0.796	-0.017	0
คนที่ 4	0.377	-0.002	0	0.424	-0.003	0	0.316	0.036	-0.001	0.436	0.003	0	0.672	-0.02	0.001
คนที่ 5	0.294	-0.006	0	0.466	-0.03	0.001	0.312	0.002	0	0.366	0	0	0.574	-0.029	0.001
คนที่ 6	0.316	0.01	0	0.627	-0.015	0.001	0.627	-0.011	0.001	0.303	0.025	-0.001	0.525	-0.029	0.001
คนที่ 7	0.082	0.015	0	0.26	0.001	0	0.238	0.014	0	0.324	0.012	0	0.702	-0.015	0.001
คนที่ 8	0.542	0.008	-0.001	0.429	0.05	-0.002	0.696	-0.028	0.001	0.424	0.008	0.001	0.742	-0.032	0.002
คนที่ 9	0.373	0.01	0	0.633	-0.006	0	0.578	0	0	0.598	0.03	-0.001	0.539	0.01	0
คนที่ 10	0.168	0.005	0	0.245	0.032	-0.001	0.307	0.043	-0.002	0.338	0.01	0	0.498	-0.02	0.001
คนที่ 11	0.239	-0.009	0	0.21	-0.002	0.001	0.44	0.001	0.001	0.752	-0.049	0.002	0.577	0.02	-0.001
คนที่ 12	0.182	0	0.001	0.537	-0.027	0.001	0.462	-0.007	0.001	0.373	0.047	-0.002	0.445	0.011	0
คนที่ 13	0.557	-0.002	0	0.68	-0.012	0.001	0.962	-0.036	0.001	0.838	0.003	0	0.785	-0.004	0
คนที่ 14	0.659	-0.064	0.003	0.418	-0.001	0	0.372	-0.019	0.001	0.514	-0.035	0.001	0.359	-0.014	0.001
คนที่ 15	0.556	-0.01	0	0.589	-0.023	0.002	0.578	-0.013	0	0.465	0.001	0	0.365	0.005	0
คนที่ 16	0.571	-0.019	0.001	0.329	0.029	-0.001	0.286	0.018	-0.001	0.325	0.018	-0.001	0.505	0.043	-0.002
คนที่ 17	0.453	-0.038	0.001	0.193	0.002	0	0.263	-0.006	0.001	0.521	0.003	0	0.511	0.013	0
คนที่ 18	0.318	0	0	0.316	0.026	-0.001	0.127	0.07	-0.003	0.212	0.038	-0.001	0.249	0.053	-0.002
คนที่ 19	0.543	0.003	0	0.438	-0.007	0.001	0.763	-0.024	0.001	0.608	0.014	-0.001	0.4	0.031	-0.001
คนที่ 20	0.202	-0.011	0.001	0.521	-0.04	0.002	0.424	-0.016	0.001	0.68	-0.074	0.003	0.399	-0.002	0
คนที่ 21	0.531	-0.021	0	0.412	-0.009	0.001	0.676	-0.053	0.003	0.56	0.026	-0.002	0.5	0.036	-0.002
คนที่ 22	0.798	-0.038	0.001	0.497	-0.034	0.002	0.669	-0.045	0.002	0.467	0.007	0	0.535	-0.006	0
คนที่ 23	0.51	0.028	-0.001	0.651	0.005	-0.001	0.588	-0.021	0.001	0.394	0.005	0	0.209	0.002	0
คนที่ 24	0.245	-0.005	0	0.284	-0.009	0.001	0.28	0.008	0	0.285	0.032	-0.001	0.418	0.024	-0.001
คนที่ 25	0.341	-0.005	0.001	0.519	-0.012	0.001	0.463	0.022	-0.001	0.513	0.005	0	0.603	0.034	-0.001

4.3 ผลที่ได้จากการจำแนกโดยโครงข่ายประสาทเทียม

หลังจากที่ได้ใช้ข้อมูลในกลุ่มที่ใช้ทดสอบทำการป้อนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมแล้วผลที่ได้ก็ออกมาจากโครงข่ายประสาทเทียมจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบสมรรถภาพทางกายที่ได้ทำการทดสอบไว้ก่อนซึ่งก็คือ การวัดแรงบีบมือ, การดันพื้น, แรงเหยียดขา, และการนั่งกระโดดซึ่งเกณฑ์การแบ่งกลุ่มจะเป็นไปดังตาราง 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 และ 2-5 เมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วจะทำให้ทราบว่าความสามารถของโครงข่ายว่าจะสามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้องมากน้อยแค่ไหนทำให้ทราบว่าข้อมูลต่างๆที่ได้นำมาทำการฝึกสอนและทดสอบนั้นจะสามารถใช้เป็นข้อมูลที่จะนำไปวัดความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อได้หรือไม่ การหาค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องแสดงดังสมการ 4-1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนจำแนกที่ถูกต้อง} * 100}{\text{จำนวนอาสาสมัครทั้งหมดในกลุ่มทดสอบ}} \quad (4-1)$$

ในการฝึกสอนและทดสอบโครงข่ายในตอนแรกจะนำข้อมูลของสัญญาณที่แขนขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัมและ 8 กิโลกรัมในชาย ส่วนหญิงใช้น้ำหนัก 3 และ 4 กิโลกรัมจะแยกข้อมูลในการฝึกสอนและทดสอบคือหนึ่งน้ำหนักต่อหนึ่งโครงข่ายซึ่งจากผลที่ได้ค่าความผิดพลาดระหว่างทำการฝึกสอนมีมากจนทำให้ไม่สามารถใช้โครงข่ายนั้นๆทำการจำแนกข้อมูลได้ซึ่งต่อมาจะใช้ข้อมูลของสัญญาณของทั้งสองน้ำหนักมาต่อกันและทำการฝึกสอนในโครงข่ายเดียวกันจะทำให้ได้โครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดต่ำกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้ตั้งค่าไว้เพิ่มขึ้นทำให้มีโครงข่ายที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลได้มากขึ้น ค่าความถูกต้องของการใช้น้ำหนักหนึ่งค่าต่อหนึ่งโครงข่ายจะแสดงดังตาราง 4-17 และ 4-18 เป็นตารางแสดงผลความถูกต้องของการจำแนกโดยโครงข่ายมีการเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้มีเป้าหมายตามแรงบีบมืออย่างเฉียวเพราะจากผลที่ผ่านมากล่าวความสัมพันธ์ของข้อมูลกับเป้าหมายตามแรงบีบมือจะสูงกว่าในการดันพื้นส่วนตารางที่ 4-19, 4-20, 4-21 และตาราง 4-22 เป็นตารางแสดงผลความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลของแขนที่นำข้อมูลของสองน้ำหนักมาต่อกันและข้อมูลของขาที่จะมีการเปรียบเทียบระหว่างเป้าหมายที่ต่างกัน และการเรียนรู้ที่ต่างกันจากตาราง 4-17 ซึ่งเป็นตารางผลที่ได้ของอาสาสมัครชายค่าความถูกต้องที่สูงที่สุดคือ 92 % โดยข้อมูลของสัญญาณกล้ามเนื้อขณะที่ทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัมและเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟซึ่งเป็นสัมประสิทธิ์ควadrat 3 การจัดข้อมูลโดยแบ่งข้อ

มวลเป็นสามส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้นในการปรับข้อมูลก่อนนำไปฝึกสอนและทดสอบ ส่วนตาราง 4-18 เป็นตารางผลที่ได้ของอาสาสมัครหญิงค่าความถูกต้องที่สูงสุดเท่ากันสองโครงข่าย คือ 84 % โดยข้อมูลของสัญญาณกล้ำเนื้อขณะที่ทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัมเป็นโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนโดยค่า F75% การจัดข้อมูลโดยแบ่งข้อมูลเป็นสามส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น ในการปรับข้อมูลและโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนโดยค่า Hi/Lo Ratio การจัดข้อมูลโดยแบ่งข้อมูล เป็นสามส่วนและใช้สมการโพลีโนเมียลกำลังสองในการปรับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ ตารางที่ 4-17 และ 4-18 เป็นตารางที่แบ่งกลุ่มข้อมูลโดยมีเป้าหมายตามแรงบีบมือเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ส่วนตารางที่ 4-19 จนถึงตารางที่ 4-22 จะเป็นตารางที่จะนำข้อมูลของการยกน้ำหนักของทั้งสองน้ำหนักคือชายจะนำข้อมูลของ 6 กับ 8 กิโลกรัมมาต่อกันส่วนหญิงจะนำข้อมูลของ 3 กับ 4 กิโลกรัมมาต่อกันซึ่งช่วยให้การจำแนกในภาพรวมดีขึ้น ค่าความถูกต้องสูงสุดของอาสาสมัครชายมีค่า 92 % ดัง ตาราง 4-20 (b) เมื่อแบ่งกลุ่มตามเป้าหมายแรงบีบมือส่วนการแบ่งกลุ่มตามการดันพื้นมีค่าสูงสุดเพียง 68 % ดังตาราง 4-20 (b) แบ่งกลุ่มโดยใช้แรงเหยียดขาซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัมของชายเพียงน้ำหนักเดียวมีค่าความถูกต้องสูงสุด 72 % ดังตาราง 4-19 (b) และการแบ่งกลุ่มโดยการนั่งกระโดดมีค่าความถูกต้องสูงสุดคือ 64 % ดังตาราง 4-19 (a) และ 4-20 (b) ส่วนใน หญิงการแบ่งกลุ่มเป้าหมายตามแรงบีบมือมีค่าความถูกต้องสูงสุดคือ 88 % ดังตาราง 4-22 (b) ส่วน การแบ่งกลุ่มตามการดันพื้นมีค่าสูงสุดเพียง 72 % ดัง ตาราง 4-21 (a) และ 4-22 (a) แบ่งกลุ่มโดยใช้ แรงเหยียดขาซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัมของชายเพียงน้ำหนักเดียวมีค่าความ ถูกต้องสูงสุด 80% ดังตาราง 4-21 (a) และการแบ่งกลุ่มตามการนั่งกระโดดมีค่าสูงสุด 68 % ดังตาราง 4-22 (a)

ตารางที่ 4-17 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายโดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครชาย

ผลการจำแนกซึ่งข้อมูล ได้มาจากสัญญาณของกล้ามเนื้อแขนขณะทำการยกน้ำหนัก 6 กิโลกรัม				
ข้อมูลจากวิธีการวิเคราะห์	เป็นหมวดตามแรงบีบมือ (ใช้การประมวลค่าเชิงเส้น)		เป็นหมวดตามแรงบีบมือ (ใช้สมการ โพลี โนเมียล)	
	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน
F25%	*	76%	*	76%
F Medain	*	*	*	76%
F75%	*	*	*	64%
Mean Power	*	*	68%	*
Hi/Lo Ratio	76%	72%	*	68%
a1	*	44%	*	64%
a2	60%	72%	*	72%
a3	*	56%	64%	56%
a4	76%	68%	72%	68%
a5	*	64%	68%	72%

