บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลองและทดสอบอัลกอริทึมในการประมาณค่ามวลของมะม่วงที่ไหลผ่านสายพานด้วยการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP) และเปรียบเทียบผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงที่ไหลผ่านสายพานด้วยอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี (PLC) ตามขั้นตอนวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 โดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบผลการประมาณค่ามวลด้วยวงจรกรองแบบแอนะล็อกและอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีผลการปรับปรุงระบบเครื่องชั่งมะม่วงแบบพลวัตผลการสอบเทียบมวลด้วยน้ำหนักมาตรฐาน ผลการวัดค่ามวลขณะเดินสายพานตัวเปล่าผลการทดสอบความแม่นยำในการประมาณค่าสัญญาณด้วยอุปกรณ์ DSP ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำในการประมาณค่ามวลมะม่วงวิธี DSP และ PLC ผลการทดสอบความแม่นยำในการคัดแยกมะม่วงและได้วิเคราะห์ผลการทดลองการประมาณค่ามวลมะม่วง

ผลการประมาณค่ามวลด้วยวงจรกรองแบบแอนะล็อกและอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซี

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวงจรกรองแบบแอนะล็อกและอุปกรณ์ควบคุม PLC ในการประมาณค่าสัญญาณมวลด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูลมวลตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 เริ่มต้นป้อนผลมะม่วงที่มีมวลมาตรฐาน 4 ขนาด (289 กรัม 363 กรัม 420 กรัม และ 468 กรัม) เข้าสู่บนสายพานจำนวน 25 ครั้งต่อกรณีการเดินสายพานโดยที่ปรับอัตราเร็วของสายพานเป็น 3 กรณี รวมทั้งการบันทึกการประมาณค่ามวลของผลมะม่วงที่ได้รับในแต่ละกรณีดังตาราง 6 ถึง 8 จะเห็นได้ว่า ในกรณีการเดินสายพานด้วยอัตราเร็ว 0.2 เมตรต่อวินาทีมวลเฉลี่ยที่ได้รับจาการประมาณค่าต่อมวลมาตรฐานทั้ง 4 ขนาด คือ 288.64 กรัม 363.24 กรัม 418.08 กรัม และ 467.44 กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เท่ากับ 0.60 กรัม 0.48 กรัม 1.92 กรัม และ 0.72 กรัม ตามลำดับสำหรับกรณีการเดินสายพานด้วยอัตราเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาทีมวลเฉลี่ยที่ได้รับจาการประมาณค่าต่อมวลมาตรฐานทั้ง 4 ขนาด คือ 289.08 กรัม 363.68 กรัม 418.40 กรัม และ 467.32 กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เท่ากับ 0.72 กรัม 1.08 กรัม 1.60 กรัม และ 1.08 กรัม ตามลำดับในกรณีการเดินสายพานด้วยอัตราเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาทีมวลเฉลี่ยที่ได้รับจาการประมาณค่าต่อมวลมาตรฐานทั้ง 4 ขนาด คือ 288.56 กรัม 363.00 กรัม 418.08 กรัม และ 467.04 กรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เท่ากับ 1.32 กรัม 0.88 กรัม 2.00 กรัม และ 1.44 กรัม ตามลำดับ

ตาราง 6 แสดงผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงด้วยวิธี PLC อัตราเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที

ครั้งที่	มวลมะม่วงที่ได้จากประมาณการค่า (กรัม)				ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (กรัม)			
	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม
1	288	363	418	467	1	0	2	1
2	288	363	418	466	1	0	2	2
3	288	363	417	467	1	0	3	1
4	288	363	418	466	1	0	2	2
5	288	364	418	467	1	1	2	1
6	288	363	419	468	1	0	1	0
7	288	364	418	468	1	1	2	0
8	288	362	418	468	1	1	2	0
9	288	365	416	467	1	2	4	1
10	288	363	418	467	1	0	2	1
11	289	363	418	468	0	0	2	0
12	289	364	419	467	0	1	1	1
13	289	362	417	468	0	1	3	0
14	288	363	417	468	1	0	3	0
15	289	363	418	468	0	0	2	0
16	288	363	418	468	1	0	2	0
17	289	363	420	467	0	0	0	1
18	290	364	419	467	1	1	1	1
19	289	362	418	470	0	1	2	2
20	289	363	418	468	0	0	2	0
21	289	364	417	467	0	1	3	1
22	290	363	419	468	1	0	1	0
23	289	364	419	467	0	1	1	1
24	289	364	419	466	0	1	1	2
25	290	363	418	468	1	0	2	0
Average	288.64	363.24	418.08	467.44	0.60	0.48	1.92	0.72
Max	290.00	365.00	420.00	470.00	1.00	2.00	4.00	2.00
Min	288.00	362.00	416.00	466.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S.D.	0.70	0.72	0.86	0.87	0.50	0.59	0.86	0.74

