บทที่ 5

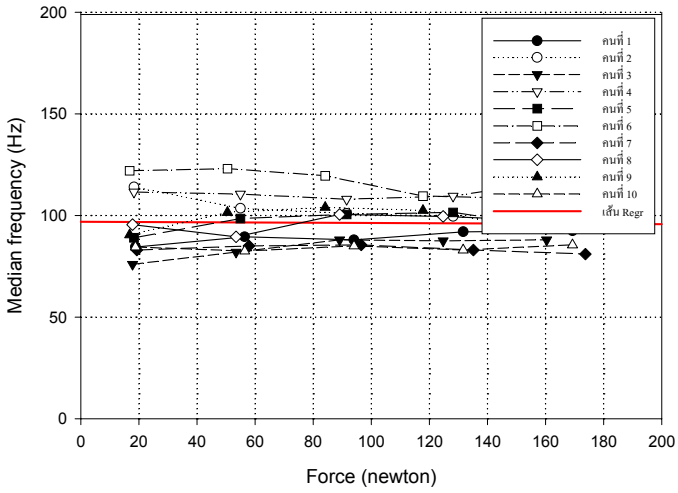
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ โดยจุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์คือ หาวิธีการวิเคราะห์ที่ให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในแต่ละคนมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยมีค่าดัชนีที่บ่งชี้ได้ ซึ่งนั่นก็คือรูปแบบที่แทนความสัมพันธ์ของสัญญาณกล้ามเนื้อกับแรงในคนปกตินั่นเอง โดยจะวิเคราะห์ทั้งในแง่ของความถี่และแอมปลิจูด ตลอดจนองศาในการงอแขน รายละเอียดและวิธีการจะแบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 ชุดด้วยกันคือ ชุดต้นแบบ (10คน) และชุดทดสอบ (16คน)

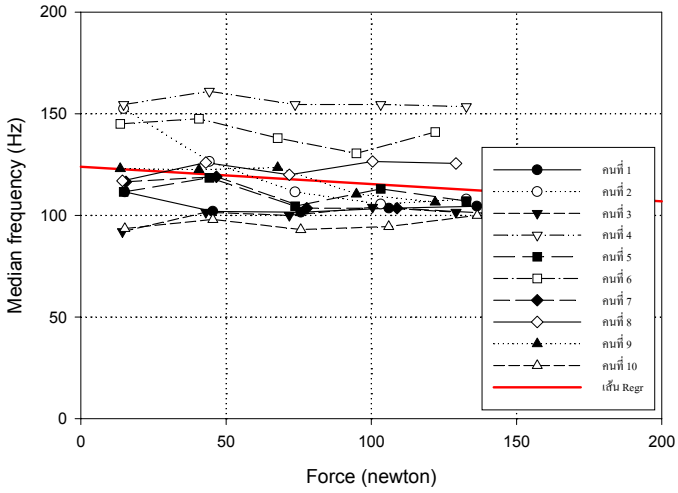
5.1 การทดสอบอาสาสมัครชุดต้นแบบ

5.1.1การวิเคราะห์ด้วยวิธีความถี่มีเดียน

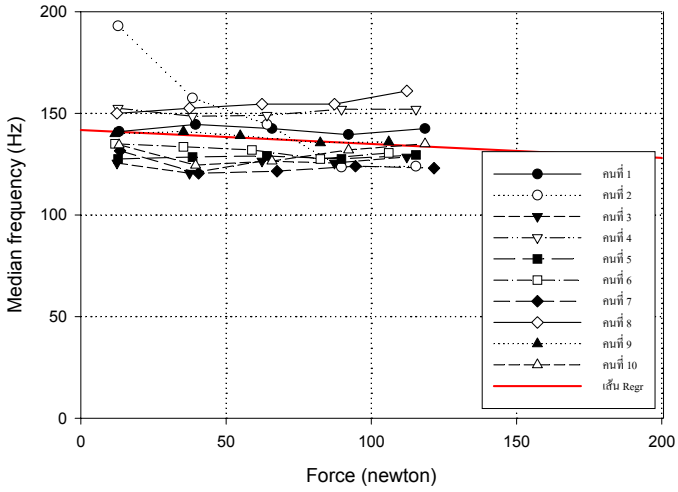
ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะให้ความสำคัญในเรื่องของความถี่ วิธีการทดลองนั้นจะให้อาสาสมัครชายที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 21-28 ปี จำนวน 10 คน แต่ละคนยกน้ำหนักที่มีขนาด 100, 300, 500, 700 และ900กรัม ตามลำดับ โดยทำมุมกับแนวดิ่งที่มุม 45, 90 และ135 องศา ตามลำดับ วิธีการทดลองได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.3.1 โดยจะทดลองจำนวนสองครั้งและนำค่าเฉลี่ยของความถี่ที่ได้ในแต่ละครั้งมาเฉลี่ยกัน ผลที่ได้ปรากฏดังนี้



ภาพประกอบ 5-1 ความถี่มีเดียนเมื่อเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 45 องศา ของอาสาสมัครทั้ง 10 คน

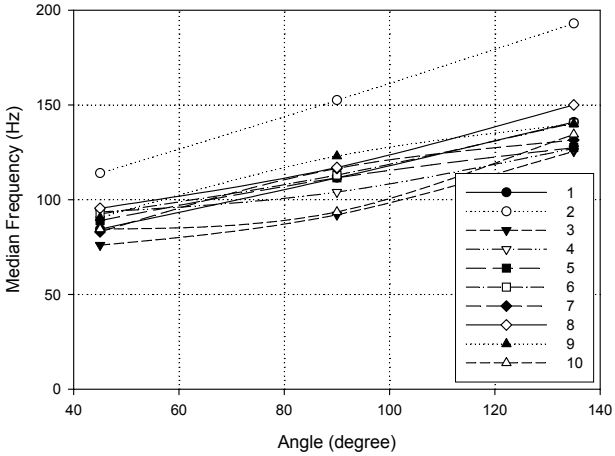


ภาพประกอบ 5-2 ความถี่มีเดียนเมื่อเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 90 องศา ของอาสาสมัครทั้ง 10 คน

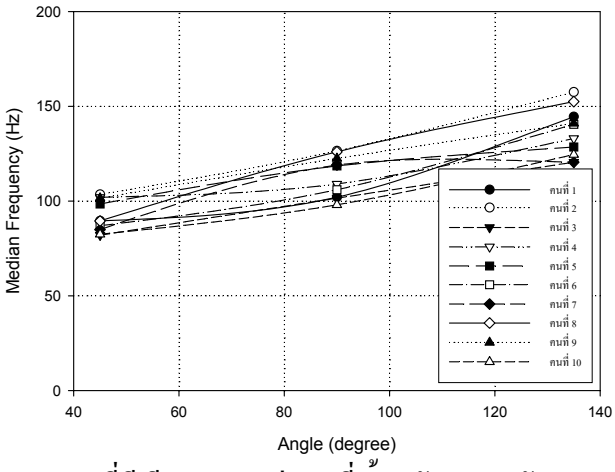


ภาพประกอบ 5-3 ความถี่มีเดียนเมื่อเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 135 องศาของอาสาสมัครทั้ง 10 คน