(a)

ผลการจำแนกซึ่งข้อมูล ได้มาจากสัญญาณของกล้ามเนื้อแขนขณะทำการยกน้ำหนัก 8 กิโลกรัม				
ข้อมูลจากวิธีการวิเคราะห์	เป็นหมวดตามแรงบีบมือ (ใช้การประมวลค่าเชิงเส้น)		เป็นหมวดตามแรงบีบมือ (ใช้สมการ โพลี โนเมียล)	
	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน
F25%	*	48%	*	68%
F Medain	*	68%	*	*
F75%	68%	68%	76%	84%
Mean Power	56%	64%	*	76%
Hi/Lo Ratio	84%	*	*	88%
a1	*	*	*	*
a2	*	72%	*	88%
a3	92%	*	80%	76%
a4	68%	*	80%	76%
a5	64%	44%	72%	76%

(b)

เครื่องหมาย * คือ โครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำแนกข้อมูลได้

ตารางที่ 4-18 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายโดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบ
เป็นข้อมูลของอาสาสมัครหญิง

ผลการจำแนกซึ่งข้อมูลได้มาจากสัญญาณของกล้ามเนื้อแขนขณะทำการยกน้ำหนัก 3 กิโลกรัม				
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	เป้าหมายตามแรงบีบมือ (ใช้การประมาณค่าเชิงเส้น)		เป้าหมายตามแรงบีบมือ (ใช้สมการโพลิโนเมียล)	
	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน
F25%	*	64%	80%	72%
F Median	68%	72%	*	*
F75%	84%	*	*	48%
Mean Power	56%	*	*	*
Hi/Lo Ratio	64%	80%	84%	76%
a1	68%	*	*	*
a2	*	68%	44%	72%
a3	44%	*	56%	*
a4	48%	80%	60%	*
a5	*	*	*	76%

(a)

ผลการจำแนกซึ่งข้อมูลได้มาจากสัญญาณของกล้ามเนื้อแขนขณะทำการยกน้ำหนัก 4 กิโลกรัม				
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	เป้าหมายตามแรงบีบมือ (ใช้การประมาณค่าเชิงเส้น)		เป้าหมายตามแรงบีบมือ (ใช้สมการโพลิโนเมียล)	
	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วน	แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วน
F25%	*	72%	*	68%
F Median	*	*	52%	48%
F75%	*	56%	68%	68%
Mean Power	52%	72%	*	68%
Hi/Lo Ratio	*	68%	*	52%
a1	*	*	64%	*
a2	56%	80%	*	60%
a3	*	*	68%	*
a4	80%	72%	68%	68%
a5	72%	60%	64%	64%

(b)

เครื่องหมาย * คือ โครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำแนกข้อมูลได้

ตารางที่ 4-19 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่รับการฝึกสอนโดยการแพร่กลับแบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้โดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครชาย

ผลการจำแนกซึ่งแบ่งตามเป้าหมายและข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น			
	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	56%	*	*	*	68%	40%	*	*
F Medain	76%	44%	*	*	76%	56%	*	*
F75%	72%	48%	*	*	84%	64%	*	*
Mean Power	60%	44%	40%	56%	80%	36%	60%	64%
Hi/Lo Ratio	84%	40%	44%	60%	76%	64%	48%	64%
a1	*	52%	*	*	60%	52%	48%	28%
a2	64%	44%	48%	*	84%	36%	60%	52%
a3	84%	28%	28%	52%	60%	36%	44%	40%
a4	*	44%	52%	44%	*	60%	52%	60%
a5	60%	56%	44%	48%	64%	60%	44%	60%

(a)

ผลการจำแนกซึ่งแบ่งตามเป้าหมายและข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้สมการโพลีโนเมียล				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้สมการโพลีโนเมียล			
	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	*	36%	*	*	72%	56%	72%	*
F Medain	*	60%	*	*	84%	40%	*	36%
F75%	68%	56%	*	*	80%	40%	60%	56%
Mean Power	68%	40%	48%	56%	88%	36%	56%	32%
Hi/Lo Ratio	84%	*	44%	44%	84%	40%	48%	60%
a1	68%	44%	60%	*	48%	48%	48%	44%
a2	72%	44%	52%	60%	72%	48%	32%	56%
a3	68%	44%	64%	60%	72%	16%	48%	48%
a4	60%	64%	48%	52%	72%	48%	40%	52%
a5	76%	56%	40%	56%	60%	52%	52%	28%

(b)

เครื่องหมาย * คือ โครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำแนกข้อมูลได้

ตารางที่ 4-20 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่รับการฝึกสอนโดยวิธี Levenberg-Marquard โดย
ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครชาย

ผลการจำแนกซึ่งแบ่งตามเป้าหมายและข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น			
	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	*	*	48%	*	68%	*	56%	*
F Medain	72%	56%	52%	52%	76%	32%	*	*
F75%	80%	48%	52%	*	76%	*	*	*
Mean Power	76%	*	48%	44%	72%	52%	60%	*
Hi/Lo Ratio	92%	48%	64%	*	76%	*	*	52%
a1	*	32%	*	*	*	36%	44%	32%
a2	76%	52%	52%	48%	60%	*	*	56%
a3	64%	48%	32%	*	*	*	36%	56%
a4	*	*	*	*	60%	*	60%	52%
a5	60%	40%	48%	*	64%	56%	52%	56%

(a)

ผลการจำแนกซึ่งแบ่งตามเป้าหมายและข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้สมการโพลิโนเมียล				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้สมการโพลิโนเมียล			
	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	*	*	64%	44%	72%	36%	60%	*
F Medain	*	52%	*	*	80%	52%	40%	40%
F75%	64%	52%	68%	*	72%	*	*	*
Mean Power	76%	*	64%	40%	92%	*	64%	48%
Hi/Lo Ratio	84%	*	56%	*	88%	68%	*	60%
a1	72%	*	60%	*	*	40%	*	*
a2	64%	44%	56%	*	72%	36%	36%	60%
a3	60%	60%	56%	*	60%	*	52%	48%
a4	68%	44%	52%	64%	60%	32%	*	40%
a5	56%	64%	*	*	48%	48%	*	*

(b)

เครื่องหมาย * คือโครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำแนกข้อมูลได้

ตารางที่ 4-21 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอน โดยการแพร่กลับแบบมีการเปลี่ยนแปลง
อัตราการเรียนรู้โดยข้อมูลที่ใช้ฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครหญิง

ผลการจำแนกซึ่งแบ่งตามเป้าหมายและข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น			
	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	52%	52%	60%	52%	72%	72%	68%	44%
F Medain	76%	52%	*	*	*	64%	64%	44%
F75%	72%	56%	52%	44%	*	72%	44%	36%
Mean Power	*	60%	60%	64%	68%	*	48%	48%
Hi/Lo Ratio	64%	60%	64%	40%	*	56%	40%	52%
a1	80%	44%	*	*	76%	52%	*	52%
a2	*	48%	32%	32%	80%	48%	56%	60%
a3	*	*	*	40%	*	60%	*	48%
a4	60%	44%	80%	36%	64%	48%	56%	28%
a5	*	*	*	*	76%	56%	60%	48%

(a)

ผลการจำแนกซึ่งแบ่งตามเป้าหมายและข้อมูลจากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้สมการโพลิโนเมียล				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้สมการโพลิโนเมียล			
	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การค้ำพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	72%	48%	64%	*	76%	64%	52%	40%
F Medain	80%	60%	52%	16%	76%	64%	48%	48%
F75%	80%	52%	56%	36%	56%	60%	52%	48%
Mean Power	72%	48%	68%	44%	56%	*	52%	36%
Hi/Lo Ratio	60%	52%	56%	40%	*	56%	56%	44%
a1	64%	44%	*	56%	64%	48%	*	60%
a2	68%	*	52%	32%	80%	44%	56%	64%
a3	*	52%	*	44%	76%	52%	*	44%
a4	*	44%	36%	52%	76%	64%	68%	40%
a5	*	52%	56%	*	72%	48%	56%	*

(b)

เครื่องหมาย * คือโครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำแนกข้อมูลได้

ตารางที่ 4-22 ผลที่ได้จากการทดสอบโครงข่ายที่ได้รับการฝึกสอนโดยวิธี Levenberg-Marquard
โดยข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนและทดสอบเป็นข้อมูลของอาสาสมัครหญิง

ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้การประมาณค่าเชิงเส้น			
	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	48%	*	60%	56%	56%	64%	60%	*
F Medain	72%	*	*	36%	*	*	64%	40%
F75%	84%	60%	48%	*	*	*	52%	40%
Mean Power	*	64%	52%	*	76%	68%	56%	36%
Hi/Lo Ratio	68%	*	48%	44%	52%	72%	60%	48%
a1	60%	44%	32%	68%	*	*	*	64%
a2	72%	48%	56%	*	*	*	*	*
a3	*	60%	56%	44%	64%	48%	64%	*
a4	76%	44%	56%	28%	72%	36%	*	32%
a5	*	40%	*	*	60%	44%	60%	*

(a)

ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	แบ่งข้อมูลเป็น 3 ส่วนและใช้สมการโพลิโนเมียล				แบ่งข้อมูลเป็น 5 ส่วนและใช้สมการโพลิโนเมียล			
	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด	แรงบีบมือ	การดันพื้น	แรงเหยียดขา	นั่งกระโดด
F25%	52%	56%	*	56%	68%	64%	*	40%
F Medain	*	44%	64%	48%	72%	64%	*	*
F75%	84%	60%	*	36%	*	48%	*	*
Mean Power	76%	52%	48%	*	64%	68%	48%	*
Hi/Lo Ratio	56%	68%	48%	*	64%	52%	*	*
a1	*	60%	*	40%	88%	56%	*	52%
a2	*	44%	44%	24%	*	52%	*	56%
a3	*	56%	52%	*	80%	*	68%	*
a4	72%	28%	48%	*	68%	*	68%	48%
a5	68%	44%	64%	52%	68%	60%	52%	52%

(b)

เครื่องหมาย * คือโครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำนวนข้อมูลได้