ตาราง 7 แสดงผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงด้วยวิธี PLC อัตราเร็วสายพาน 0.4 เมตร/วินาที

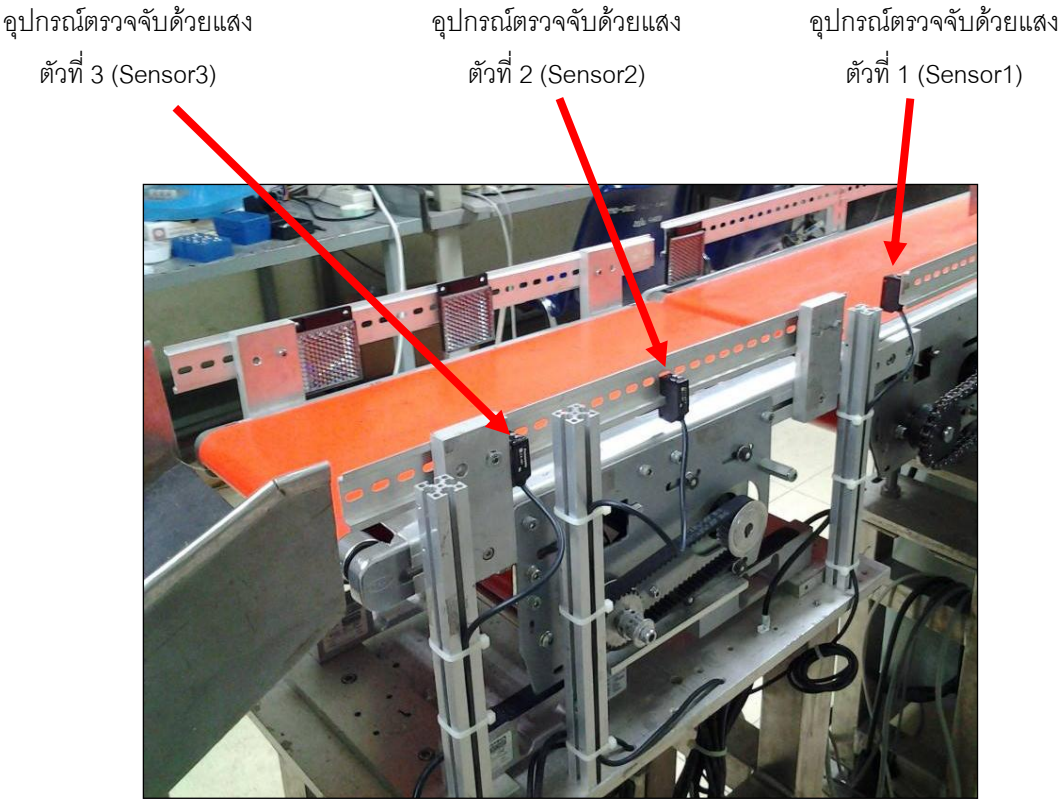
ครั้งที่	มวลมะม่วงที่ได้จากประมาณการค่า (กรัม)				ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (กรัม)			
	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม
1	287	361	420	466	2	2	0	2
2	288	365	418	468	1	2	2	0
3	287	362	418	468	2	1	2	0
4	290	362	420	467	1	1	0	1
5	290	364	420	468	1	1	0	0
6	289	364	417	465	0	1	3	3
7	290	365	419	468	1	2	1	0
8	291	365	418	465	2	2	2	3
9	289	364	418	467	0	1	2	1
10	289	363	416	466	0	0	4	2
11	289	365	419	465	0	2	1	3
12	289	363	419	466	0	0	1	2
13	290	365	417	467	1	2	3	1
14	289	365	418	468	0	2	2	0
15	290	363	418	465	1	0	2	3
16	289	364	418	468	0	1	2	0
17	290	363	418	468	1	0	2	0
18	290	362	417	469	1	1	3	1
19	290	363	418	468	1	0	2	0
20	288	364	420	469	1	1	0	1
21	288	364	418	467	1	1	2	1
22	288	363	419	469	1	0	1	1
23	289	364	419	468	0	1	1	0
24	289	366	419	469	0	3	1	1
25	289	363	419	469	0	0	1	1
Average	289.08	363.68	418.40	467.32	0.72	1.08	1.60	1.08
Max	291.00	366.00	420.00	469.00	2.00	3.00	4.00	3.00
Min	287.00	361.00	416.00	465.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S.D.	1.00	1.22	1.04	1.38	0.68	0.86	1.04	1.08

ตาราง 8 แสดงผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงด้วยวิธี PLC อัตราเร็วสายพาน 0.6 เมตร/วินาที

