บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนำเสนอการศึกษารูปแบบของความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ต่างๆกับแรงที่ใช้ในการยกน้ำหนัก โดยเริ่มจากการประดิษฐ์เครื่องขยายสัญญาณที่มีอัตราการขยาย 46 dB และ CMRR เท่ากับ70.17 dB ที่ความถี่ 50 เฮิตรซ์ ใช้ไฟเลี้ยง ± 12 โวลท์ โดยเครื่องขยายสามารถทำงานได้แม้ว่าจะมีแรงดันออฟเซต DC เข้ามาก็ตาม โดยสามารถกำจัดแรงดันออฟเซต DC ได้ในช่วง ± 150 มิลลิโวลท์

ในงานวิจัยได้ทำการทดสอบกับอาสาสมัครชุดต้นแบบจำนวน 10 คน เป็นชายอายุระหว่าง 21-28 ปี มีสุขภาพสมบูรณ์แข็งแรง ให้อาสาสมัครยกน้ำหนักที่หนัก 100, 300, 500, 700 และ 900 กรัม ตามลำดับ ในขั้นแรกได้ให้อาสาสมัครยกน้ำหนักเป็นมุม 45, 90 และ 135 องศา เป็นจำนวน 2 ครั้งด้วยกันและได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณในแง่ของความถี่ด้วยวิธีความถี่มีเดียนนำผลที่ได้ทั้ง 2 ครั้ง เฉลี่ยกันพบว่า เมื่องอข้อศอกเป็นมุมที่มากขึ้นสัญญาณกล้ามเนื้อจะมีองค์ประกอบของความถี่สูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย กล่าวคือ มุม 135 องศาความถี่มีเดียนเท่ากับ 140 เฮิตรซ์, ที่มุม 90 องศา เท่ากับ 125 เฮิตรซ์ และ 45 องศาเท่ากับ 100 เฮิตรซ์ ตามลำดับ สัญญาณความถี่สูงที่เกิดขึ้นนี้เนื่องจากระบบประสาทส่วนกลางจะส่งสัญญาณเพื่อกระตุ้นกล้ามเนื้อถี่ขึ้นกล้ามเนื้อก็จะหดเกร็งได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งในจุดนี้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อใช้ในการควบคุมการงอแขนกลของหุ่นยนต์ได้

ขั้นต่อมาจึงทำการวิเคราะห์สัญญาณในแง่ของแอมปลิจูดด้วยวิธีการหาค่าของแรงดันประสิทธิผล เพื่อจะหามุมยกที่ใช้เป็นมุมหลักในการทดลองต่อไป ในการทดสอบได้ใช้ชุดข้อมูลเดิมที่ใช้กับวิธีความถี่มีเดียนและนำผลที่ได้ทั้ง 2 ครั้งมาหาค่าเฉลี่ย พบว่าที่มุม 90 องศาให้รูปแบบของความสัมพันธ์ของค่าแรงดันประสิทธิผลกับแรงที่ใช้ยกน้ำหนักของแต่ละคนใกล้เคียงกันมากกว่ามุมอื่นๆ จึงเลือกมุมยก 90 องศา เป็นมุมหลักในการทดสอบ

จากการเลือกทดสอบชุดสัญญาณที่มุม 90 องศา ของอาสาสมัครชุดต้นแบบนั้น ชุดสัญญาณจะถูกประมวลผลด้วยวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผลและวิธีออโตรีเกรซซีฟ ในขั้นตอนการประมวลนั้นจะนำค่าที่ได้หลังจากประมวลแล้วในแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจึงทำการ Regression กราฟที่ได้ทั้ง 2 กราฟ โดยพบว่าเส้นตรงที่ได้มีความชันเท่ากับ 7.538×10^{-5} สำหรับวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผลและ -2.47×10^{-3} สำหรับวิธีออโตรีเกรซซีฟและเพื่อเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงได้จัดให้มีชุดทดสอบเพิ่มอีกจำนวน 16 คน พบว่าวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผลมีความชันของเส้นตรงที่ได้จากการ Regression เท่ากับ 4.725×10^{-5} หรือแตกต่างจากชุดต้น