บทที่ 5

วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ต้องการจำแนกความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อโดยโครงข่ายประสาทเทียม โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อและวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยวิธีการต่างๆที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณกล้ามเนื้อ จากนั้นปรับแต่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อให้เหมาะสมในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม โดยเป้าหมายที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มของอาสาสมัครนั้นได้มาจากการทดสอบสมรรถภาพของกล้ามเนื้อโดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดสมรรถภาพของกล้ามเนื้อและกิจกรรมที่สอดคล้องที่ใช้ทดสอบกล้ามเนื้อในกลุ่มกล้ามเนื้อที่ต้องการทดสอบซึ่งผลของการวัดและการแบ่งกลุ่มจะมีรายละเอียดในภาคผนวก ข หลังจากได้ทำการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม โดยข้อมูลและเป้าหมายช่วยกลุ่มข้อมูลที่ได้แบ่งมาจากกลุ่มที่ทำการวัดทั้งหมดครั้งหนึ่งซึ่งเรียกกลุ่มข้อมูลนี้ว่ากลุ่มข้อมูลการฝึกสอน จากนั้นก็จะใช้ข้อมูลอีกกลุ่มหนึ่งที่ไม่ได้นำไปฝึกสอนซึ่งเรียกว่าข้อมูลการทดสอบ ไปป้อนให้กับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำการจำแนกกลุ่มของข้อมูลที่ได้อ้อนเข้าไปให้โครงข่าย ผลที่ได้รับจะนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวัด โดยเครื่องมือและกิจกรรมดังที่กล่าวไปแล้วผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4-17 จนถึง 4-22

5.1 ความแข็งแรงของแขน

จากผลที่ได้ดังตาราง 4-17 และ 4-18 เป็นผลที่ได้จากการจำแนกข้อมูลของแขนเปรียบเทียบกับเทียบกับแรงบีบมือซึ่งค่าที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงแต่มีโครงข่ายที่ได้มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ได้ตั้งไว้มีหลายโครงข่ายซึ่งไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลของทั้งสองน้ำหนักคือ 6 และ 8 กิโลกรัมของชาย ส่วนหญิงคือ 3 และ 4 กิโลกรัมมาต่อกันแล้วทำการฝึกสอนโครงข่ายทำให้ได้โครงข่ายที่สามารถนำไปจำแนกข้อมูลได้เพิ่มขึ้นแสดงดังตารางที่ 4-19 จนถึงตารางที่ 4-22 จากผลที่ได้ดังตารางทำให้สามารถสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยแบ่งเป้าหมายตามแรงบีบมือเมื่อไปทำการฝึกสอนโครงข่ายจะสามารถจำแนกแบ่งกลุ่มของอาสาสมัครได้มีเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยค่าความถูกต้องสูงสุดมากกว่าแปลลิบเปอร์เซ็นต์ทั้งชาย

และหญิง ซึ่งแรงบีบมือนี้แสดงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทำให้สามารถสร้างโครงข่ายที่มีความสามารถจำแนกกลุ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ในระดับหนึ่ง แต่เพื่อหาวิธีการวิเคราะห์และรูปแบบการจัดข้อมูลที่ให้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุดทั้งชายและหญิงจึงได้นำเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของชายและหญิงในวิธีเดียวกันมารวมกันแล้วหารด้วยสองค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 5-1 ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุดคือ 82 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของออคโตริเกรสซีฟตัวที่ 2 (a2) จัดข้อมูลแบ่งเป็น 5 ส่วนใช้การประมาณค่าเชิงเส้นในการหาค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละช่วง การฝึกสอนโครงข่ายนั้นใช้วิธีการเรียนรู้แบบแพร่กลับแบบมีการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการเรียนรู้ ส่วนการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquard มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องสูงสุด 82 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการวิเคราะห์ความถี่จุดที่มีค่าผลรวมของค่ากำลังเท่ากับ 75 เปอร์เซ็นต์ (F75%) จัดข้อมูลแบ่งเป็น 3 ส่วนใช้การประมาณค่าเชิงเส้นในการหาค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละช่วง

5.2 ความทนทานของแขน

จากผลที่ได้จากการจำแนกข้อมูลของโครงข่ายเมื่อเปรียบเทียบกับผลการค้นพินในชายและหญิงค่าค้นพินในหญิงมีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องได้ต่ำกว่าการเปรียบเทียบกับข้อมูลแรงบีบมือที่เป็นเช่นนี้ก็อาจเป็นไปได้ว่าข้อมูลในกลุ่มฝึกสอนโครงข่ายนั้นอาจจะมีอาสาสมัครที่ยังไม่อ่อนล้าจริงปะปนอยู่จึงไม่สามารถทำการฝึกสอนโครงข่ายให้ได้รับการเรียนรู้ได้อย่างถูกต้อง จึงไม่สามารถทำการจำแนกข้อมูลได้อย่างถูกต้องเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องจึงต่ำเพื่อจะพิสูจน์สมมติฐานดังกล่าวจึงได้คัดเลือกอาสาสมัครที่มีแนวโน้มว่ามีความอ่อนล้าจริงออกมาวิเคราะห์อีกครั้ง ภาพประกอบที่ 5-1 และ 5-2 เป็นภาพแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลของเวลาที่ความถี่มีเดียนลดลง 20 เปอร์เซ็นต์จากจุดที่มีความถี่สูงสุด ซึ่งการวิเคราะห์ค่าความถี่มีเดียนเป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความอ่อนล้าของกล้ามเนื้อที่ใช้โดยทั่วไป การลดลงของความถี่มีเดียนก็จะแสดงถึงค่าความอ่อนล้าที่เพิ่มขึ้นหากว่าความถี่มีเดียนมีการลดลงอย่างช้าๆหรือไม่ลดลงก็แสดงว่ากล้ามเนื้อมีความอ่อนล้าน้อย หากความถี่มีเดียนมีการลดลงอย่างรวดเร็วก็แสดงว่ากล้ามเนื้อเกิดการอ่อนล้าอย่างรวดเร็ว จากภาพประกอบทั้งสองแสดงให้เห็นว่าเวลาที่ความถี่มีเดียนลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ ของอาสาสมัครทั้งชายและหญิงถึงแม้ว่าจะอยู่ในกลุ่มที่สองซึ่งเป็นกลุ่มที่มีจำนวนการค้นพินและการถูกเข้าค้นพินมีจำนวนครั้งน้อยกว่าแสดงถึงความทนทานของกล้ามเนื้อน้อยกว่าซึ่งน่าจะมีเวลาที่ความถี่มีเดียนลดลงได้เร็วกว่าในกลุ่มที่ 1 แต่จากการเปรียบเทียบในภาพประกอบทั้งสองแสดงให้เห็นว่า

เวลาที่ความถี่มีเดียลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมีค่าอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันทั้งอาสาสมัครชายและหญิงจากผลที่ได้นี้แสดงว่าถึงแม้จะนำข้อมูลเฉพาะกลุ่มที่มีแนวโน้มว่ามีความอ่อนด้อยจริงก็ไม่สามารถจำแนกความทนทานของแขนได้ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นไปได้ว่ากิจกรรมที่กระทำขณะทำการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแขนยังไม่เหมาะสมกับการได้มาซึ่งข้อมูลของความทนทานของกล้ามเนื้อแขน ดังนั้นควรมีกิจกรรมที่เหมาะสมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อแขนในการได้มาซึ่งข้อมูลของความทนทานของกล้ามเนื้อเช่นอาจจะใช้วิธียกน้ำหนักขึ้นลงระหว่างทำการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเป็นต้น

5.3 ความแข็งแรงและความทนทานของขา

ในกล้ามเนื้อของขา ค่าของแรงเหยียดขา ก็จะแสดงถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการนั่งกระโดดแสดงถึงความทนทานของกล้ามเนื้อขา ซึ่งค่าความถูกต้องจะต่ำกว่าที่แขนอาจเกิดจากคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่ขาที่วัดได้ ไม่ดีนักเนื่องจากบริเวณที่ทำการวัดมีผิวหนังและชั้นไขมันที่หนาทำให้เกิดความต้านทานสูงค่าคลื่นไฟฟ้าถูกลดทอนที่ชั้นไขมันและผิวหนังทำให้คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขาที่วัดได้มีขนาดลดลงทำให้การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าได้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะใช้จำแนกข้อมูลได้อย่างถูกต้องทั้งการเปรียบเทียบข้อมูลกับแรงเหยียดขาและการนั่งกระโดด

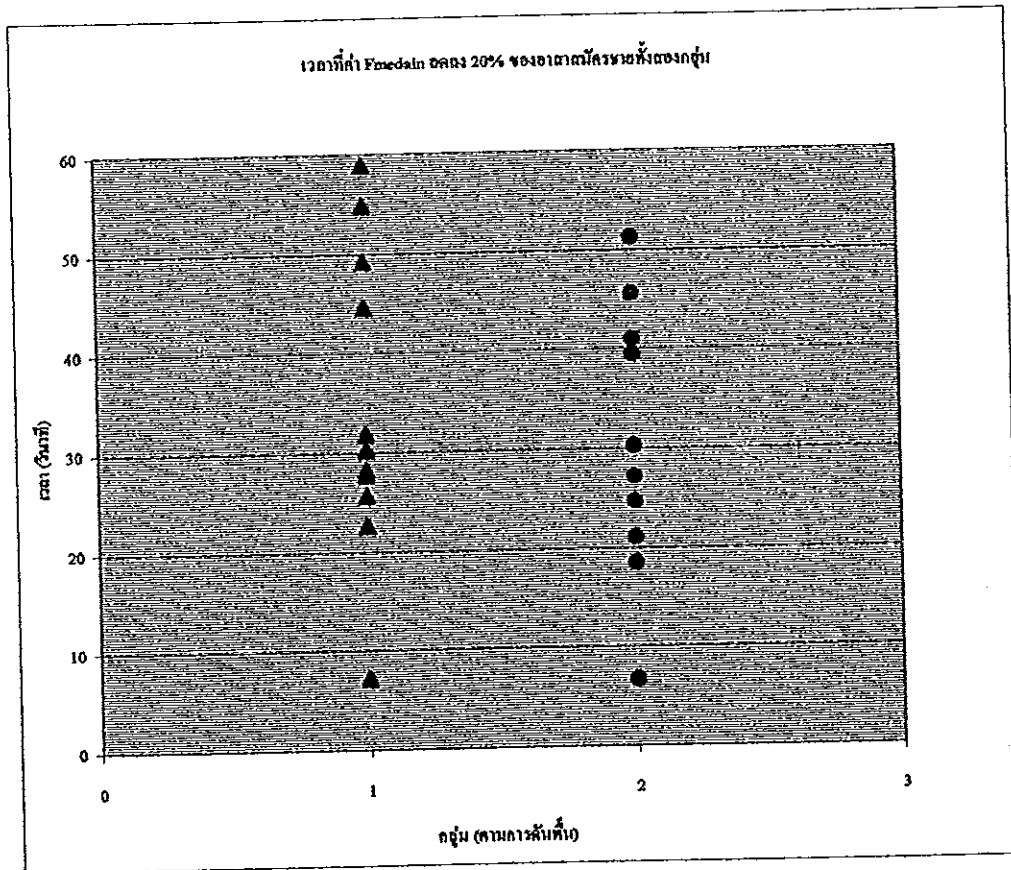
5.4 ข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้ถึงแม้ว่าจำแนกการแบ่งกลุ่มโดยมีเป้าหมายตามค่าแรงบีบมือจะมีค่าสูงสุดถึง 82 เปอร์เซ็นต์แต่หากว่าปริมาณของข้อมูลตลอดจนกลุ่มของอาสาสมัครที่ใช้ในการศึกษา มีความหลากหลายครอบคลุมกลุ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้มากกว่าที่ทำการจัดเก็บในงานวิจัยนี้ก็อาจให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกมีค่าสูงขึ้นสามารถนำไปจำแนกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้จริง