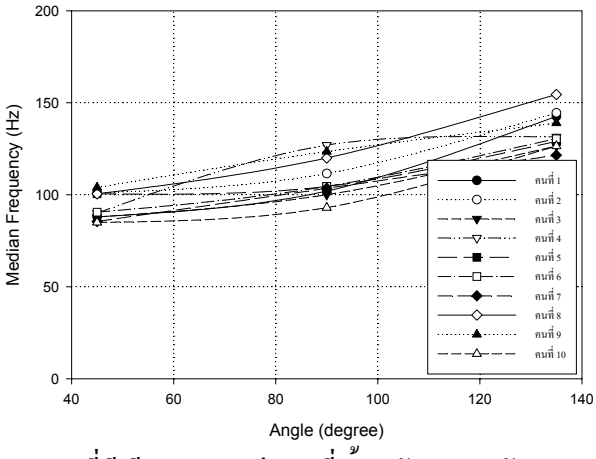
จากภาพประกอบ 5-1, 5-2 และ 5-3 สังเกตได้เป็นสองกรณีคือกรณีแรกพิจารณาในกราฟเดียวกันกล่าวคือ ความถี่มีเดียนในแต่ละองศานั้นจะค่อนข้างสม่ำเสมอแม้ว่าจะออกแรงมากขึ้นก็ตาม กรณีที่สอง เมื่อยกน้ำหนักทำมุมมากขึ้น ความถี่มีเดียนจะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย โดยที่มุม 45, 90 และ 135 องศา มีความถี่มีเดียนเฉลี่ยประมาณ 100, 125 และ 140 เฮิตรส์ ตามลำดับ และเพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้นสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 5-4 ถึง 5-8



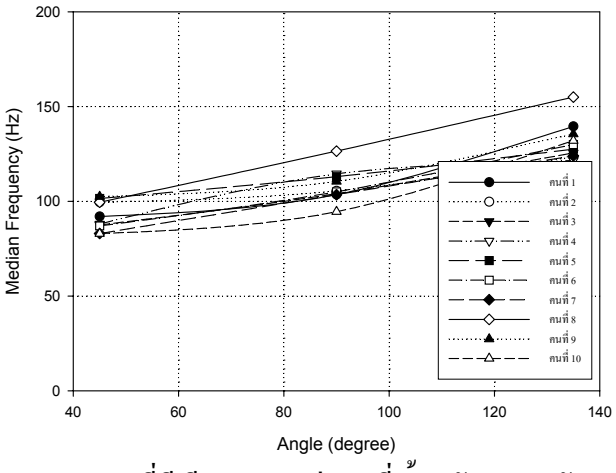
ภาพประกอบ 5-4 ความถี่มีเดียน ณ มุมต่างๆที่น้ำหนัก 100 กรัมของอาสาสมัครทั้ง 10 คน



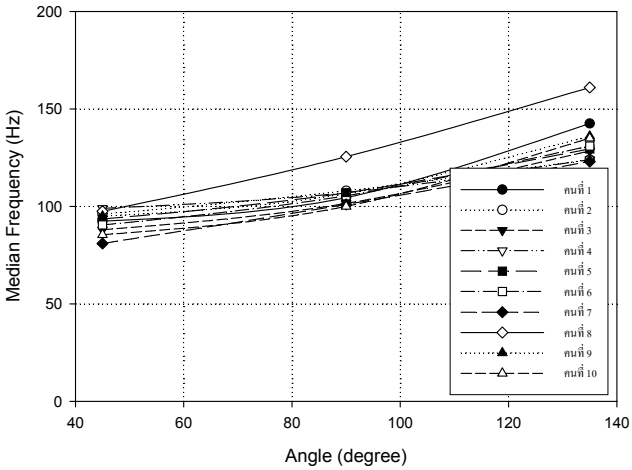
ภาพประกอบ 5-5 ความถี่มีเดียน ณ มุมต่างๆ ที่น้ำหนัก 300 กรัม ของอาสาสมัครทั้ง 10 คน



ภาพประกอบ 5-6 ความถี่มีเดียน ณ มุมต่างๆ ที่น้ำหนัก 500 กรัม ของอาสาสมัครทั้ง 10 คน



ภาพประกอบ 5-7 ความถี่มีเดียน ณ มุมต่างๆ ที่น้ำหนัก 700 กรัม ของอาสาสมัครทั้ง 10 คน



ภาพประกอบ 5-8 ความถี่มีเดียน ณ มุมต่างๆ ที่น้ำหนัก 900 กรัม ของอาสาสมัครทั้ง 10 คน

ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าเมื่อแขนทำมุมกับแนวดิ่งมากขึ้น สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อจะมีส่วนประกอบของสัญญาณความถี่สูงเข้ามามากขึ้น สัญญาณความถี่สูงที่เกิดขึ้นมาจากการที่กล้ามเนื้อหดเกร็งเพิ่มขึ้นตามการงอแขนอันเนื่องมาจากกล้ามเนื้อถูกกระตุ้นถี่ขึ้นด้วยสัญญาณประสาท ดังนั้นที่มุม 135 องศา กล้ามเนื้อจะหดเกร็งมากกว่าที่มุมอื่นๆถึงแม้ว่าที่มุมนี้จะออกแรงยกวัตถุน้อยกว่าที่มุมอื่นๆก็ตาม

5.1.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผล

การวิเคราะห์วิธีนี้จะให้ความสำคัญในเรื่องของแอมปลิจูดของสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ วิธีการทดลองนั้นใช้สัญญาณชุดเดียวกันกับหัวข้อ 5.1.1 โดยจะทดลองจำนวนสองครั้งผลการวิเคราะห์ที่ได้ในแต่ละครั้งจะนำมาเฉลี่ยกันและในวิธีนี้ได้เพิ่มการวิเคราะห์หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) ของสัญญาณเพื่อดูว่าค่าแรงดันประสิทธิผลมีการกระจายมากหรือน้อยเพียงไร ดังตาราง 5-1 ถึง 5-15

ตาราง 5-1 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 100 กรัม ที่มุม 45 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD(โวลท์)
1	18.81	0.01075	0.00093
2	18.31	0.00490	0.00028
3	17.82	0.01105	0.00107
4	18.31	0.01465	0.00087
5	18.31	0.00710	0.00086
6	16.83	0.00675	0.00051
7	19.30	0.00795	0.00081
8	17.82	0.01100	0.00065
9	16.83	0.00760	0.00064
10	18.81	0.01295	0.00123

ตาราง 5-2 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 300 กรัม ที่มุม 45 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD(โวลท์)
1	56.43	0.01230	0.00106
2	54.93	0.00545	0.00043
3	53.46	0.01225	0.00101
4	54.93	0.01585	0.00112
5	54.93	0.00725	0.00067
6	50.49	0.00725	0.00044
7	57.91	0.00700	0.00047
8	53.46	0.01315	0.00146
9	50.49	0.00985	0.00086
10	56.43	0.01930	0.00263

ตาราง 5-3 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 500 กรัม ที่มุม 45 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD(โวลท์)
1	94.05	0.01695	0.00177
2	91.55	0.00645	0.00055
3	89.10	0.01455	0.00142
4	91.55	0.02085	0.00189
5	91.55	0.00810	0.00064
6	84.15	0.00975	0.00068
7	96.52	0.00890	0.00094
8	89.10	0.01500	0.00146
9	84.15	0.01225	0.00079
10	94.05	0.02070	0.00187