แบบ 37.31% ในขณะที่ความชันของเส้นตรงที่ได้จากวิธีการออโตรีเกรซซีฟเท่ากับ -1.930×10^{-3} หรือแตกต่างจากชุดต้นแบบ 21.86%

และเพื่อเป็นการหาดัชนีที่ใช้ชี้วัดความใกล้เคียงกันของเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในชุดต้นแบบและผลที่ได้จากการทดสอบของชุดสัญญาณที่จะนำมาทดสอบ จึงได้กำหนดดัชนีขึ้นมา 2 ตัว คือ 1.ค่าความแตกต่างของความชันชุดต้นแบบและชุดทดสอบ และ 2. ค่า MSE จากการทดสอบกับอาสาสมัครทั้งหมด 16 คน พบว่า ค่าดัชนีทั้ง 2 ตัว ให้ค่าที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดีว่า การวิเคราะห์สัญญาณด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟให้ค่าพารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกับชุดต้นแบบมากกว่าวิธีแรงดันประสิทธิผล จึงสามารถกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของแต่ละคน(ในคนปกติ)ได้ใกล้เคียงกันดีกว่าวิธีแรงดันประสิทธิผล

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าแม้วิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟจะให้ผลของความชันของความสัมพันธ์เมื่อเปรียบเทียบกับแรงเกาะกลุ่มกันดีกว่าวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผล แต่อย่างไรก็ตาม ระหว่างชุดต้นแบบและชุดทดสอบในวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟยังให้ความสัมพันธ์ยังไม่ดีนักโดยยังคงแตกต่างกันอยู่ทั้งนี้เพราะกระบวนการวัดสัญญาณนั้นจะมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อสัญญาณที่เกิดขึ้นในการวัดสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อด้วยกันอาทิเช่น ความสมบูรณ์ของร่างกาย องค์การอนามัยโลกได้ใช้ค่าดัชนีมวลกายหรือ Body Mass Index (BMI) โดยเป็นค่าที่ได้จากการนำน้ำหนักตัวและส่วนสูง มาคำนวณเพื่อประเมินหาส่วนไขมันในร่างกาย ซึ่งค่าดังกล่าวนิยมใช้การคำนวณอย่างแพร่หลายเนื่องจากคำนวณง่ายและสามารถใช้ได้กับทุกเพศทุกวัย และทุกเชื้อชาติ โดยมีสูตรคือ

$$\text{ค่าดัชนีมวลกาย } (BMI) = \frac{weight(\text{กิโลกรัม})}{high^2(\text{เมตร}^2)} \qquad (6\text{-}1)$$

โดยค่าที่ได้จะใช้เกณฑ์ของ International Obesity Task Force (IOTF) เป็นตัวจำแนกดังตาราง 6-1

ตาราง 6-1 การจำแนกค่า BMIตามเกณฑ์ของ IOTF

ประเภท	ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร^2)
น้ำหนักตัวต่ำกว่าเกณฑ์	น้อยกว่า 18.5
น้ำหนักตัวปกติ	18.5-24.9
น้ำหนักตัวเกิน	25-29.9
โรคอ้วนขั้นที่ 1	30-34.9
โรคอ้วนขั้นที่ 2	35-39.9
โรคอ้วนขั้นที่ 3	40 ขึ้นไป