ครั้งที่	มวลมะม่วงที่ได้จากประมาณการค่า (กรัม)				ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (กรัม)			
	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม
1	288	364	419	467	1	1	1	1
2	286	363	419	467	3	0	1	1
3	287	362	418	467	2	1	2	1
4	291	362	418	466	2	1	2	2
5	286	363	418	466	3	0	2	2
6	288	366	417	466	1	3	3	2
7	287	364	419	466	2	1	1	2
8	285	362	416	468	4	1	4	0
9	287	363	419	467	2	0	1	1
10	289	362	418	467	0	1	2	1
11	289	364	418	468	0	1	2	0
12	289	364	419	466	0	1	1	2
13	288	362	419	471	1	1	1	3
14	287	362	420	467	2	1	0	1
15	289	364	418	468	0	1	2	0
16	291	363	417	466	2	0	3	2
17	290	361	419	470	1	2	1	2
18	289	363	418	465	0	0	2	3
19	289	363	417	467	0	0	3	1
20	290	362	417	467	1	1	3	1
21	291	364	418	465	2	1	2	3
22	290	363	417	469	1	0	3	1
23	291	364	415	468	2	1	5	0
24	289	364	421	465	0	1	1	3
25	288	361	418	467	1	2	2	1
Average	288.56	363.00	418.08	467.04	1.32	0.88	2.00	1.44
Max	291.00	366.00	421.00	471.00	4.00	3.00	5.00	3.00
Min	285.00	361.00	415.00	465.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S.D.	1.69	1.15	1.26	1.46	1.11	0.73	1.12	0.96

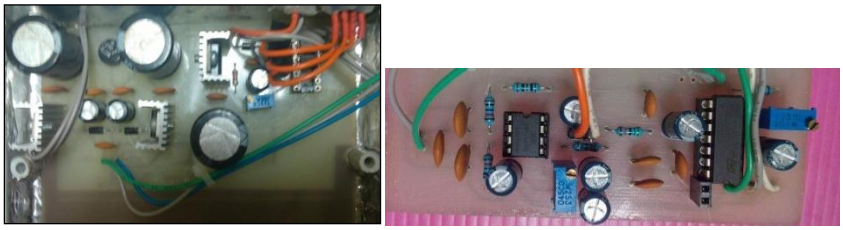
ผลการปรับปรุงระบบเครื่องชั่งมะม่วงแบบพลวัต

ทำการเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงทั้ง 3 ตัว ดังแสดงไว้ในภาพ 36 เพื่อรองรับวิธีการประมาณค่าของมวลมะม่วงที่นำเสนอตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ด้วยการใช้วงจรกรองแบบดิจิทัลร่วมกับอุปกรณ์ DSP

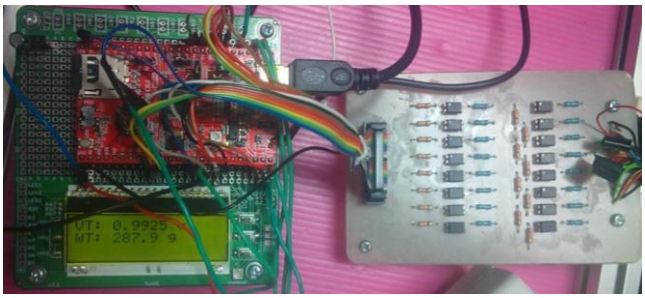


ภาพ 36 แสดงตำแหน่งการว่างอุปกรณ์ตรวจจับมะม่วงที่ผ่านเข้าบนสายพาน

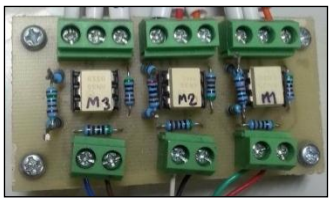
ได้ทำการออกแบบและพัฒนาวงจรอิเล็กทรอนิสท์ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงระบบเครื่องชั่งมะม่วงแบบพลวัตตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งประกอบด้วยวงจรแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง ±15 และ 10 โวลต์กับวงจรออปโตไอโซเลทดังแสดงไว้ในภาพ 37(ก) อุปกรณ์ของวงจรปรับปรุงสัญญาณ ดังแสดงไว้ในภาพ 37(ข) อุปกรณ์ของวงจรวัดและประมวลผล สัญญาณดิจิทัลและชุดการเชื่อมต่อระหว่าง DSP กับ PLC ดังแสดงไว้ในภาพ 37(ค) และอุปกรณ์ของวงจรปรับความเร็วรอบมอเตอร์ ดังแสดงไว้ในภาพ 37(ง) เมื่อรวมวงจรย่อยทั้งหมดที่กล่าวมาเชื่อมต่อลงภายในอุปกรณ์เดียวกันจะได้ชุดอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณที่ใช้ในการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลของน้ำหนักบนสายพานที่วัดได้จากโหลดเซลดังแสดงไว้ในภาพ 38