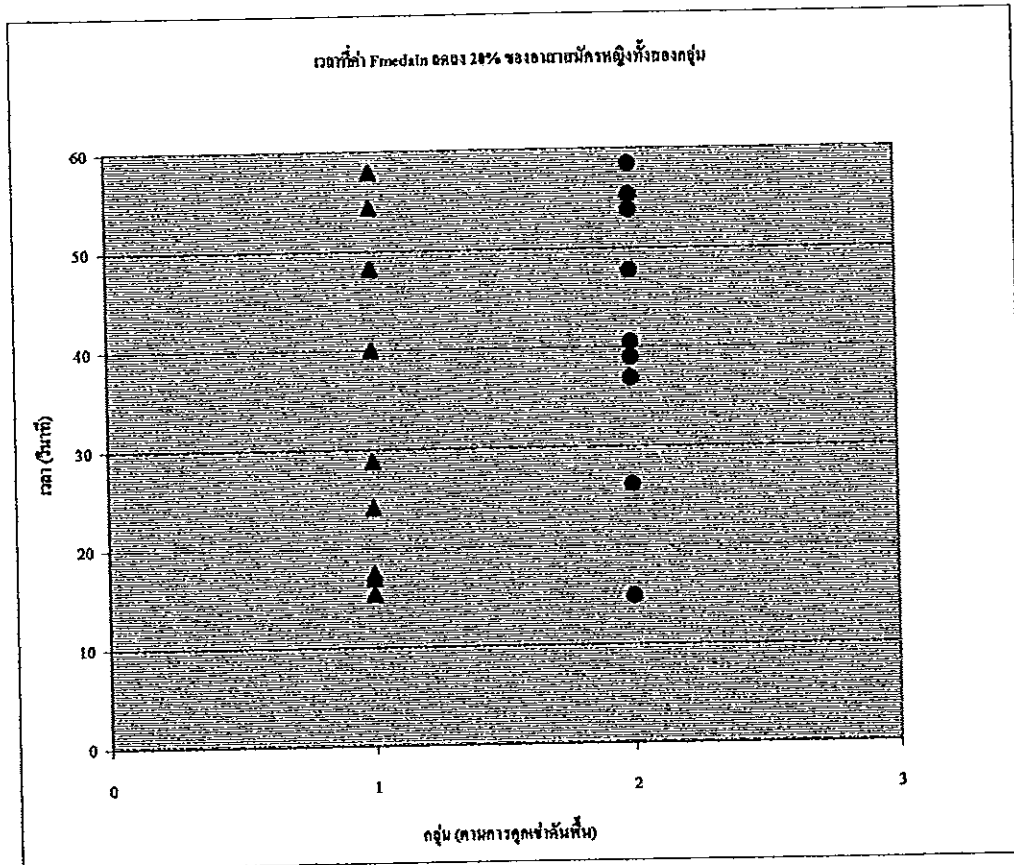
ตาราง 5-1 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของชายหญิงโดยมีเป้าหมายตามแรงบีบมือ

ผลการจำแนกความถูกต้องของชายหญิงโดยเฉลี่ยเฉพาะค่าแรงบีบมือ โดยนำข้อมูลของน้ำหนักของทั้งสองน้ำหนักมาต่อกัน								
ข้อมูลจากวิธี การวิเคราะห์	การเรียนรู้แบบมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้				การเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt			
	เชิงเส้น 3	เชิงเส้น 5	โพลีโนเมียล 3	โพลีโนเมียล 5	เชิงเส้น 3	เชิงเส้น 5	โพลีโนเมียล 3	โพลีโนเมียล 5
F25%	54%	70%	*	74%	*	62%	*	70%
F Medain	76%	*	*	80%	72%	*	*	76%
F75%	72%	*	74%	68%	82%	*	74%	*
Mean Power	*	74%	70%	72%	*	74%	76%	78%
Hi/Lo Ratio	74%	*	72%	*	80%	64%	70%	76%
a1	*	68%	66%	56%	*	*	*	*
a2	*	82%	70%	76%	74%	*	*	*
a3	*	*	*	74%	*	*	*	70%
a4	*	*	*	74%	*	66%	70%	64%
a5	*	70%	*	66%	*	62%	62%	58%

เครื่องหมาย * คือ โครงข่ายที่มีค่าความผิดพลาดสูงกว่าที่ไว้ตั้งค่าไว้จึงไม่สามารถใช้จำแนกข้อมูลได้



ภาพประกอบ 5-1 การเปรียบเทียบเวลาที่ความถี่มีคลื่นลดลง 20 % ของอาสาสมัครชายทั้งสองกลุ่ม



ภาพประกอบ 5-2 การเปรียบเทียบเวลาที่ความถี่มีเคียนลดลง 20 % ของอาสาสมัครหญิงทั้งสอง
กลุ่ม

บรรณานุกรม

- กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2499. กายวิภาควิทยาและสรีรวิทยาสำหรับนักเรียน
พยาบาล: กรมการแพทย์.
- กฤษมันต์ วัฒนานรงค์. 2539. “ข่ายนิเวศประคิษฐ์จำลองเขตสมองมนุษย์”, วารสารวิชาการ
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 4 (สิงหาคม 2539), 4 – 10.
- ฉวีวรรณ จันสกุล. 2539. สรีรวิทยาสำหรับนักศึกษาเภสัชศาสตร์ และสรีรวิทยาของคน.
คณะวิทยาศาสตร์ : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชิดชนก เหลือสินทรัพย์. 2535. “โครงข่ายประสาทเทียม”, เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์.
121 (ตุลาคม 2535), 91-97.
- ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล, วิบูล ลิ้มมานิตย์ และเฉลิมชัย แซ่ลิ้ม. 2539. “การตรวจจับการกลืนจากสัญญาณ
ไฟฟ้า กล้ามเนื้อโดยใช้ค่ากำลังเฉลี่ย”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 19.
(พฤศจิกายน 2539), DS 23 – DS 26.
- ชูศักดิ์ เวชแพศย์. 2519. อิเล็กโทรมายโอกราฟี (ELECTROMYOGRAPHY).
: มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ธีรเดช เสวดไพบุณย์กิจ. 2540. การพัฒนาระบบฮาร์ดแวร์ของระบบช่วยวินิจฉัยผู้ป่วยที่มีปัญหา
การกลืน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย. 2535. วิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอน
และนักกีฬา : การกีฬาแห่งประเทศไทย.
- พิชิต ภูคิจันท์ และคณะ. 2533. วิทยาศาสตร์การกีฬา (SPOTS SCIENCE).
แสดงศิลป์ การพิมพ์ : บริษัท ดันอ้อ จำกัด.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย. 2525. การสำรวจสมรรถภาพทาง
กายของประชาชน : การกีฬาแห่งประเทศไทย.
- สำนักพัฒนาการพลศึกษา สุขภาพและนันทนาการ กรมพลศึกษา. 2539. การทดสอบและประเมิน
ผลสมรรถภาพทางกาย. โรงพิมพ์การศาสนา : กรมศาสนา.
- GILMORE , L.DONALD and DELUCA , CARLO J. 1985. “Muscle Fatigue Monitor (MFM) :
Second Generation” , IEEE Trans Biomed on Eng. BME – 32 (JANUARY 1985) ,
75 – 78.

HISLOP , HELEN J. and MONTGOMERY , JACGULINE . 1995. MUSCLE TESTING.

: W.B. SAUNDERS COMPANY.

PEYTON,A.J. 1987. "Circuit for Monitoring the Median Frequency of the Spectrum of the Surface EMG Signal" , IEEE Trans Biomed on Eng. BME - 33 (MAY 1987) , 391 --394.

STULEN,FOSTER B. and DELUCA,CARLO J. 1982. "Muscle Fatigue Monitor A Noninvasive

Device for Observing Localized Muscular Fatigue" , IEEE Trans Biomed on Eng.

BME - 29 (DECEMBER 1982) , 760 - 768.

TESCH , PER . 1980. Muscle Fatigue in man with special reference to lactate accumulation

duringshort term intense exercise. : ACTA PHYSIOL.

ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

```

%Train Feed-Forward with Levenberg-Marquardt
load('c:\Win95th\phathad\r7r21a52.txt');
load('c:\Win95th\phathad\7e21a51.txt');
    a=r7r21a52;
    [r1,c1]=size(a);
    b=e7e21a51;
    [rt,ct]=size(b);
    anstest=0;

    %Matrix Train
    p1=a(2:r1,1:c1-2);
    p2=p1';
    [rp2,cp2]=size(p2);

    %Matrix Target
    t1=a(2:r1,c1-1:c1);
    t2=t1';

    %Training Parameter
    tp1=100;
    tp2=80000;
    tp3=0.0001;
    tp4=0.0000001;
    tp5=0.00001;
    tp6=10;
    tp7=0.1;
    tp8=1e10;
    tp=[tp1 tp2 tp3 tp4 tp5 tp6 tp7 tp8];