เพื่อจะวิเคราะห์ให้เห็นว่าความสมบูรณ์ของร่างกายมีผลต่อค่าแรงดันประสิทธิผลและค่าสัมประสิทธิ์ออโตรีเกรซซีฟ จึงได้คำนวณหาค่า BMI จากสมการที่ 6-1 เปรียบเทียบกับผลที่ได้หลังจากวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อด้วยวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผลและวิธีออโตรีเกรซซีฟ ในการทดสอบจะนำสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่วัดได้จากการยกน้ำหนัก 500 กรัม ที่มุม 90 องศา ของแต่ละคนมาทำการประมวลผลด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลและวิธีออโตรีเกรซซีฟ

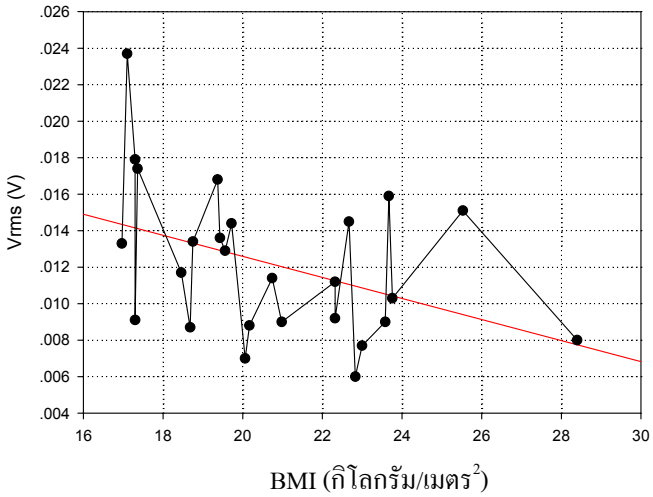
ตาราง 6-2 ค่า BMI และผลการวิเคราะห์ของอาสาสมัคร

อาสาสมัครคนที่	ส่วนสูง (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	BMI (กิโลกรัม/เมตร^2)	ค่าแรงดันประสิทธิผล (โวลท์)	สัมประสิทธิ์ออโตรีเกรซซีฟ
1	168	64	22.67	0.0145	-1.3
2	177	65	20.74	0.0114	-1.16
3	170	69	23.67	0.0159	-1.14
4	162	51	19.43	0.0136	-1.2
5	166	65	23.58	0.0090	-1.05
6	159	51	20.17	0.0088	-0.88
7	180	68	20.98	0.0090	-0.98
8	173	58	19.37	0.0168	-1.28
9	160	48	18.75	0.0134	-1.15

ตาราง 6-2 (ต่อ)

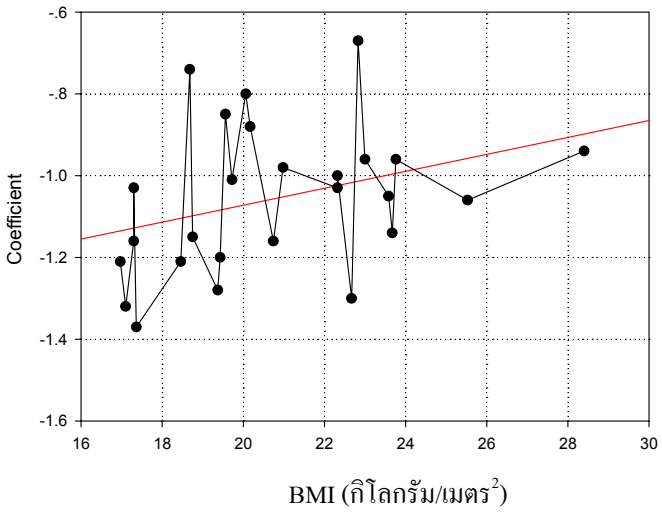
อาสาสมัครคนที่	ส่วนสูง (เซนติเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	BMI (กิโลกรัม/เมตร^2)	ค่าแรงดันประสิทธิผล (โวลท์)	สัมประสิทธิ์ออโตรีเกรซซีฟ
10	164	46	17.10	0.0237	-1.32
11	170	58	20.06	0.007	-0.8
12	180	55	16.97	0.0133	-1.21
13	170	66	22.83	0.0060	-0.67
14	174	86	28.40	0.0080	-0.94
15	180	77	23.76	0.0103	-0.96
16	167	55	19.72	0.0144	-1.01
17	172	71	23.00	0.0077	-0.96
18	177	80	25.53	0.0151	-1.06
19	178	62	19.56	0.0129	-0.85
20	170	54	18.68	0.0087	-0.74
21	168	63	22.32	0.0112	-1.03
22	168	49	17.36	0.0174	-1.37
23	171	54	18.46	0.0117	-1.21
24	168	63	22.32	0.0092	-1
25	170	50	17.30	0.0179	-1.16
26	170	50	17.30	0.0091	-1.03
ค่าเฉลี่ย	170.46	60.69	20.77	0.0122	-1.05
ค่า SD	5.82	10.38	2.88	$4.10*10^{-3}$	0.18