(ก) (ข)

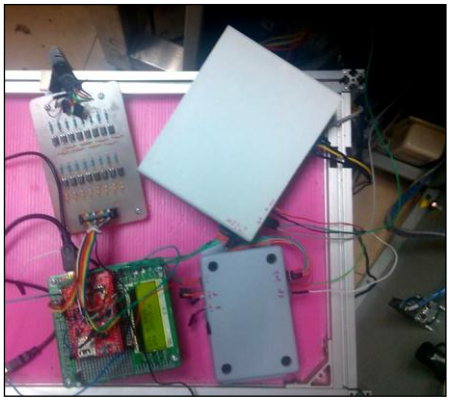


(ค)



(ง)

ภาพ 37 แสดง(ก) วงจรแหล่งกำเนิดแรงดันและวงจรออปโตไอโซเลท
(ข) อุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณ
(ค) อุปกรณ์วัดและประมวลผลสัญญาณดิจิทัลและชุดการเชื่อมต่อระหว่าง DSP กับ PLC
(ง)อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์



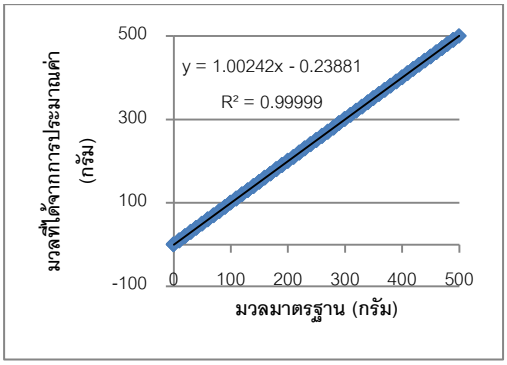
ภาพ 38 แสดงอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณน้ำหนักที่พัฒนาขึ้น

ผลการสอบเทียบมวลด้วยน้ำหนักมาตรฐาน

เพื่อทดสอบหาความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณน้ำหนักที่พัฒนาขึ้น เริ่มต้นด้วยการหาค่าพิสัยของแรงดันระหว่างมวลต่ำสุดและมวลสูงสุด ได้ทดลองชั่งมวลมาตรฐานขนาด 0 กรัม และ 500 กรัมที่วางบนสายพานและใช้โวลต์มิเตอร์วัดขนาดแรงดันสัญญาณขาออกของชุดอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณพร้อมทั้งบันทึกค่าข้อมูลมวลและแรงดันที่ได้รับลงในตาราง 9 เมื่อวางมวล 10 ครั้ง จะได้ค่าเฉลี่ยแรงดันของมวล 0 และ 500 กรัมเท่ากับ 0.2508 โวลต์ และ 1.9846 โวลต์ ตามลำดับดังนั้น ค่าพิสัยของมวลมีค่าเท่ากับ Δ = 1.9846 - 0.2508= 1.7338 โวลต์ ต่อมานำค่าพิสัย Δ = 1.7338 โวลต์ ไปแทนในสมการแปลงหน่วยจากโวลต์เป็นกรัม ดังสมการเส้นตรง $y=(500/\Delta)(x-v_0)$ โดยที่ x, y และ v_0 คือ แรงดันขาออกของอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณ (โวลต์) มวลที่ได้รับจากการประมาณค่าขณะมีวัตถุอยู่บนสายพาน (กรัม) และแรงดันขาออกขณะที่ไม่มีวัตถุอยู่บนสายพาน (โวลต์) โดยมีการปรับปรุงค่าของ v_0 ทุกครั้งก่อนวัตถุเข้าสู่สายพานเมื่อได้นำมวลมาตรฐานขนาด 51 อัน {0, 10, 20, 30, 40, …, 500 กรัม} มาสอบเทียบวัดบนสายพาน ดังภาพ 39 พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชั่นเชิงเส้น (Linear Correlation Coefficient; R^2) เท่ากับ 0.99999 และได้รับความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ประมาณค่ากับมวลมาตรฐานในเชิงบวกระดับสูงและมีลักษณะเป็นเส้นตรงออกจากจุดกำเนิด

ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลมาตรฐานกับแรงดันขาออกที่อ่านได้จากชุดอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณ

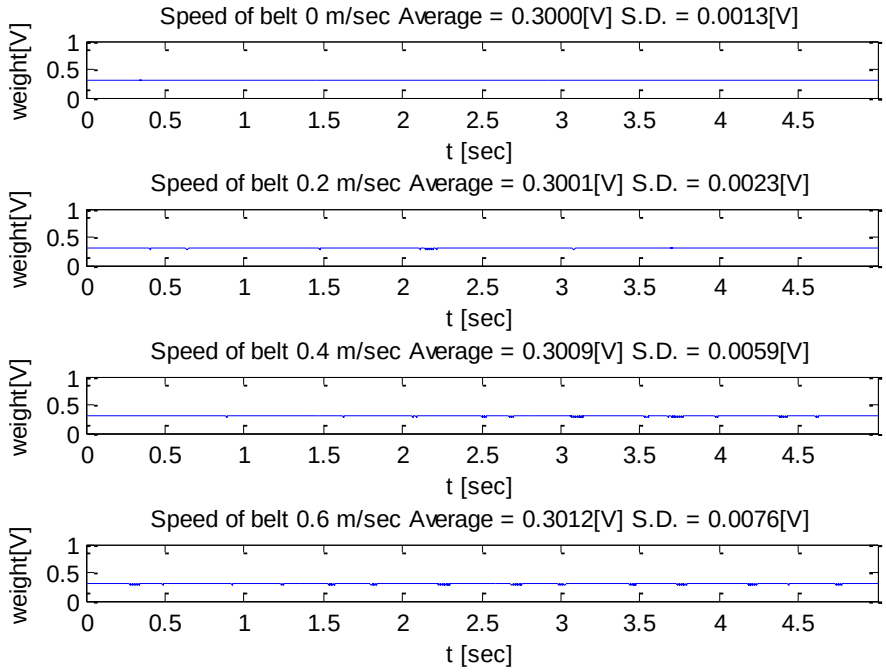
มวล	ค่ามวลที่ประมาณค่าได้รับจากโวลต์มิเตอร์ครั้งที่										
(กรัม)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
0	0.2504	0.2499	0.2504	0.2506	0.2510	0.2510	0.2505	0.2506	0.2515	0.2516	0.2508
500	1.9829	1.9823	1.9841	1.9842	1.9844	1.9839	1.9855	1.9860	1.9866	1.9864	1.9846



ภาพ 39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลที่ได้จากการประมาณค่ากับมวลมาตรฐาน

ผลการวัดค่าของแรงดันขาออกของอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณขณะที่ไม่มีวัตถุวางอยู่บนสายพานเดินตัวเปล่า

เมื่อทดลองเดินสายพานชั่งน้ำหนักแบบตัวเปล่าด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 เมตรต่อวินาที ทำการวัดและบันทึกค่าของแรงดันขาออกของอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณในหน่วยโวลต์ (v_0) ดังแสดงผลเส้นโค้งไว้ในภาพ 40 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงดันทั้ง 4 กรณีมีค่าเท่ากัน คือ 0.30โวลต์ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.0 โวลต์



ภาพ 40 แสดงค่าของสัญญาณขาออกของอุปกรณ์ปรับสัญญาณขณะเดินสายพานตัวเปล่า

ผลการประมาณค่ามวลด้วยวงจรกรองแบบดิจิทัลและอุปกรณ์ควบคุมดีเอสพี

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวงจรกรองแบบดิจิทัลและอุปกรณ์ควบคุมการประมวลผลสัญญาณดิจิทัลในการประมาณค่ามวลที่อยู่บนสายพานขณะเคลื่อนที่ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูลมวลตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 เริ่มต้นป้อนผลมะม่วงที่มีมวลมาตรฐาน 4 ขนาด (289 กรัม 363 กรัม 420 กรัม และ 468 กรัม) เข้าสู่บนสายพาน จำนวน 25 ครั้งต่อกรณีการเดินสายพานโดยที่ปรับอัตราเร็วของสายพานเป็น 3 กรณี คือ กรณีเดินด้วยอัตราเร็ว 0.2 เมตรต่อวินาที กรณีเดินด้วยอัตราเร็ว 0.4 เมตรต่อวินาที และกรณีเดินด้วยอัตราเร็ว 0.6 เมตรต่อวินาที พร้อมทั้งทำการบันทึกการประมาณค่ามวลของผลมะม่วงที่ได้รับในแต่ละกรณีดังแสดงไว้ในตาราง 10 ถึงตาราง 12

ตาราง 10 แสดงผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงด้วยวิธี DSP อัตราเร็วสายพาน 0.2 เมตร/วินาที