```

ผก 1 โปรแกรมการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt

```

%Train
nc=input('cell in hidden layer ?');
w1=zeros(nc,rp2);
w2=zeros(2,nc);
b1=zeros(nc,1);
b2=zeros(2,1);
[w1,b1,w2,b2,te,tr]=trainlm(w1,b1,'logsig',w2,b2,'logsig',p2,t2,tp);

%Matrix Test
ptest1=b(2:rt,1:ct);
ptest2=ptest1';

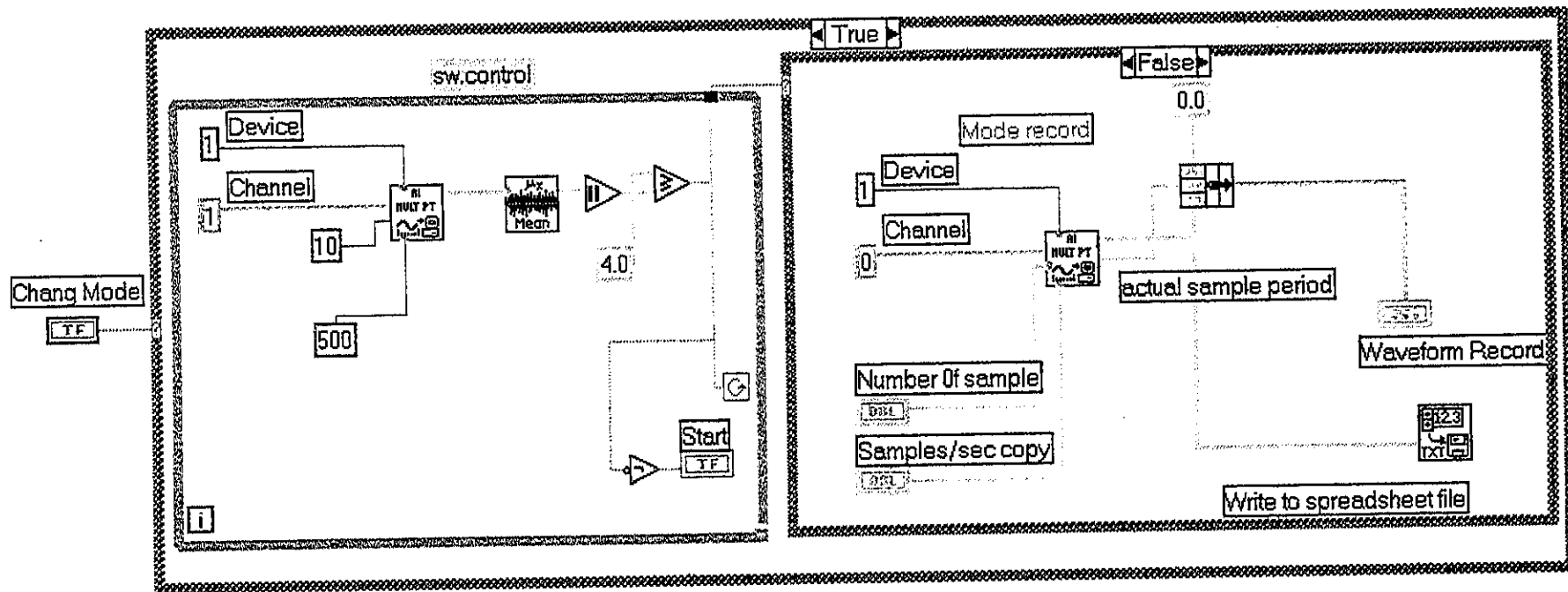
%Test
anstest=simuff(ptest2,w1,b1,'logsig',w2,b2,'logsig');
inum=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25];

%Result Test
clc
disp('Result of Test');
resul=[inum'anstest'];
disp(resul);

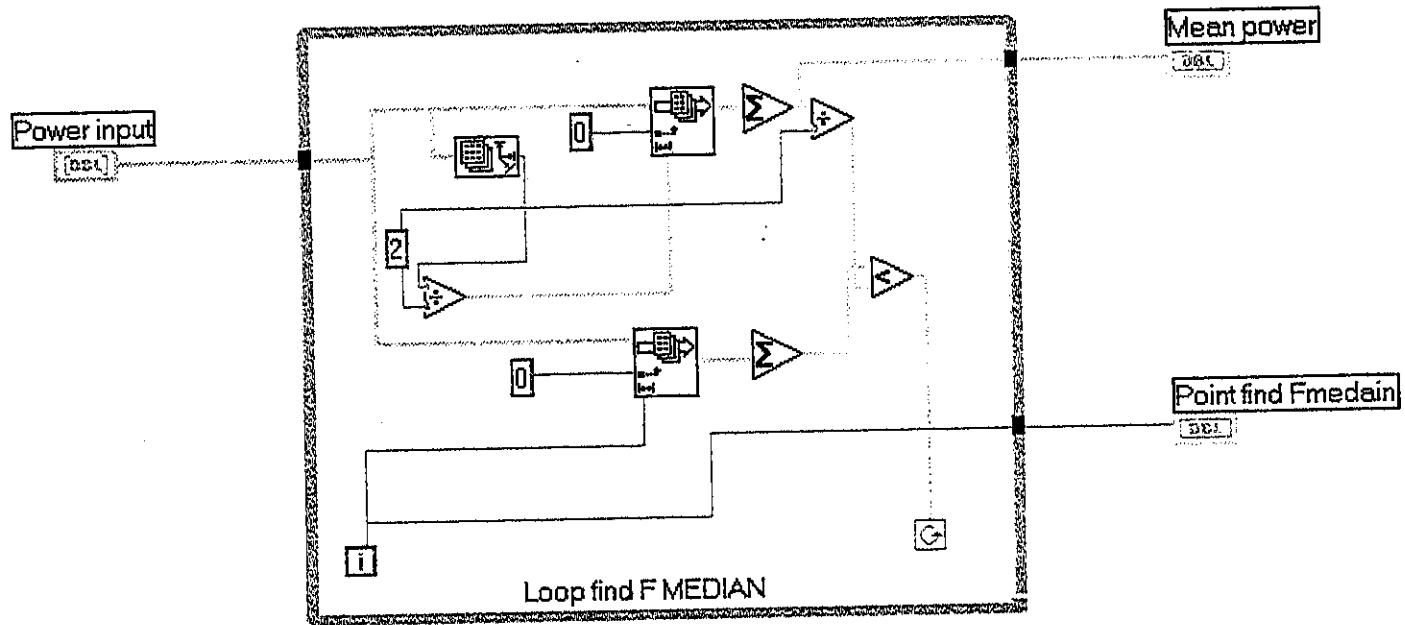
%End

```

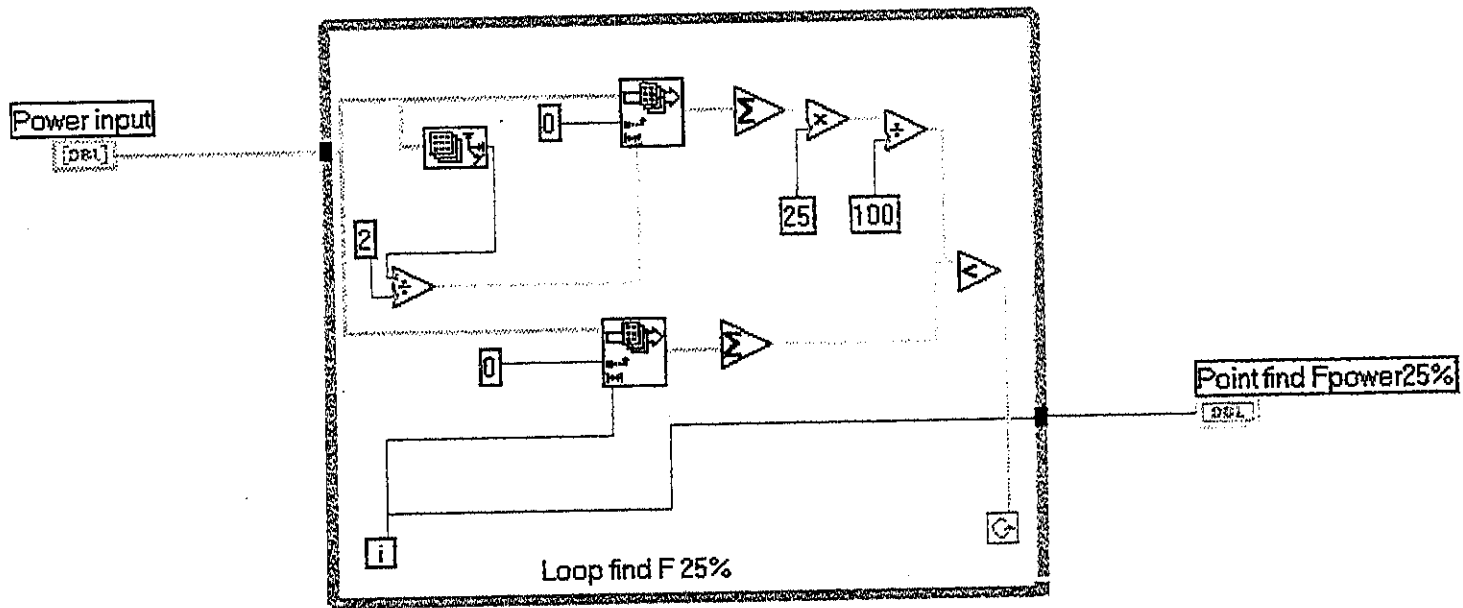
ผศ.1 โปรแกรมการเรียนรู้แบบ Levenberg-Marquardt (ต่อ)



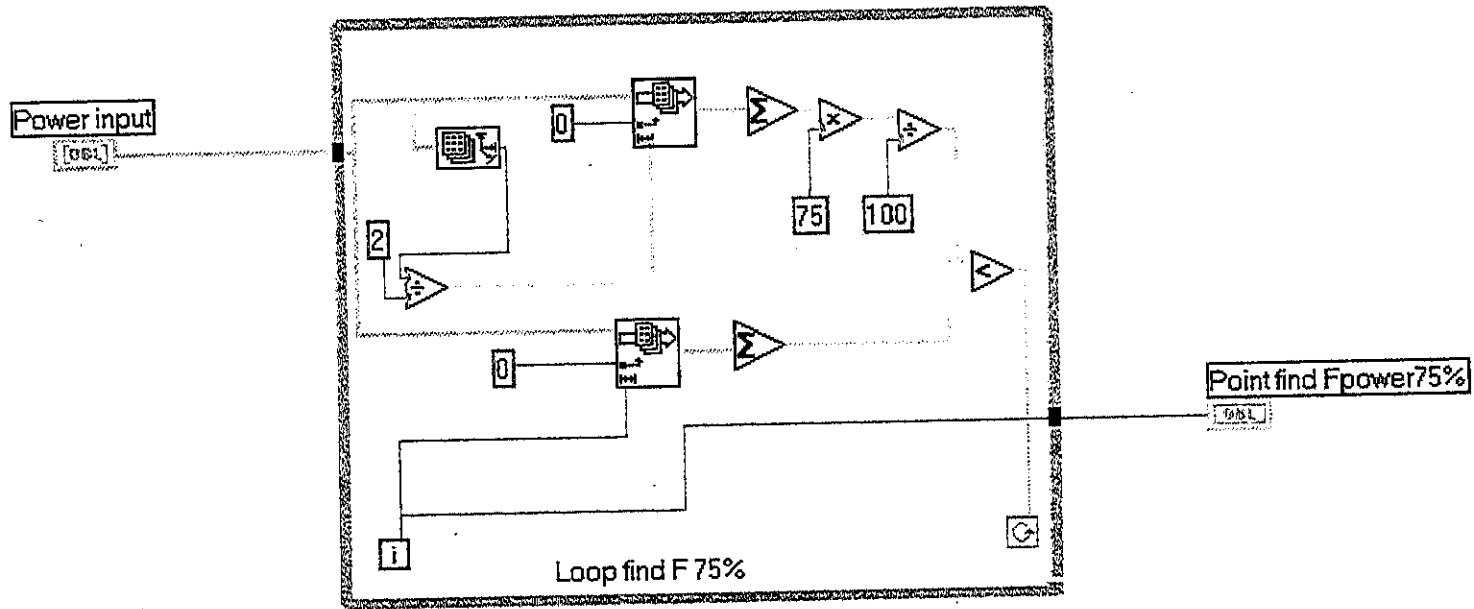
ผศ. 2 แผนภาพของ โปรแกรมการบันทึกสัญญาณกล้านเนื้อ