จากตาราง 6-2 เมื่อนำมาจัดลำดับค่า BMI เรียงจากน้อยไปมากและพล็อตกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีค่าแรงดันประสิทธิผลและวิธีออโตรีเกรซซีฟ กับค่า BMI เป็นดังภาพประกอบ 6-1 และ 6-2



ภาพประกอบ 6-1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BMI กับค่าเฉลี่ยของแรงดันประสิทธิผลพร้อมกับเส้น Regression ของอาสาสมัครทั้งหมด

จากภาพประกอบ 6-1 และ 6-2 แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าค่า BMI มีผลต่อสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่วัดจากผิวหนัง โดยที่เมื่อยกน้ำหนักที่มีขนาดเดียวกันคือ หากวิเคราะห์ด้วยวิธีค่าแรงดันประสิทธิผล ความสัมพันธ์จะแปรผันแบบผกผันดังภาพประกอบ 6-1 กล่าวคือ หากค่า BMI มากผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะลดน้อยลง โดยมีเส้นตรง Regression แสดงความสัมพันธ์คือ $V_{rms} = -5.77*10^{-4}BMI + 0.024$ นั่นหมายความว่าหากอาสาสมัครมีค่า BMI ที่น้อยปริมาณของแรงดันสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่ผ่านออกมาสู่ผิวหนังจะได้ขนาดสัญญาณที่แรง แต่ถ้ามีค่า BMI มากขนาดของสัญญาณที่วัดได้ก็จะน้อยลง จึงเปรียบเสมือนว่าชั้นผิวหนังของคนเรามีคุณสมบัติเหมือนตัวต้านทานชนิดหนึ่งก็ได้เช่นกัน แต่หากวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้กับค่า BMI จะแปรผันตรงดังภาพประกอบ 6-2 กล่าวคือ หากค่า BMI มาก ค่าสัมประสิทธิ์ที่วิเคราะห์ได้จะมากขึ้นด้วยโดยมีสมการ Regression แสดงความสัมพันธ์คือ $C = 0.0207BMI - 1.486$



ภาพประกอบ 6-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า BMI กับค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ออโตรีเกรซซีฟพร้อมกับเส้น Regression ของอาสาสมัครทั้งหมด

ดังนั้นความสมบูรณ์ของร่างกายมีผลต่อการวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธี ดังนั้นเพื่อที่จะให้การแปรปรวนของความชันที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลที่วิเคราะห์ได้กับแรงที่ใช้มีค่าน้อยลงควรนำค่า BMI มาชดเชย (Compensate) กับผลที่วิเคราะห์ได้ เพื่อจะให้ได้ความชันที่เป็นมาตรฐาน พร้อมทั้งในส่วนของโปรแกรมสามารถปรับค่าความชันของสมการได้ตลอดเวลา ซึ่งผู้วิจัยได้นำเดินการปรับปรุงโปรแกรมให้มีส่วนที่จะปรับค่าความชันใหม่ทุกครั้งที่มีการทดสอบกับอาสาสมัครคนใหม่