ตาราง 5-4 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 700 กรัม ที่มุม 45 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	131.67	0.02505	0.00192
2	128.17	0.00655	0.00048
3	124.74	0.01385	0.00110
4	128.17	0.02085	0.00148
5	128.17	0.01030	0.00065
6	117.81	0.01255	0.00087
7	135.13	0.00960	0.00063
8	124.74	0.01675	0.00098
9	117.81	0.01210	0.00113
10	131.67	0.02310	0.00212

ตาราง 5-5 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 900 กรัม ที่มุม 45 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	169.29	0.02815	0.00373
2	164.79	0.01305	0.00120
3	160.38	0.01690	0.00119
4	164.79	0.02205	0.00110
5	164.79	0.01200	0.00088
6	151.47	0.01370	0.00077
7	173.74	0.01270	0.00124
8	160.38	0.01745	0.00159
9	151.47	0.01515	0.00122
10	169.29	0.02760	0.00288

ตาราง 5-6 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 100 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	15.15	0.00790	0.00067
2	14.75	0.00470	0.00036
3	14.35	0.01080	0.00099
4	14.75	0.01070	0.00070
5	14.75	0.00645	0.00066
6	13.56	0.00635	0.00044
7	15.55	0.00575	0.00067
8	14.35	0.01125	0.00102
9	13.56	0.01040	0.00069
10	15.15	0.01135	0.00094

ตาราง 5-7 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 300 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	45.45	0.01205	0.00100
2	44.25	0.00580	0.00048
3	43.05	0.01295	0.00083
4	44.25	0.01220	0.00068
5	44.25	0.00675	0.00045
6	40.67	0.00805	0.00044
7	46.64	0.00570	0.00044
8	43.05	0.01245	0.00077
9	40.67	0.01260	0.00089
10	45.45	0.01530	0.00113

ตาราง 5-8 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 500 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	75.75	0.01390	0.00091
2	73.76	0.01210	0.00083
3	71.76	0.01485	0.00090
4	73.76	0.01185	0.00072
5	73.76	0.00860	0.00074
6	67.78	0.00855	0.00050
7	77.79	0.00845	0.00054
8	71.76	0.01470	0.00095
9	67.78	0.01345	0.00092
10	75.75	0.01875	0.00141

ตาราง 5-9 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 700 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	106.00	0.01890	0.00144
2	103.26	0.01675	0.00167
3	100.47	0.01880	0.00125
4	103.26	0.01335	0.00062
5	103.26	0.00890	0.00052
6	94.89	0.01075	0.00081
7	108.84	0.00945	0.00074
8	100.47	0.01685	0.00096
9	94.89	0.01520	0.00146
10	106.00	0.02345	0.00240

ตาราง 5-10 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 900 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	136.35	0.02175	0.00207
2	132.76	0.01795	0.00153
3	129.17	0.02415	0.00222
4	132.76	0.01345	0.00086
5	132.76	0.01210	0.00079
6	122.00	0.00995	0.00056
7	139.94	0.01245	0.00096
8	129.17	0.01745	0.00133
9	122.00	0.01690	0.00124
10	136.35	0.02465	0.00270

ตาราง 5-11 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 100 กรัม ที่มุม 135 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	13.16	0.00845	0.00052
2	12.82	0.00480	0.00023
3	12.47	0.01095	0.00101
4	12.82	0.00065	0.01075
5	12.82	0.00675	0.00051
6	11.78	0.01185	0.00066
7	13.51	0.00780	0.00057
8	12.47	0.01875	0.00228
9	11.78	0.01385	0.00128
10	13.16	0.01855	0.00107

ตาราง 5-12 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 300 กรัม ที่มุม 135 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	39.50	0.00845	0.00052
2	38.46	0.00480	0.00023
3	37.42	0.01095	0.00101
4	38.46	0.01750	0.00065
5	38.46	0.00675	0.00051
6	35.34	0.01185	0.00066
7	40.54	0.00780	0.00057
8	37.42	0.01875	0.002285
9	35.34	0.01385	0.00128
10	39.50	0.01855	0.00107

ตาราง 5-13 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 500 กรัม ที่มุม 135 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	65.83	0.01290	0.00113
2	64.10	0.00995	0.00127
3	62.37	0.01535	0.00093
4	64.10	0.01290	0.00076
5	64.10	0.00800	0.00075
6	58.90	0.01410	0.00108
7	67.56	0.01350	0.00121
8	62.37	0.02415	0.00224
9	58.90	0.01900	0.00245
10	65.83	0.02725	0.00195

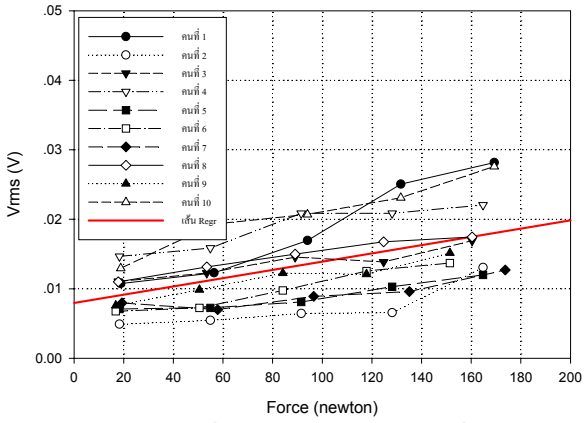
ตาราง 5-14 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 700 กรัม ที่มุม 135 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	92.17	0.01435	0.00106
2	89.74	0.01310	0.00145
3	87.32	0.01665	0.00115
4	89.74	0.01465	0.00109
5	89.74	0.00845	0.00044
6	82.46	0.01745	0.00132
7	94.59	0.01370	0.00115
8	87.32	0.02720	0.00163
9	82.46	0.02280	0.00198
10	92.17	0.00285	0.03360

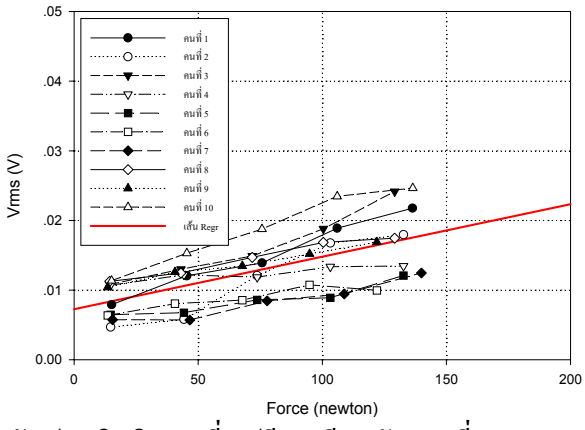
ตาราง 5-15 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีแรงดันประสิทธิผลของชุดต้นแบบน้ำหนัก 900 กรัม ที่มุม 135 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ย (โวลท์)	ค่า SD (โวลท์)
1	118.50	0.01720	0.00151
2	115.38	0.01715	0.00131
3	112.26	0.01625	0.00131
4	115.38	0.01375	0.00104
5	115.38	0.01015	0.00070
6	106.03	0.01540	0.00084
7	121.61	0.01720	0.00198
8	112.26	0.03175	0.00169
9	106.03	0.02655	0.00306
10	118.50	0.03305	0.00254