ครั้งที่	มวลมะม่วงที่อ่านได้ (กรัม)				ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (กรัม)			
	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม
1	289	363	419	468	0	0	1	0
2	288	364	420	466	1	1	0	2
3	289	364	418	469	0	1	2	1
4	291	363	420	468	2	0	0	0
5	289	362	419	468	0	1	1	0
6	289	363	421	469	0	0	1	1
7	289	363	423	471	0	0	3	3
8	289	364	419	468	0	1	1	0
9	288	363	419	469	1	0	1	1
10	289	364	422	468	0	1	2	0
11	288	363	420	469	1	0	0	1
12	289	363	419	469	0	0	1	1
13	288	363	421	469	1	0	1	1
14	289	362	418	470	0	1	2	2
15	289	364	419	468	0	1	1	0
16	290	364	418	468	1	1	2	0
17	289	364	420	469	0	1	0	1
18	290	365	418	469	1	2	2	1
19	289	360	420	470	0	3	0	2
20	289	363	420	467	0	0	0	1
21	289	363	420	469	0	0	0	1
22	289	362	419	467	0	1	1	1
23	290	363	419	469	1	0	1	1
24	289	363	419	468	0	0	1	0
25	289	363	419	468	0	0	1	0
Average	289.04	363.12	419.56	468.52	0.36	0.60	1.00	0.84
Max	291.00	365.00	423.00	471.00	2.00	3.00	3.00	3.00
Min	288.00	360.00	418.00	466.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S.D.	0.68	0.97	1.23	1.05	0.57	0.76	0.82	0.80

ตาราง 11 แสดงผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงด้วยวิธี DSP อัตราเร็วสายพาน 0.4 เมตร/วินาที

ครั้งที่	มวลมะม่วงที่อ่านได้ (กรัม)				ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (กรัม)			
	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม
1	287	362	420	467	2	1	0	1
2	287	363	420	469	2	0	0	1
3	291	363	419	469	2	0	1	1
4	287	362	419	467	2	1	1	1
5	287	362	420	468	2	1	0	0
6	288	362	421	467	1	1	1	1
7	288	363	419	467	1	0	1	1
8	289	362	420	468	0	1	0	0
9	290	362	417	467	1	1	3	1
10	289	361	421	468	0	2	1	0
11	288	362	419	468	1	1	1	0
12	288	364	419	468	1	1	1	0
13	286	361	418	467	3	2	2	1
14	289	361	418	468	0	2	2	0
15	290	364	418	468	1	1	2	0
16	288	364	419	468	1	1	1	0
17	289	362	419	467	0	1	1	1
18	287	364	419	469	2	1	1	1
19	290	362	420	468	1	1	0	0
20	288	363	419	468	1	0	1	0
21	289	363	420	466	0	0	0	2
22	288	365	423	468	1	2	3	0
23	289	364	419	467	0	1	1	1
24	288	363	420	469	1	0	0	1
25	289	362	420	469	0	1	0	1
Average	288.36	362.64	419.44	467.80	1.04	0.92	0.96	0.60
Max	291.00	365.00	423.00	469.00	3.00	2.00	3.00	2.00
Min	286.00	361.00	417.00	466.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S.D.	1.19	1.08	1.19	0.82	0.84	0.64	0.89	0.58

ตาราง 12 แสดงผลการประมาณค่ามวลของมะม่วงด้วยวิธี DSP อัตราเร็วสายพาน 0.6 เมตร/วินาที

ครั้งที่	มวลมะม่วงที่อ่านได้ (กรัม)				ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (กรัม)			
	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม	289 กรัม	363 กรัม	420 กรัม	468 กรัม
1	290	362	420	468	1	1	0	0
2	289	361	418	467	0	2	2	1
3	289	362	421	465	0	1	1	3
4	287	361	419	469	2	2	1	1
5	290	362	418	469	1	1	2	1
6	289	362	418	466	0	1	2	2
7	286	363	421	467	3	0	1	1
8	289	363	419	468	0	0	1	0
9	286	362	422	468	3	1	2	0
10	287	361	421	471	2	2	1	3
11	287	362	421	468	2	1	1	0
12	287	362	419	468	2	1	1	0
13	292	363	420	469	3	0	0	1
14	287	365	421	468	2	2	1	0
15	289	364	419	468	0	1	1	0
16	289	363	418	468	0	0	2	0
17	287	362	417	468	2	1	3	0
18	288	363	418	468	1	0	2	0
19	287	363	420	466	2	0	0	2
20	291	361	418	467	2	2	2	1
21	287	363	419	466	2	0	1	2
22	287	362	419	466	2	1	1	2
23	288	362	418	469	1	1	2	1
24	288	360	417	469	1	3	3	1
25	287	362	421	466	2	1	1	2
Average	288.12	362.24	419.28	467.68	1.44	1.00	1.36	0.96
Max	292.00	365.00	422.00	471.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Min	286.00	360.00	417.00	465.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S.D.	1.54	1.05	1.43	1.35	1.00	0.82	0.81	0.98

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำในการประมาณค่ามวลมะม่วงทั้งสองวิธี