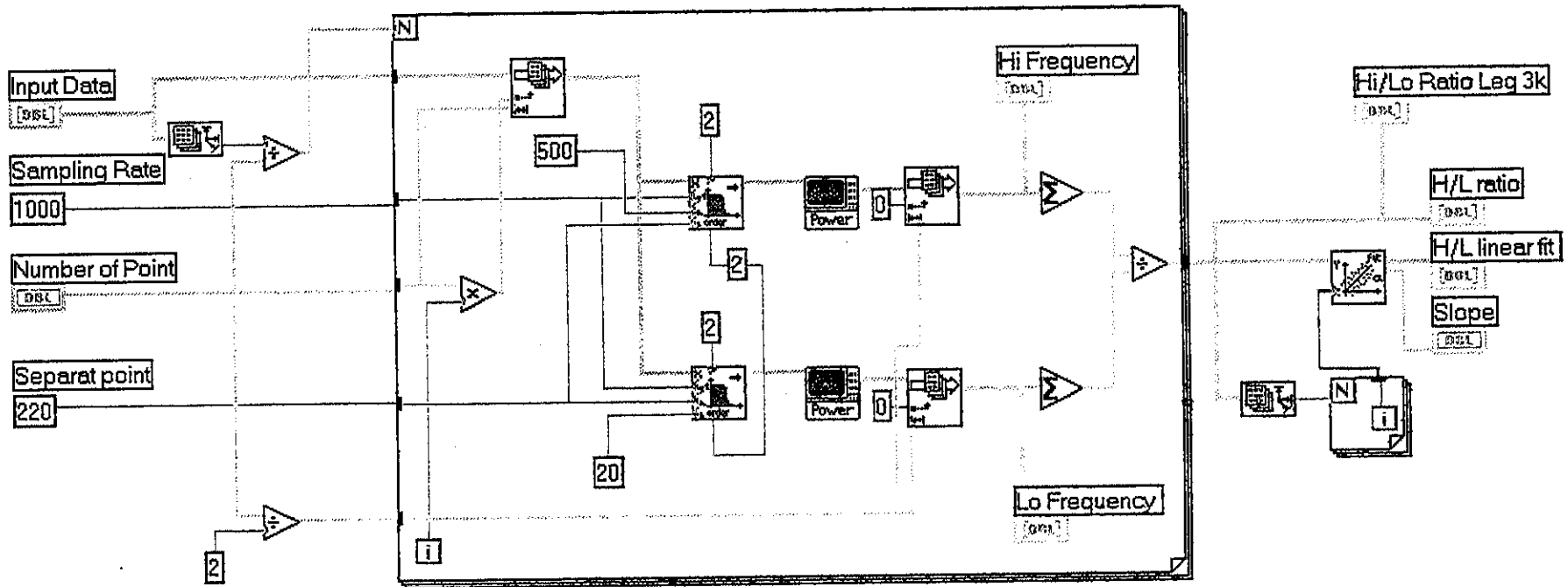
พท. 3 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่า F Medain และ Mean Power



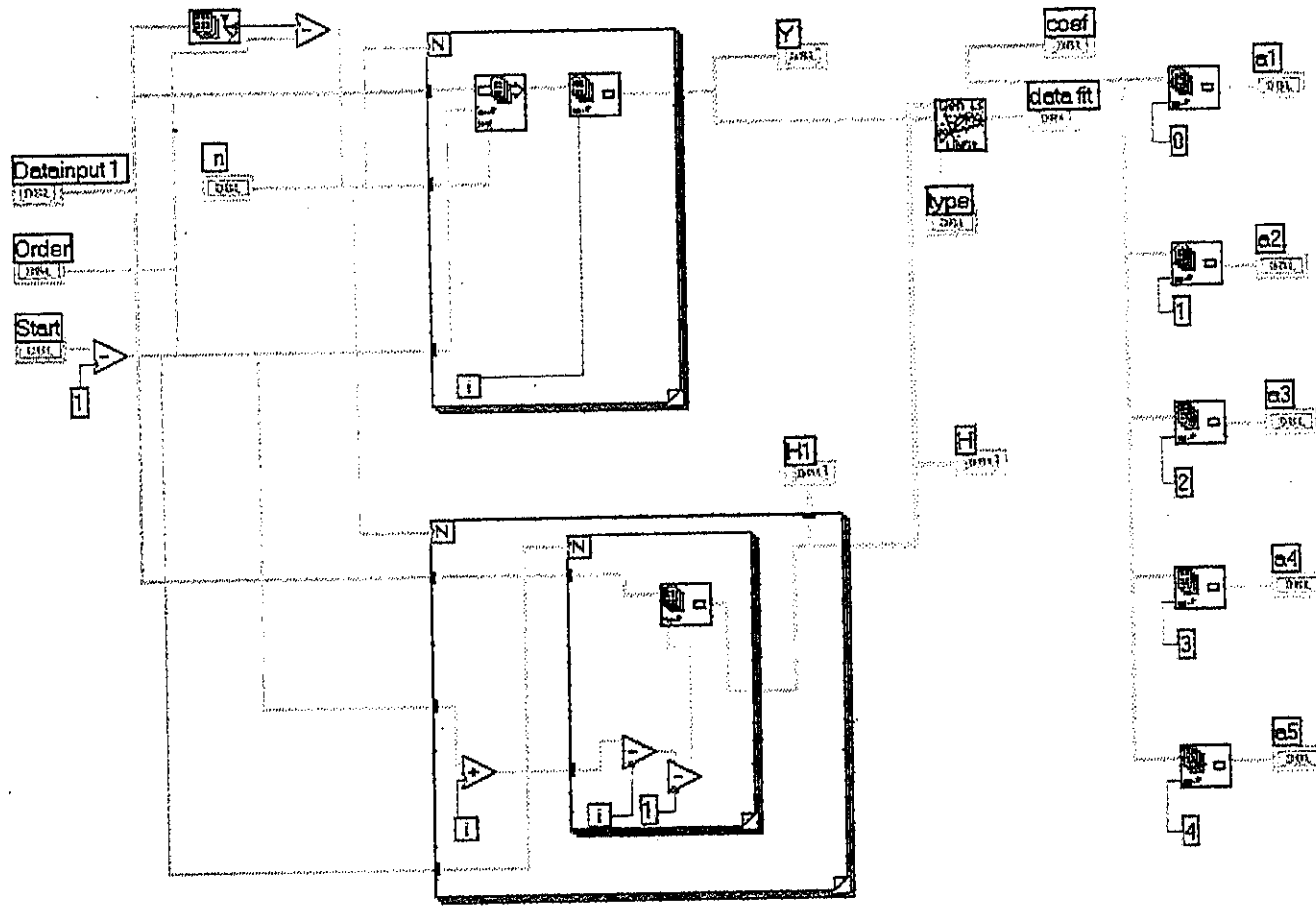
ผก. 4 แผนภาพของโปรแกรมการหาค่า F25%



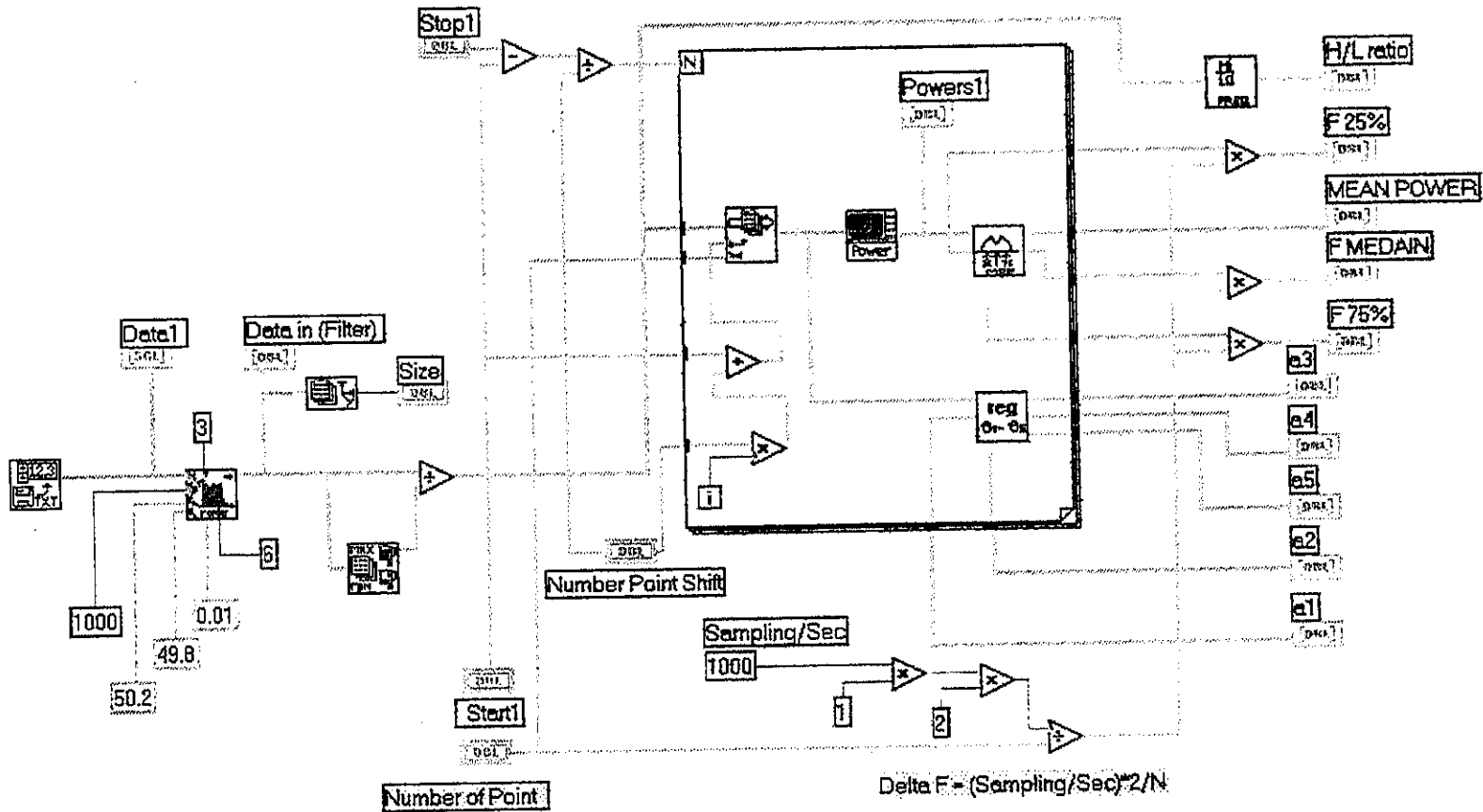
ผก. 5 แผนภาพโปรแกรมการหาค่า F75%



พท. 6 แผนภาพโปรแกรมการหาค่า Hi/Lo Ratio



ผก. 7 แผนภาพโปรแกรมการหาค่าสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรสซีฟ



ผศ. 8 แผนภาพของโปรแกรมรวมการวิเคราะห์สัญญาณตามเนื้อ

ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของอาสาสมัคร

ข.1 ผลที่ได้จากการวัดแรงบีบมือ การทดสอบคันทึ้นและการจับกลุ่มอาสาสมัครชายตามผลที่วัดได้ (กลุ่มศึกษา)

ข้อมูลของอาสาสมัครผู้ชายที่ใช้ Train ทั้งหมด							แบ่งเป้าหมายตามค่าแรง		แบ่งเป้าหมายตามค่าการคันทึ้น(ที่ค่า 28 ครั้ง)	
ลำดับที่	อาสาสมัคร	คันทึ้น(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงบีบมือ(กก.)	แรงบีบมือ/น้ำหนัก	แรงบีบมือ/น้ำหนักตัว (ที่ค่า 0.76)			
1	m28	29	44.5	160	41	0.93	0	1	0	1
2	m14	35	55	174	46	0.84	0	1	0	1
3	m5	39	52	165	43	0.82	0	1	0	1
4	m24	30	59	175.5	47	0.79	0	1	0	1
5	m50	12	52	168	40	0.77	0	1	1	0
6	m11	35	56	163	42	0.75	1	0	0	1
7	m46	40	54	172	41	0.75	1	0	0	1
8	m13	25	57	165	42	0.74	1	0	1	0
9	m12	40	64	174	47	0.73	1	0	0	1
10	m22	55	45.5	161	33	0.72	1	0	0	1
11	m23	20	52	170.5	37	0.71	1	0	1	0
12	m26	18	52	166.5	37	0.71	1	0	1	0
13	m6	20	54	164.5	38	0.71	1	0	1	0
14	m17	40	71	178	49	0.69	1	0	0	1
15	m30	30	50.5	167	34	0.68	1	0	0	1
16	m31	20	63	172	42	0.66	1	0	1	0
17	m4	30	73	177	47	0.65	1	0	0	1
18	m19	18	65	175	42	0.65	1	0	1	0
19	m20	30	65	173	42	0.65	1	0	0	1
20	m3	18	66	168	43	0.65	1	0	1	0
21	m9	13	60	170	39	0.65	1	0	1	0
22	m16	15	70	170	41	0.59	1	0	1	0
23	m8	20	60	165	35	0.58	1	0	1	0
24	m1	15	64.5	161.7	37	0.57	1	0	1	0
25	m48	20	63	172	33	0.53	1	0	1	0

* แรงบีบมือมากกว่าหรือเท่ากับ 0.76 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 0.76 เป็นกลุ่มที่ 2

* การคันทึ้นมากกว่าหรือเท่ากับ 28 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 28 เป็นกลุ่มที่ 2

2. ผลที่ได้จากการวัดแรงบีบมือ การทดสอบถูกเข้านั้นและการจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผลที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)

ลำดับที่	ข้อมูลของอาสาสมัครหญิงที่ใช้ Train ทั้งหมด						แบ่งเป้าหมายตามค่า		แบ่งเป้าหมายตามค่า	
	อาสาสมัคร	ถูกเข้านั้น(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงบีบมือ(กก.)	แรงบีบมือ/น้ำหนักตัว	แรงบีบมือ/น้ำหนักตัว(ที่ค่า 0.56)		การถูกเข้านั้น(ที่ค่า 17 ครั้ง)	
1	w1	12	49	158	25	0.51	1	0	1	0
2	w51	16	59	160	28	0.47	1	0	1	0
3	w3	20	42	160	17	0.4	1	0	0	1
4	w4	20	41	154	25	0.61	0	1	0	1
5	w5	13	44.5	153.5	23	0.51	1	0	1	0
6	w6	20	44	159	25	0.57	0	1	0	1
7	w7	13	54	161	24	0.44	1	0	1	0
8	w8	25	45.5	154.5	24	0.53	1	0	0	1
9	w9	20	52.5	165.5	25	0.48	1	0	0	1
10	w10	30	42.5	150	26	0.61	0	1	0	1
11	w11	22	41.5	156	24	0.58	0	1	0	1
12	w12	18	48	161	31	0.65	0	1	0	1
13	w13	25	43	154	18	0.43	1	0	0	1
14	w14	20	60	160	28	0.46	1	0	0	1
15	w15	17	50.5	161	28	0.55	1	0	0	1
16	w16	25	48	150.5	23	0.47	1	0	0	1
17	w17	13	68.8	167.5	28	0.41	1	0	1	0
18	w18	35	49.4	162.5	21	0.43	1	0	0	1
19	w19	25	42.5	151.5	21	0.5	1	0	0	1
20	w20	10	54.5	163.3	24	0.44	1	0	1	0
21	w21	16	49.8	161.5	22	0.45	1	0	1	0
22	w22	6	48.9	158.5	23	0.48	1	0	1	0
23	w23	19	45.5	152	22	0.48	1	0	0	1
24	w24	20	49.5	160	29	0.59	0	1	0	1
25	w25	30	53	148	23	0.43	1	0	0	1

* แรงบีบมือมากกว่าหรือเท่ากับ 0.56 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 0.56 เป็นกลุ่มที่ 2

* การเข้านั้นมากกว่าหรือเท่ากับ 17 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 17 เป็นกลุ่มที่ 2

1.3 ผลที่ได้การวัดแรงบีบมือ การทดสอบดันพื้นและการจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผลที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)

ลำดับที่	ข้อมูลของอาสาสมัครผู้ชายที่ใช้ Test ทั้งหมด						แบ่งปีน้ำหนักตามค่าแรง		แบ่งปีน้ำหนักตามค่าการดันพื้น(ที่ค่า 28 ครั้ง)	
	อาสาสมัคร	ดันพื้น(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงบีบมือ(กก.)	แรงบีบมือ/น้ำหนักตัว	แรงบีบมือ/น้ำหนักตัว (ที่ค่า 0.76)			
1	m45	17	60	170	49	0.81	0	1	1	0
2	m33	30	60	169	47	0.79	0	1	0	1
3	m39	30	51.5	166.5	40	0.78	0	1	0	1
4	m43	14	57	170	42	0.73	1	0	1	0
5	m51	13	46	167	34	0.73	1	0	1	0
6	m40	15	52.5	179	37	0.71	1	0	1	0
7	m44	19	56	163	39	0.7	1	0	1	0
8	m32	28	56.5	164	38	0.68	1	0	1	0
9	m37	28	62	171	41	0.68	1	0	1	0
10	m34	20	55	167	36	0.65	1	0	1	0
11	m38	30	63	170	40	0.64	1	0	0	1
12	m41	10	53.5	159.5	34	0.63	1	0	1	0
13	m42	30	70	172	44	0.63	1	0	0	1
14	m7	25	61	172	38	0.63	1	0	1	0
15	m47	25	60	169	38	0.63	1	0	1	0
16	m25	23	51	166	32	0.63	1	0	1	0
17	m27	20	52	165.5	33	0.63	1	0	1	0
18	m29	20	50	167	32	0.63	1	0	1	0
19	m35	31	63	172	38	0.6	1	0	0	1
20	m49	9	43	166	25	0.58	1	0	1	0
21	m10	25	56	165	32	0.57	1	0	1	0
22	m21	30	56	164	32	0.57	1	0	0	1
23	m18	19	65	162	36	0.55	1	0	1	0
24	m36	40	59	163	32	0.54	1	0	0	1
25	m15	19	75	170	36	0.48	1	0	1	0

* แรงบีบมือมากกว่าหรือเท่ากับ 0.76 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 0.76 เป็นกลุ่มที่ 2

* การดันพื้นมากกว่าหรือเท่ากับ 28 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 28 เป็นกลุ่มที่ 2

4. ผลที่ได้การวัดแรงบีบมือ การทดสอบคุกเข้าคันทันและการจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผลที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)

ข้อมูลของอาสาสมัครหญิงที่ใช้ Test ทั้งหมด							แบ่งเป้าหมายตามค่า		แบ่งเป้าหมายตามค่า	
ลำดับที่	อาสาสมัคร	คุกเข้าคันทัน(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงบีบมือ(กก.)	แรงบีบมือ/น้ำหนัก	แรงบีบมือ/น้ำหนักตัว(ที่ค่า 0.56)		การคุกเข้าคันทัน(ที่ค่า 17 ครั้ง)	
1	w26	20	50	151.5	19	0.38	1	0	0	1
2	w27	10	48.5	165.5	22	0.45	1	0	1	0
3	w28	23	44.5	150	17	0.39	1	0	0	1
4	w29	19	54.5	152	23	0.43	1	0	0	1
5	w30	20	62	157	28	0.45	1	0	0	1
6	w31	13	58	153	25	0.43	1	0	1	0
7	w32	10	55	169.5	22	0.4	1	0	1	0
8	w33	15	54	155.5	25	0.47	1	0	1	0
9	w34	11	41	150	20	0.49	1	0	1	0
10	w35	18	41	151	23	0.56	0	1	0	1
11	w36	25	60	157	33	0.55	1	0	0	1
12	w37	25	44	153	28	0.64	0	1	0	1
13	w38	10	45	159	23	0.51	1	0	1	0
14	w39	33	44	156	33	0.75	0	1	0	1
15	w40	15	54	163	25	0.47	1	0	1	0
16	w41	10	44	157	20	0.45	1	0	1	0
17	w42	23	48	158	25	0.52	1	0	0	1
18	w43	22	45	164	20	0.44	1	0	0	1
19	w44	21	53	162	22	0.42	1	0	0	1
20	w45	13	47	152	20	0.43	1	0	1	0
21	w46	10	49	150	25	0.51	1	0	1	0
22	w47	17	52	160	17	0.32	1	0	0	1
23	w48	16	54.5	165	25	0.46	1	0	1	0
24	w49	22	59	163	27	0.46	1	0	0	1
25	w50	10	36	156	24	0.67	0	1	1	0

* แรงบีบมือมากกว่าหรือเท่ากับ 0.56 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 0.56 เป็นกลุ่มที่ 2

* การคุกเข้าคันทันมากกว่าหรือเท่ากับ 17 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 17 เป็นกลุ่มที่ 2