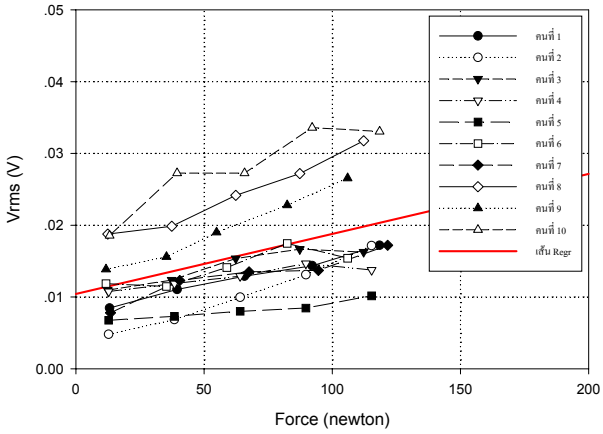
จากค่าแรงดันประสิทธิผลเฉลี่ยดังตารางข้างต้น นำมาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับแรงได้ดังภาพประกอบ 5-9 ถึง 5-11



ภาพประกอบ 5-9 แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ยเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 45 องศา ของชุดต้นแบบ



ภาพประกอบ 5-10 แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ยเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 90 องศา ของชุดต้นแบบ



ภาพประกอบ 5-11 แรงดันประสิทธิผลเฉลี่ยเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 135 องศา ของชุดต้นแบบ

จากภาพประกอบ 5-9, 5-10 และ 5-11 แสดงให้เห็นว่าทั้ง 3 มุม จะมีลักษณะของการเพิ่มขึ้นของแรงดันประสิทธิผลในลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือ จะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามแรงที่ใช้ยกในลักษณะที่ใกล้เคียงความเป็นเชิงเส้น โดยที่เมื่อทำการ Regression แล้วจะมีความชันของเส้นความสัมพันธ์ดังกล่าวดังนี้ คือ 5.941×10^{-5}, 7.538×10^{-5} และ 8.367×10^{-5} สำหรับมุม 45, 90 และ 135 องศา ตามลำดับ เส้นกราฟทุกเส้นเป็นผลมาจากการนำเอาสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อของอาสาสมัครมาประมวลผลนั้น ผลที่ได้จะไม่ได้เพิ่มขึ้นชนิดทันทีทันใดในทุกๆองศา ดังนั้นพอจะบอกได้ว่าค่าแรงดันประสิทธิผลของสัญญาณกล้ามเนื้อจะให้ความเป็นเชิงเส้นเมื่อเปรียบเทียบกับแรง โดยที่มุม 90 องศา จะมีลักษณะของกราฟเกาะกลุ่มกันมากที่สุด ดังนั้นจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการยกน้ำหนักที่มุม 90 องศา อาสาสมัครแต่ละคนจะมีแรงดันไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อใกล้เคียงกันดีกว่ามุมอื่นๆ จึงเลือกมุม 90 องศา เป็นมุมหลักในการทดลองต่อไป

5.1.3 การวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟ

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เป็นการใช้วิธีคำนวณเชิงคณิตศาสตร์ที่ให้ความสำคัญในเรื่องของสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ที่จะประกอบขึ้นเพื่อแทนรูปร่างของสัญญาณใดๆ ซึ่งในรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ในการทดลองจะทดลองจำนวนสองครั้งและนำค่าของสัมประสิทธิ์ที่ได้ในแต่ละครั้งหลังจากการวิเคราะห์มาเฉลี่ย ดังตาราง 5-16 ถึง 5-20

ตาราง 5-16 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟของชุดต้นแบบน้ำหนัก 100 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย	ค่า SD
1	15.15	-1.03	0.04046
2	14.75	-0.77	0.04511
3	14.35	-1.12	0.03007
4	14.75	-1.11	0.02506
5	14.75	-0.88	0.05807
6	13.56	-0.68	0.03473
7	15.55	-0.73	0.08108
8	14.35	-1.03	0.04863
9	13.56	-1.16	0.02752
10	15.15	-1.14	0.03230

ตาราง 5-17 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟของชุดต้นแบบน้ำหนัก 300 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย	ค่า SD
1	45.45	-1.20	0.03666
2	44.25	-0.87	0.03856
3	43.05	-1.15	0.03665
4	44.25	-1.16	0.02975
5	44.25	-0.90	0.02546
6	40.67	-0.85	0.03793
7	46.64	-0.75	0.03523
8	43.05	-1.09	0.02139
9	40.67	-1.18	0.02546
10	45.45	-1.21	0.03176

ตาราง 5-18 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟของชุดต้นแบบน้ำหนัก 500 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย	ค่า SD
1	75.75	-1.28	0.04058
2	73.76	-1.18	0.03559
3	71.76	-1.20	0.02434
4	73.76	-1.14	0.02552
5	73.76	-1.03	0.03903
6	67.78	-0.92	0.03642
7	77.79	-0.96	0.02518
8	71.76	-1.18	0.03485
9	67.78	-1.20	0.02378
10	75.75	-1.30	0.04210

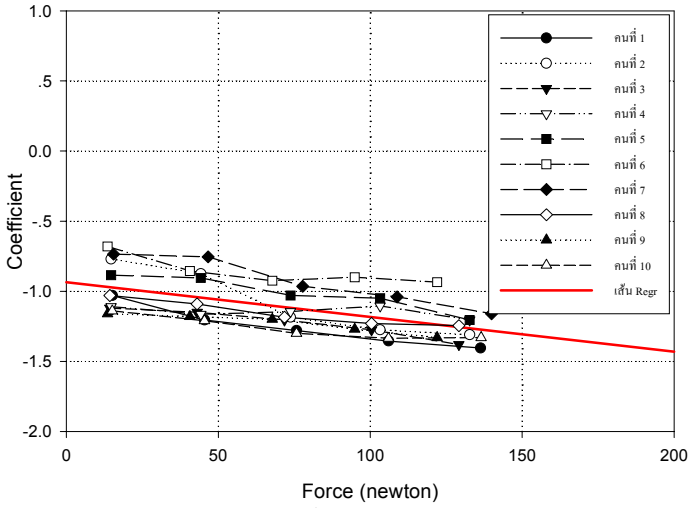
ตาราง 5-19 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟของชุดต้นแบบน้ำหนัก 700 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย	ค่า SD
1	106.00	-1.35	0.03238
2	103.26	-1.27	0.03343
3	100.47	-1.27	0.05405
4	103.26	-1.10	0.04063
5	103.26	-1.05	0.03012
6	94.89	-0.90	0.04918
7	108.84	-1.04	0.04128
8	100.47	-1.23	0.04196
9	94.89	-1.27	0.04385
10	106.00	-1.33	0.03267

ตาราง 5-20 ผลการทดลองการวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟของชุดต้นแบบน้ำหนัก 900 กรัม ที่มุม 90 องศา

อาสาสมัครคนที่	แรง (นิวตัน)	ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ย	ค่า SD
1	136.35	-1.40	0.04165
2	132.76	-1.31	0.02847
3	129.17	-1.38	0.04325
4	132.76	-1.20	0.02905
5	132.76	-1.20	0.03983
6	122.00	-0.93	0.03442
7	139.94	-1.16	0.04927
8	129.17	-1.24	0.02596
9	122.00	-1.33	0.03302
10	136.35	-1.33	0.03267