เปรียบเทียบประสิทธิภาพความแม่นยำในการประมวลผลด้วยวิธีการประมวลผลสัญญาณด้วยอุปกรณ์ประมวลผลดิจิทัล (DSP) กับวิธีการประมวลผลสัญญาณด้วยพีแอลซี (PLC) เปรียบเทียบด้วยค่าเฉลี่ยในการประมาณค่ามวลมะม่วงในแต่ละวิธีผลลัพธ์ดังตาราง 13 และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์มวลของมะม่วงในแต่ละวิธี ได้ผลลัพธ์ดังตาราง 14

ตาราง 13 แสดงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลของมะม่วงทั้งสี่ขนาดที่ได้รับจากทั้ง 2 วิธี

อัตราเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)	ค่าเฉลี่ยมวลของมวลมะม่วง (กรัม)							
	เล็ก 289 กรัม		กลาง 363 กรัม		ใหญ่ 420 กรัม		ใหญ่พิเศษ 468 กรัม	
	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP
0.2	288.64	289.04	363.24	363.12	418.08	419.56	467.44	468.52
0.4	289.08	288.36	363.68	362.64	418.40	419.44	467.32	467.80
0.6	288.56	288.12	362.00	362.24	418.08	419.28	467.04	467.68
เฉลี่ย	288.76	288.51	363.31	362.67	418.19	419.43	467.27	468.00
S.D.	1.21	1.23	1.08	1.08	1.06	1.28	1.26	1.14

ตาราง 14 แสดงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ที่ได้รับจากทั้ง 2 วิธี

อัตราเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ของมวลมะม่วง (กรัม)							
	เล็ก 289 กรัม		กลาง 363 กรัม		ใหญ่ 420 กรัม		ใหญ่พิเศษ 468 กรัม	
	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP
0.2	0.60	0.36	0.48	0.60	1.92	1.00	0.72	0.84
0.4	0.72	1.04	1.08	0.92	1.60	0.96	1.08	0.60
0.6	1.32	1.44	0.88	1.00	2.00	1.36	1.44	0.96
เฉลี่ย	0.88	0.95	0.81	0.84	1.84	1.11	1.08	0.80
S.D.	0.85	0.93	0.77	0.75	1.01	0.85	0.97	0.81

จะเห็นได้ว่า ค่าความถูกต้องในการประมาณค่ามวลในแต่ละกระบวนการยังขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของสายพานเครื่องชั่งน้ำหนักแบบพลวัต กรณีมะม่วงขนาดเล็ก (289 กรัม) การประมาณค่ามวลของวิธีพีแอลซี ให้ผลการประมาณค่ามวลดีกว่าวิธีดีเอสพี แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบกับกรณีมะม่วงขนาดกลาง (363 กรัม) ขนาดใหญ่ (420 กรัม) และขนาดใหญ่พิเศษ (468 กรัม) พบว่าการประมาณค่ามวลที่ได้รับจากวิธี DSP ให้ผลการประมาณค่ามวลได้ดีกว่าวิธี PLC

ผลการทดสอบความแม่นยำในการคัดแยกมะม่วง

ทดลองการคัดแยกมะม่วงทั้งสี่ขนาด โดยนำมะม่วงจำนวน 90 ผล คละขนาดแล้วนำมาแบ่งเกรดน้ำหนักออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับขนาดเล็ก (ต่ำกว่า 220 กรัม) จำนวน 13 ผล ระดับขนาดกลาง (220 - 299 กรัม) จำนวน 34 ผล ระดับขนาดใหญ่ (300 - 379 กรัม) จำนวน 28 ผลและระดับขนาดใหญ่พิเศษ (มากกว่า 379 กรัม) จำนวน 14 ผล ได้แสดงรายละเอียดดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงจำนวนผลมะม่วงที่ชั่งด้วยการชั่งแบบนิ่ง

เกรดมะม่วง	น้ำหนักมะม่วงที่ใช้ทดสอบ (กรัม)	จำนวน (ผล)
ขนาดเล็ก (ต่ำกว่า 220 กรัม)	182g, 186g, 191g, 191g, 197g, 204g, 209g, 209g, 210g, 210g, 215g, 217g, 218g	13
ขนาดกลาง (220 - 299 กรัม)	220g, 221g, 223g, 223g, 223g, 224g, 227g, 228g, 231g, 236g, 242g, 243g, 246g, 248g, 251g, 252g, 254g, 258g, 258g, 260g, 260g, 266g, 266g, 267g, 268g, 271g, 275g, 276g, 282g, 282g, 290g, 291g, 291g, 299g	34
ขนาดใหญ่ (300 - 379 กรัม)	300g, 302g, 302g, 305g, 306g, 307g, 308g, 308g, 310g, 310g, 310g, 321g, 331g, 333g, 338g, 339g, 342g, 342g, 345g, 349g, 351g, 363g, 366g, 366g, 371g, 372g, 373g, 377g, 377g,	29
ขนาดใหญ่พิเศษ (มากกว่า 379 กรัม)	387g, 389g, 394g, 409g, 410g, 416g, 417g, 420g, 421g, 422g, 428g, 429g, 447g, 468g	14
รวม	26,882g	90