จ.5 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหวี่ยงขา การทดสอบนั่งกระโดดและการจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผลที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)

ข้อมูลของอาสาสมัครผู้ชายที่ใช้ Train ทั้งหมด							แบ่งเข้าหมวดตามค่า		แบ่งเข้าหมวดตามค่า	
ลำดับที่	อาสาสมัคร	นั่งกระโดด(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงเหยียดขา(กก.)	แรงกดขยักขา(กก.)	แรงเหยียดขาต่อน้ำหนักตัว(ต่ำกว่า 2.9)		การนั่งกระโดด (ที่ค่า 50)	
1	m28	51	44.5	160	205	4.60	0	1	0	1
2	m14	36	55	174	165	3.00	0	1	1	0
3	m5	95	52	165	170	3.27	0	1	0	1
4	m24	47	59	175.5	205	3.47	0	1	1	0
5	m50	41	52	168	160	3.08	0	1	1	0
6	m11	40	56	163	158	2.82	1	0	1	0
7	m46	36	54	172	130	2.41	1	0	1	0
8	m13	100	57	165	130	2.28	1	0	0	1
9	m12	100	64	174	195	3.05	0	1	0	1
10	m22	70	45.5	161	145	3.18	0	1	0	1
11	m23	70	52	170.5	160	3.07	0	1	0	1
12	m26	50	52	166.5	145	2.78	1	0	1	0
13	m6	34	54	164.5	114	2.12	1	0	1	0
14	m17	66	71	178	160	2.25	1	0	0	1
15	m30	55	50.5	167	63	1.24	1	0	0	1
16	m31	50	63	172	134	2.13	1	0	1	0
17	m4	60	73	177	170	2.33	1	0	0	1
18	m19	50	65	175	160	2.46	1	0	1	0
19	m20	70	65	173	170	2.62	1	0	0	1
20	m3	34	66	168	180	2.73	1	0	1	0
21	m9	33	60	170	120	2.00	1	0	1	0
22	m16	30	70	170	141	2.02	1	0	1	0
23	m8	50	60	165	101	1.68	1	0	1	0
24	m1	30	64.5	161.7	97	1.51	1	0	1	0
25	m48	30	63	172	155	2.46	1	0	1	0

* แรงเหยียดขามากกว่าหรือเท่ากับ 2.9 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 2.9 เป็นกลุ่มที่ 2

* การนั่งกระโดดมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 50 เป็นกลุ่มที่ 2

6 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหวี่ยงขา การทดสอบนั่งกระโดดและการจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผลที่วัดได้ (กลุ่มฝึกสอน)

ข้อมูลของอาสาสมัครหญิงที่ได้ Train ทั้งหมด							แบ่งเป็นหมายเหตุค่าแ่ง		แบ่งเป็นหมายเหตุค่า	
ลำดับที่	อาสาสมัคร	นั่งกระโดด(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงเหวี่ยงขา(กก.)	แรงเหวี่ยงขา/น้ำหนักตัว	แรงเหวี่ยงขาต่อน้ำหนักตัว(ค่า 2)		การนั่งกระโดด (ที่ค่า 29)	
1	w1	15	49	158	75	1.53	1	0	1	0
2	w51	16	59	160	75	1.27	1	0	1	0
3	w3	30	42	150	80	1.91	1	0	0	1
4	w4	21	41	154	80	1.95	1	0	1	0
5	w5	18	44.5	153.5	85	1.46	1	0	1	0
6	w6	24	44	159	85	1.93	1	0	1	0
7	w7	34	54	161	85	1.57	1	0	0	1
8	w8	30	45.5	154.5	94	2.06	0	1	0	1
9	w9	27	52.5	165.5	106	2.02	0	1	1	0
10	w10	30	42.5	150	94	2.21	0	1	0	1
11	w11	30	41.5	156	80	1.93	1	0	0	1
12	w12	20	48	161	135	2.81	0	1	1	0
13	w13	25	43	154	40	0.93	1	0	1	0
14	w14	34	60	160	110	1.83	1	0	0	1
15	w15	27	50.5	161	115	2.27	0	1	1	0
16	w16	35	48	150.5	80	1.67	1	0	0	1
17	w17	30	68.8	167.5	135	1.96	1	0	0	1
18	w18	42	49.4	162.5	79	1.6	1	0	0	1
19	w19	30	42.5	151.5	27	0.63	1	0	0	1
20	w20	40	54.5	163.3	56	1.02	1	0	0	1
21	w21	31	49.8	161.5	70	1.4	1	0	0	1
22	w22	20	48.9	158.5	60	1.23	1	0	1	0
23	w23	20	45.5	152	150	3.29	0	1	1	0
24	w24	30	49.5	160	155	3.13	0	1	0	1
25	w25	32	53	148	120	2.26	0	1	0	1

* แรงเหวี่ยงขามากกว่าหรือเท่ากับ 2 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 2 เป็นกลุ่มที่ 2

* การนั่งกระโดดมากกว่าหรือเท่ากับ 29 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 29 เป็นกลุ่มที่ 2

ข.7 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหวี่ยงขา การทดสอบนั่งกระโดดและการจัดกลุ่มอาสาสมัครชายตามผลที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)

ลำดับที่	ข้อมูลของอาสาสมัครผู้ชายที่ใช้ Test ทั้งหมด						แบ่งเป้าหมาย ตามค่า		แบ่งเป้าหมาย ตามค่า	
	อาสาสมัคร	นั่งกระโดด(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(จม.)	แรงเหวี่ยงขา(กก.)	แรงเหวี่ยงขา/น้ำหนักตัว	แรงเหวี่ยงขาต่อน้ำหนักตัว(ค่า > 2.9)	การนั่งกระโดด (ที่ค่า > 50)		
1	m45	30	60	170	190	3.17	0	1	1	0
2	m33	62	60	169	220	3.67	0	1	0	1
3	m39	55	51.5	166.5	180	3.49	0	1	0	1
4	m43	30	57	170	140	2.45	1	0	1	0
5	m51	45	46	167	160	3.47	0	1	1	0
6	m40	40	52.5	179	142	2.7	1	0	1	0
7	m44	50	56	163	210	3.75	0	1	1	0
8	m32	52	56.5	164	200	3.54	0	1	0	1
9	m37	52	62	171	210	3.38	0	1	0	1
10	m34	55	55	167	155	2.82	1	0	0	1
11	m38	55	63	170	169	2.69	1	0	0	1
12	m41	50	53.5	159.5	125	2.33	1	0	1	0
13	m42	70	70	172	165	2.35	1	0	0	1
14	m7	50	61	172	152	2.49	1	0	1	0
15	m47	40	60	169	137	2.28	1	0	1	0
16	m25	53	51	166	170	3.33	0	1	0	1
17	m27	50	52	165.5	155	2.98	1	0	1	0
18	m29	45	50	167	139	2.78	1	0	1	0
19	m35	70	63	172	169	2.69	1	0	0	1
20	m49	20	43	166	140	3.25	0	1	1	0
21	m10	65	56	165	85	1.52	1	0	0	1
22	m21	69	56	164	134	2.4	1	0	0	1
23	m18	40	65	162	129	1.98	1	0	1	0
24	m36	60	59	163	220	3.73	0	1	0	1
25	m15	35	75	170	165	2.2	1	0	1	0

* แรงเหวี่ยงขามากกว่าหรือเท่ากับ 2.9 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 2.9 เป็นกลุ่มที่ 2

* การนั่งกระโดดมากกว่าหรือเท่ากับ 50 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 50 เป็นกลุ่มที่ 2

1.8 ผลที่ได้จากการวัดแรงเหวี่ยง การทดสอบนึ่งกระโถนและการจัดกลุ่มอาสาสมัครหญิงตามผลที่วัดได้ (กลุ่มทดสอบ)

ข้อมูลของอาสาสมัครหญิงที่ใช้ Test ทั้งหมด							แบ่งเป้าหมายตามค่าแรง		แบ่งเป้าหมายตามค่า	
ลำดับที่	อาสาสมัคร	นึ่งกระโถน(ครั้ง)	น้ำหนัก(กก.)	ความสูง(ซม.)	แรงเหวี่ยง(กก.)	แรงเหวี่ยงน้ำหนัก	แรงเหวี่ยงน้ำหนัก/น้ำหนักตัว(ค่า 2)		การนึ่งกระโถน (ที่ค่า 29)	
1	w26	30	50	151.5	80	1.6	1	0	0	1
2	w27	15	48.5	165.5	60	1.24	1	0	1	0
3	w28	29	44.5	150	55	1.24	1	0	0	1
4	w29	24	54.5	152	100	1.83	1	0	1	0
5	w30	30	62	157	76	1.23	1	0	0	1
6	w31	13	58	153	90	1.55	1	0	1	0
7	w32	19	55	159.5	75	1.36	1	0	1	0
8	w33	26	54	155.5	70	1.3	1	0	1	0
9	w34	21	41	150	80	1.95	1	0	1	0
10	w35	30	41	151	85	2.07	0	1	0	1
11	w36	23	60	157	135	2.25	0	1	1	0
12	w37	35	44	153	110	2.5	0	1	0	1
13	w38	30	45	159	65	1.44	1	0	0	1
14	w39	40	44	156	80	1.82	1	0	0	1
15	w40	20	54	163	76	1.4	1	0	1	0
16	w41	20	44	157	80	1.82	1	0	1	0
17	w42	27	48	156	100	2.08	0	1	1	0
18	w43	18	45	164	70	1.56	1	0	1	0
19	w44	25	53	162	75	1.42	1	0	1	0
20	w45	10	47	152	65	1.38	1	0	1	0
21	w46	13	49	150	45	0.92	1	0	1	0
22	w47	14	52	160	70	1.35	1	0	1	0
23	w48	30	54.5	165	145	2.66	0	1	0	1
24	w49	27	59	163	80	1.35	1	0	1	0
25	w50	20	36	156	100	2.78	0	1	1	0

* แรงเหวี่ยงมากกว่าหรือเท่ากับ 2 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 2 เป็นกลุ่มที่ 2

* การนึ่งกระโถนมากกว่าหรือเท่ากับ 29 เป็นกลุ่มที่ 1 ต่ำกว่า 29 เป็นกลุ่มที่ 2

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายประทีป จีระภาค

วัน เดือน ปี เกิด 5 กรกฎาคม 2513

วุฒิ

ชื่อสถาบัน

ปีที่สำเร็จการศึกษา

อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อิเล็กทรอนิกส์)

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2539

ทุนการศึกษา

ทุนการศึกษาระดับมหาบัณฑิตขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

วิศวกรระดับ 4 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

ที่ทำงาน ศูนย์โทรคมนาคมกรุงเทพมหานคร ถนนกรุงเกษม แขวงวัดโสมนัส เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย

กรุงเทพฯ 10100