จากข้อมูลในตาราง 5-16 ถึง 5-20 นำมาพล็อตกราฟจะได้กราฟดังภาพประกอบ 5-12



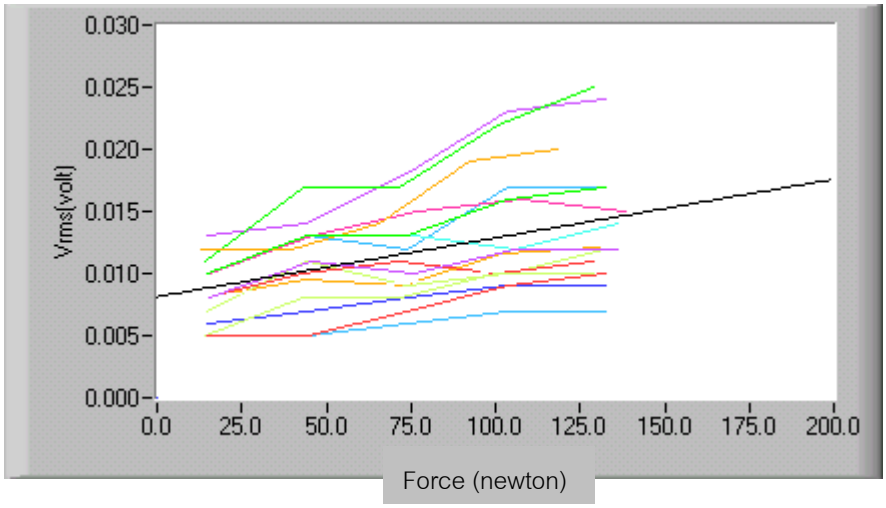
ภาพประกอบ 5-12 กราฟค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรซซีฟเปรียบเทียบกับแรงที่มุม 90 องศา

จากภาพประกอบ 5-12 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรซซีฟนี้จะมีค่าเป็นลบ ซึ่งจะมีค่าลดน้อยลงเรื่อยๆเมื่อเปรียบเทียบกับแรง การลดลงนี้จะเป็นในลักษณะที่ใกล้เคียงกับความเป็นเชิงเส้นและมีความชันของเส้น Regression คือ -2.470×10^{-3}

5.2 การทดสอบอาสาสมัครกับชุดทดสอบ

5.2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผล

ในอาสาสมัครชุดทดสอบในขั้นนี้จะมีจำนวน 16 คน เป็นชายอายุ 21 - 28 ปี ทดสอบโดยการให้ยกน้ำหนัก 100, 300, 500, 700 และ 900 กรัม ที่มุม 90 องศา ผลที่ได้ดังภาพประกอบ 5-13

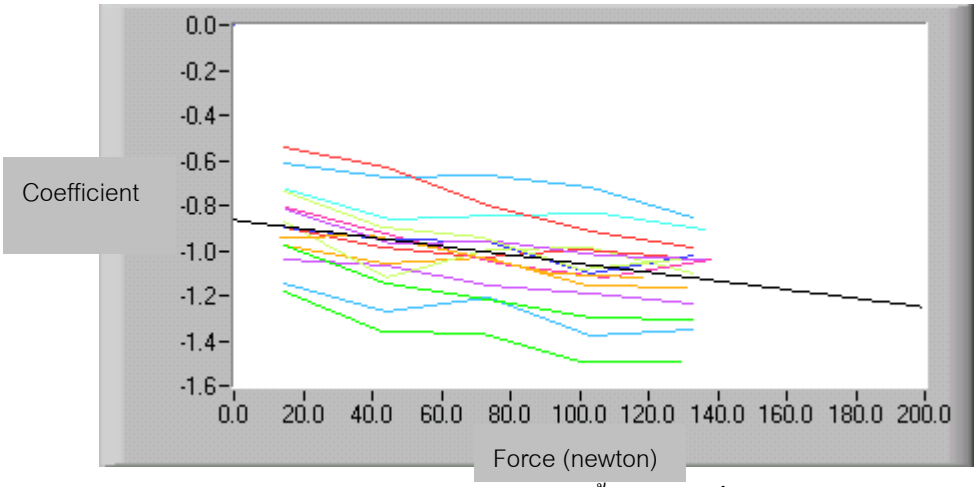


ภาพประกอบ 5-13 กราฟของอาสาสมัครชุดทดสอบทั้ง 16 คน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผล สำหรับมุม 90 องศา

จากภาพประกอบ 5-13 แสดงให้เห็นว่าเมื่อออกแรงมากขึ้นค่าเฉลี่ยแรงดันประสิทธิผลก็จะเพิ่มขึ้นไปด้วยซึ่งก็สอดคล้องกับผลที่ได้ในชุดต้นแบบแต่จะให้ค่าความชันหลังจากการ Regression คือ $m = 4.725\times10^{-5}$

5.2.2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟ

การทดลองได้กระทำเช่นเดียวกับวิธีดังกล่าวข้างต้นปรากฏผลดังนี้



ภาพประกอบ 5-14 กราฟของอาสาสมัครชุดทดสอบทั้ง 16 คน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟ สำหรับมุม 90 องศา

จากภาพประกอบ 5-14 แสดงให้เห็นว่าผลการทดสอบสอดคล้องกับการทดสอบของชุดต้นแบบกล่าวคือค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ของออโตรีเกรซซีฟจะมีค่าเป็นลบซึ่งจะมีค่าลดน้อยลงเรื่อยๆ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงและมีความชันของเส้นกราฟหลังจาก Regression คือ $m = -1.93\times10^{-3}$

ในการทดลองประมวลผลสัญญาณทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผลนั้นจะให้ค่าเฉลี่ยที่สัมพันธ์กับแรงที่ใช้ยกในลักษณะที่ค่อยๆเพิ่มขึ้นตามการออกแรงใกล้เคียงกับความเป็นเชิงเส้น ซึ่งในแต่ละคนจะมีลักษณะการเพิ่มขึ้นที่แตกต่างกัน อันเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง อาทิ ความหนาของชั้นผิวหนังเป็นต้น และเมื่อทำการ Regression กราฟชุดแรก คือ ภาพประกอบ 5-10 จะได้ความชันของเส้นตรง คือ 7.538×10^{-5} เปรียบเทียบกับชุดทดสอบ คือ ภาพประกอบ 5-13 ความชันของเส้นตรง คือ 4.725×10^{-5} หรือแตกต่างกัน 37.31 % ในขณะที่การใช้สัมประสิทธิ์อันดับที่ 1 ของออโตรีเกรซซีฟ ผลที่ได้นั้นค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์จะมีค่าเป็นลบที่ลดลงเรื่อยๆตามการออกแรงดังภาพประกอบ 5-12 จะให้รูปกราฟของแต่ละคนเกาะกลุ่มใกล้เคียงกันมากกว่าและเมื่อทำการ Regression จะได้ความชันเท่ากับ -2.470×10^{-3} เปรียบเทียบกับชุดทดสอบ คือ ภาพประกอบ 5-14 ความชันของเส้นตรง คือ -1.930×10^{-3} หรือแตกต่างกัน 21.88 % แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์อันดับที่ 1 ของออโตรีเกรซซีฟจะให้ความชันที่ใกล้เคียงกันระหว่างกลุ่มต้นแบบและกลุ่มทดสอบซึ่งให้ผลดีกว่าวิธีการหาค่าประสิทธิผล

5.3 การทดสอบหาค่าดัชนีที่ชี้วัดความแตกต่างของการทดสอบแต่ละคนกับเส้นมาตรฐาน

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการหาค่าดัชนีและโปรแกรมที่สามารถบอกถึงความแตกต่างกันระหว่างกราฟเส้นตรงมาตรฐานกับเส้นตรงที่ต้องการทดสอบในแต่ละเส้น โดยจะใช้ดัชนี 2 ตัวด้วยกันได้แก่ การหาค่าความแตกต่างของความชัน และค่า Mean Square Error (MSE) ซึ่งค่าดัชนีในหัวข้อนี้จะสามารถบอกถึงรายละเอียดของลักษณะเส้นกราฟของแต่ละคนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5.3.1 การหาค่าความแตกต่างของความชัน

ในวิธีนี้จะนำสัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อที่วัดได้จากอาสาสมัคร ประมวลผลด้วยวิธีการทั้งสอง (วิธีหาค่าแรงดันประสิทธิผลและวิธีออโตรีเกรซซีฟ) และนำกราฟที่ได้มาทำการ Regression จากนั้นจึงหาค่าความชันออกมาเพื่อเปรียบเทียบกับเส้นความชันที่ได้จากชุดต้นแบบ คือ -0.00247 สำหรับวิธีออโตรีเกรซซีฟและ 7.538×10^{-5} สำหรับวิธีหาค่าแรงดันประสิทธิผล

โดยทั้งสองวิธีค่าที่ได้จากการทดสอบจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของการหาค่าความแตกต่างของความชันโดยมีสมการ คือ

$$Percent\ Difference = \frac{m_{standard} - m_{measure}}{m_{standard}} \times 100 \qquad (5\text{-}1)$$

เมื่อ $m_{standard}$ = ความชันมาตรฐานของแต่ละวิธี

$m_{measure}$ = ค่าของความชันที่วัดได้ของแต่ละวิธีเมื่อทำการ Regression แล้ว

5.3.2 การหาค่า Mean Square Error

ในวิธีที่สองนี้จะนำผลที่ได้จากการทดสอบอาสาสมัครพล็อตเปรียบเทียบกับเส้นตรงมาตรฐานของทั้งสองวิธี และคำนวณค่า MSE ดังสมการ

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(x_i - y_i)^2 \qquad (5\text{-}2)$$

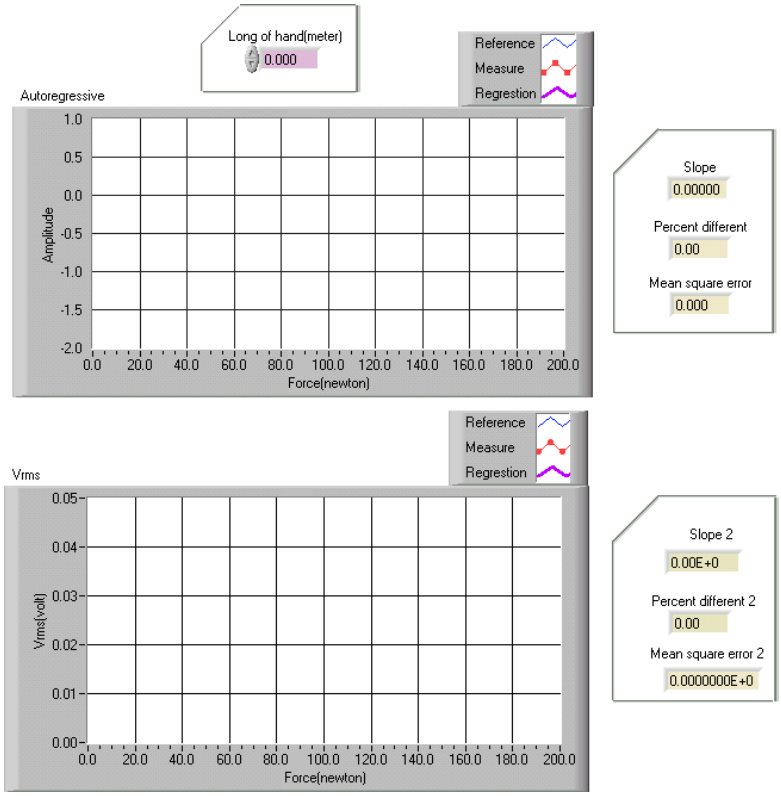
เมื่อ x = ค่าที่ได้จากเส้นตรงมาตรฐาน

y = ค่าที่ได้จากการทดสอบ

n = ข้อมูลทั้งหมด

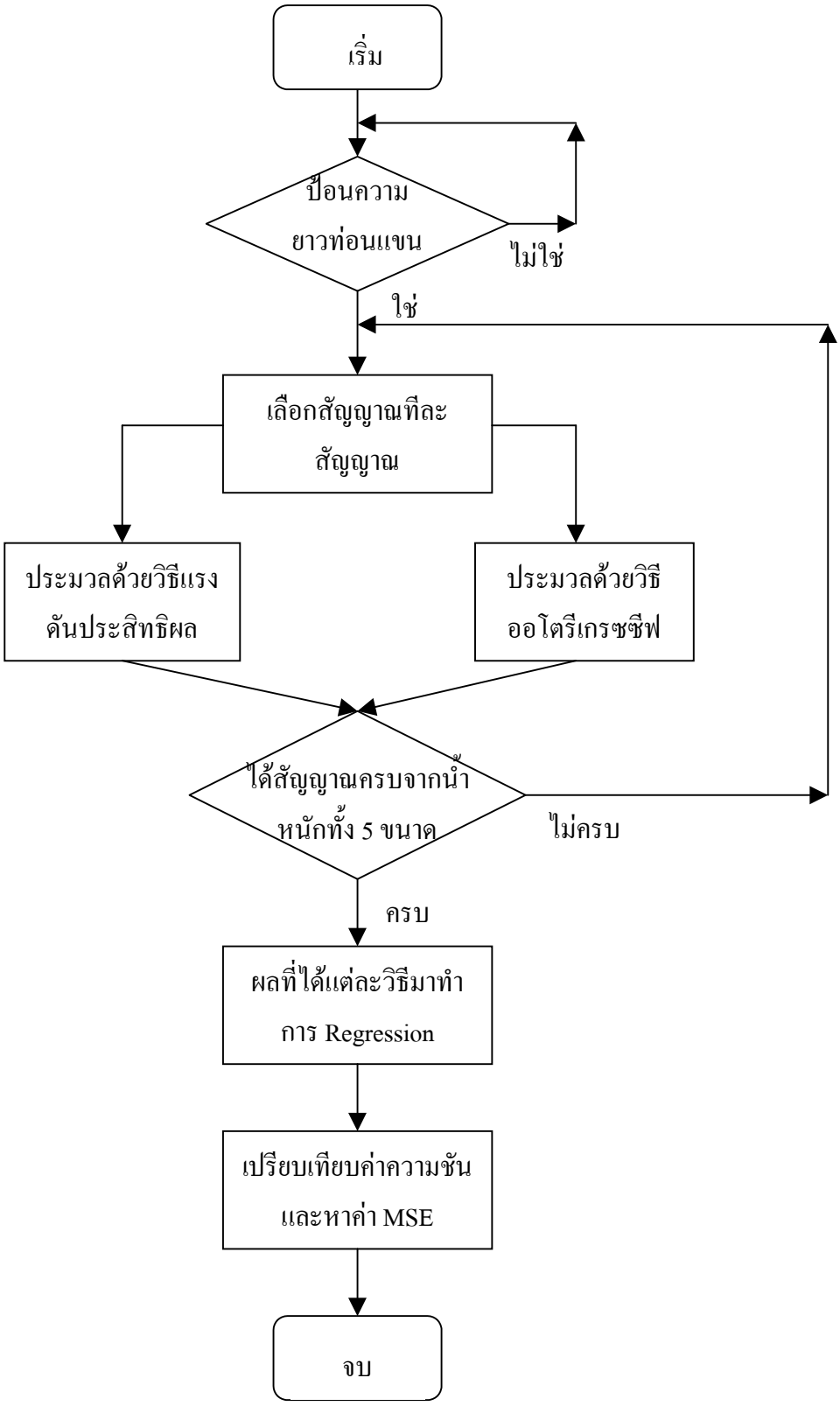
5.3.3 โปรแกรมที่ใช้คำนวณค่าดัชนีค่าความแตกต่างและค่า MSE

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้เขียนขึ้นเพื่อใช้ในงานวิจัยโดยใช้โปรแกรม LabVIEW V.6.0i ลักษณะของหน้าต่างแสดงผลเป็นดังภาพประกอบ 5-15



ภาพประกอบ 5-15 ลักษณะของโปรแกรมที่ใช้คำนวณ

ในการคำนวณมีวิธีการดังโฟลชาร์ทต่อไปนี้



ภาพประกอบ 5-16 โฟลชาร์ทในการประมวลผลหาค่าดัชนีทั้ง 2 ตัว

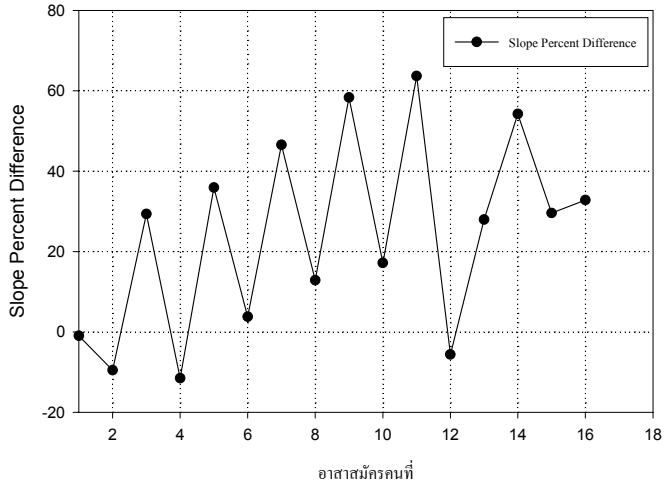
5.3.4 การทดสอบหาค่าดัชนีทั้งสองค่ากับอาสาสมัคร

ในการทดสอบจะทดสอบจากอาสาสมัครชายชุดทดสอบ อายุระหว่าง 21-28 ปี จำนวน 16 คน ผลการทดสอบเป็นดังตารางประกอบที่ 5-21

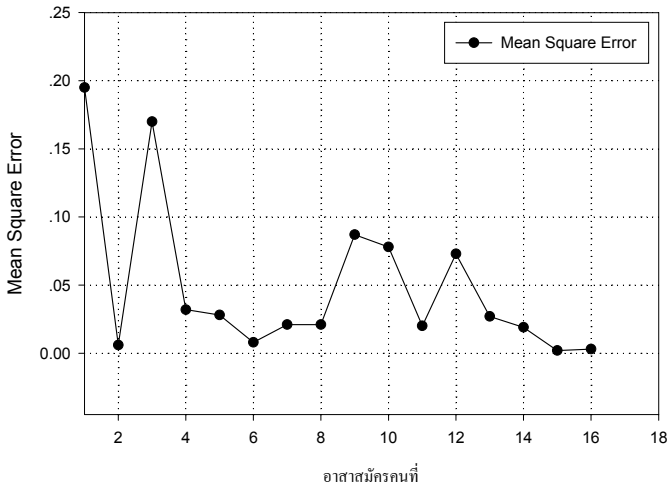
ตาราง 5-21 ค่าดัชนีบ่งชี้ความคลาดเคลื่อนด้วย Slope Percent Difference และ MSE ของแต่ละวิธี

คนที่	Autoregressive Method		V_{rms} Method	
	Slope Percent difference	MSE	Slope Percent difference	MSE
1	-0.97	0.195	56.32	$2.86*10^{-5}$
2	-9.54	0.006	22.02	$1.72*10^{-6}$
3	29.32	0.170	82.15	$5.35*10^{-5}$
4	-11.53	0.032	48.87	$2.32*10^{-5}$
5	35.90	0.028	54.37	$8.91*10^{-6}$
6	3.8	0.008	-32.89	$1.19*10^{-5}$
7	46.42	0.021	64.67	$2.69*10^{-5}$
8	12.87	0.021	42.02	$3.89*10^{-6}$
9	58.34	0.087	68.95	$6.14*10^{-6}$
10	17.17	0.078	54.65	$1.12*10^{-5}$
11	63.68	0.020	66.23	$1.11*10^{-5}$
12	-5.60	0.073	-46.72	$3.70*10^{-5}$
13	27.94	0.027	17.73	$2.75*10^{-6}$
14	54.22	0.019	61.57	$1.34*10^{-5}$
15	29.55	0.002	41.46	$3.55*10^{-5}$
16	32.81	0.003	52.91	$1.01*10^{-5}$
ค่าเฉลี่ย	24.02	0.049	40.89	$1.78*10^{-5}$
ค่า SD	24.39	0.058	35.54	$1.47*10^{-5}$

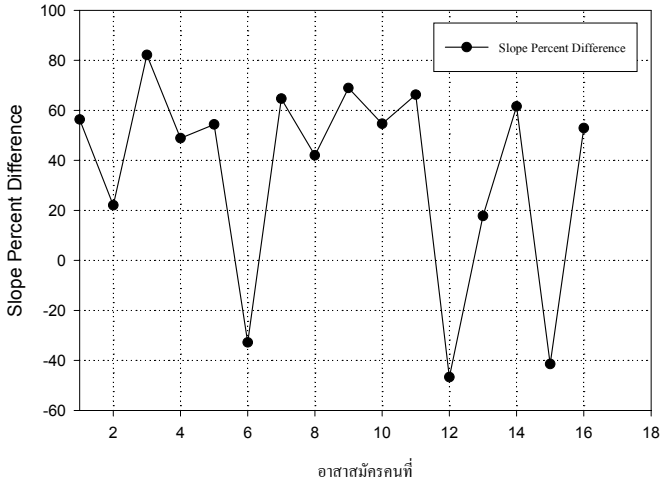
จากข้อมูลในตาราง5-21นำมาพล็อตกราฟเพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของค่าดัชนีบ่งชี้ความคลาดเคลื่อนของแต่ละวิธีเป็นดังนี้



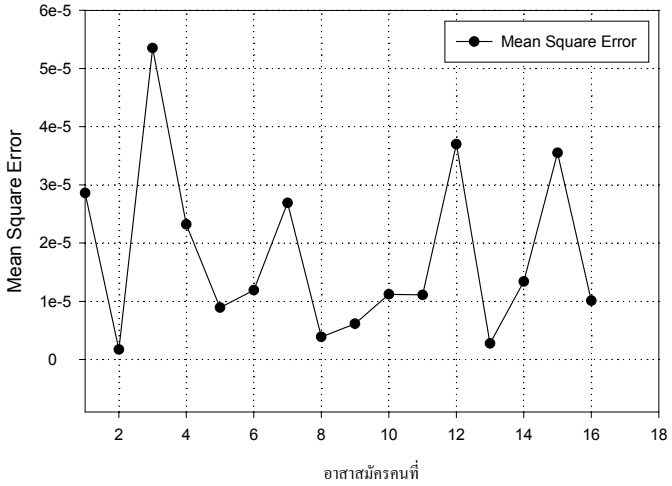
ภาพประกอบ 5-17 กราฟดัชนีค่าความแตกต่างของความชันของวิธีออโตรีเกรซซีฟกับอาสาสมัคร



ภาพประกอบ 5-18 กราฟดัชนี MSE ของวิธีออโตรีเกรซซีฟกับอาสาสมัคร



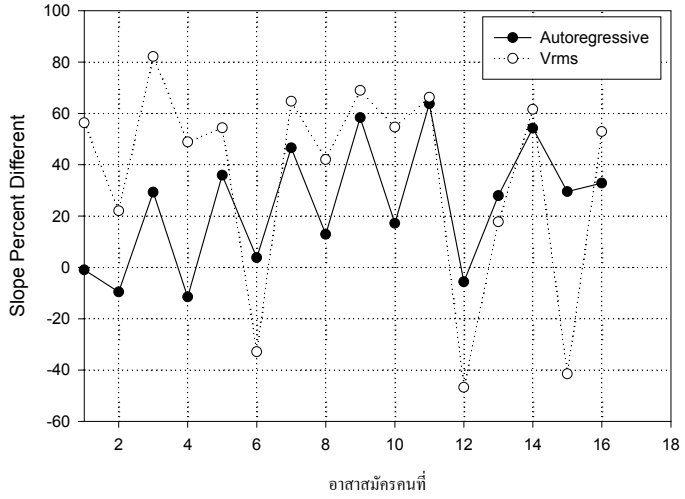
ภาพประกอบ 5-19 กราฟดัชนีค่าความแตกต่างของความชันของวิธีแรงดันประสิทธิผลกับอาสาสมัคร



ภาพประกอบ 5-20 กราฟดัชนี MSE ของวิธีแรงดันประสิทธิผลกับอาสาสมัคร

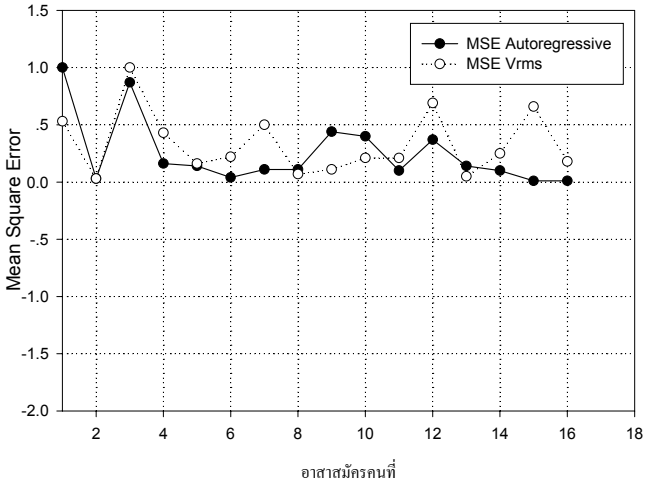
เมื่อพิจารณาเฉพาะค่าดัชนีค่าความแตกต่างของความชันดังภาพประกอบ 5-17 และ 5-19 นั้น (สามารถเปรียบเทียบกันได้เนื่องจากหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์เหมือนกัน) ภาพประกอบ 5-17 ผลที่ได้จะอยู่ในช่วง -10 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 24.02 เปอร์เซ็นต์ และค่า SD ที่ 24.39 เปอร์เซนต์ และภาพประกอบ 5-19 ผลที่ได้จะอยู่ในช่วง -40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40.89 เปอร์เซ็นต์ และค่า SD ที่ 35.54 เปอร์เซนต์ จะเห็นได้ว่าค่าดัชนีของความชันที่ได้มาจากวิธีออโตรี

เกรซซีฟให้ช่วงที่แคบกว่าและค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่าซึ่งหมายถึงความชันของเส้นที่ทำการวัดนั้นแตกต่างกับความชันของเส้นเส้นมาตรฐานน้อยกว่าอีกวิธีรวมทั้งมีค่า SD ที่ต่ำกว่าอีกด้วย ในขณะที่อีกวิธีจะอยู่ในช่วง -40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ช่วงความแตกต่างของความชันกว้างกว่า, ค่าเฉลี่ยความแตกต่างและค่า SD ที่สูงกว่า ดังแสดงได้ดังภาพประกอบ 5-21



ภาพประกอบ 5-21 กราฟเปรียบเทียบค่าของดัชนีค่าความแตกต่างของความชันที่ได้จากวิธีออโตรีเกรซซีฟกับวิธีค่าแรงดันประสิทธิผล

ต่อมาพิจารณาค่าของดัชนี MSE ที่จะนำมาเทียบเคียงกันนั้น เมื่อดูถึงสเกลที่ใช้อยู่เป็นคนละหน่วย (การได้มาซึ่งค่าของดัชนี MSE นั้นมาจากต่างวิธีกัน) จึงต้องทำให้ค่าทั้งสองเป็นค่าปกติเสียก่อนจึงจะสามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยการนำค่าสูงสุดของแต่ละชุดข้อมูล คือ 0.195 และ $5.35*10^{-5}$ หารค่า MSE ของวิธีออโตรีเกรซซีฟและค่าแรงดันประสิทธิผล ตามลำดับ และนำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟ ผลที่ได้แสดงดังภาพประกอบ 5-22



ภาพประกอบ 5-22 กราฟเปรียบเทียบค่าปกติของ MSE ระหว่างวิธีออโตรีเกรซซีฟและค่าแรงดันประสิทธิผล

จากภาพประกอบ 5-21 จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของดัชนี MSE ที่ได้จากวิธีออโตรีเกรซซีฟ มีค่าเท่ากับ 0.2519 ในขณะที่วิธีค่าแรงดันประสิทธิผลเท่ากับ 0.3312 ค่าที่ได้นี้หมายถึงเส้นกราฟของความชันที่ได้จากการวัดมีค่าแตกต่างจากเส้นมาตรฐานมากหรือน้อยเพียงไร ซึ่งค่าที่ต่ำกว่าจะหมายถึงความแตกต่างที่น้อยกว่านั่นเอง

ดังนั้นจากค่าดัชนีทั้งสองค่าคือ ค่าดัชนีค่าความแตกต่างของความชันและค่าของดัชนี MSE ให้ค่าที่สอดคล้องกันเป็นอย่างดีว่า การวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อด้วยวิธีออโตรีเกรซซีฟจะให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกันในระหว่างบุคคลมากกว่าวิธีค่าแรงดันประสิทธิผล ดังนั้นถ้าจะใช้พารามิเตอร์จากสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเปรียบเทียบกับแรงเพื่อสร้างเป็นเส้นแสดงความสัมพันธ์มาตรฐานที่สามารถนำไปใช้ระหว่างบุคคลจึงน่าจะใช้วิธีออโตรีเกรซซีฟดีกว่าการใช้วิธีการหาค่าแรงดันประสิทธิผล เนื่องจากมีค่าความชันแตกต่างกันน้อยกว่า