หมายเหตุ: เนื่องจากทำการทดลองนอกช่วงฤดูของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ จึงเลือกใช้มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ในการทดลองและทำการแบ่งเกรดขนาดเกณฑ์การคัดแยกมะม่วงตามกลุ่มข้อมูลน้ำหนักมะม่วงที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อทำการทดลองการคัดแยกขนาดของมวลมะม่วงวิ่งบนสายพานด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 0.2, 0.4 และ 0.6 เมตรต่อวินาทีด้วยวิธีการ DSP และ PLC จำนวนของมะม่วงที่ตรวจนับขนาดที่ได้รับจากการคัดแยกเกรดมะม่วงด้วยอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีแสดงไว้ในตาราง 16 และการคัดแยก

เกรดมะม่วงด้วยกระบวนการประมวลผลสัญญาณด้วยอุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิทัล แสดงไว้ในตาราง 17 พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดแยกทั้ง 2 วิธีแสดงไว้ในตาราง 18

ตาราง 16 แสดงจำนวนผลมะม่วงที่คัดแยกขนาดได้ถูกต้องด้วยวิธีพีแอลซี

อัตราเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)	จำนวนผลของมะม่วงที่คัดแยกขนาดถูกต้อง (ผล)											
	< 220 กรัม			220 - 299 กรัม			300 - 379 กรัม			>379 กรัม		
	ถูก	ผิด	รวม	ถูก	ผิด	รวม	ถูก	ผิด	รวม	ถูก	ผิด	รวม
0.2	13	3	16	31	3	34	25	1	26	14	0	14
0.4	13	2	15	32	4	36	25	1	26	13	0	13
0.6	13	1	14	32	2	34	26	1	27	14	1	15

ตาราง 17 แสดงจำนวนผลมะม่วงที่คัดแยกขนาดได้ถูกต้องด้วยวิธีดีเอสพี

อัตราเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)	จำนวนผลของมะม่วงที่คัดแยกขนาดถูกต้อง (ผล)											
	< 220 กรัม			220 - 299 กรัม			300 - 379 กรัม			>379 กรัม		
	ถูก	ผิด	รวม	ถูก	ผิด	รวม	ถูก	ผิด	รวม	ถูก	ผิด	รวม
0.2	13	1	14	33	0	33	29	0	29	14	0	14
0.4	12	0	12	34	1	35	29	0	29	14	0	14
0.6	13	1	14	33	0	33	29	0	29	14	0	14

ตาราง 18 แสดงประสิทธิภาพของการคัดแยกทั้งวิธีดีเอสพีและวิธีพีแอลซี

อัตราเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)	ค่าความเที่ยงตรง (%)									
	< 220 กรัม		220 - 299 กรัม		300 - 379 กรัม		>379 กรัม		รวม	
	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP	PLC	DSP
0.2	81.25	92.86	91.18	100.00	96.15	100.00	100.00	100.00	92.22	98.89
0.4	86.67	100.00	88.89	97.14	96.15	100.00	100.00	100.00	92.22	98.89
0.6	92.86	92.86	94.12	100.00	96.30	100.00	93.33	100.00	94.44	98.89
เฉลี่ย	86.93	95.24	91.40	99.05	96.20	100.00	97.78	100.00	92.96	98.89

จากผลในตาราง 18 ถึงตาราง 20 พบว่า ค่าความเที่ยงตรงในการคัดแยกที่ได้รับจากวิธี DSP มีค่ามากกว่าค่าความเที่ยงตรงในการคัดแยกมะม่วงที่ได้รับจากวิธี PCL ทุกขนาดของมะม่วงที่ใช้ในการคัดแยก ถ้าขนาดมวงของมะม่วงมากกว่า 300 กรัม ขึ้นไป จะได้ค่าความเที่ยงตรง 100%

การวิเคราะห์ผลการทดลองในการประมาณค่ามวลมะม่วง

จากผลการทดลองและสอบเทียบมวลของน้ำหนักมาตรฐานดังที่แสดงไว้ในภาพ 40 จะเห็นได้ว่า ค่าความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณน้ำหนักที่พัฒนาขึ้นในช่วง 0 กรัม ถึง 500 กรัม มีความถูกต้องและแม่นยำสูงมากและสอดคล้องกับค่าของสัมประสิทธิ์คอร์รีเลชั่นเชิงเส้นเข้าสู่หนึ่ง

จากผลการประมาณค่ามวลด้วยวงจรกรองแบบแอนะล็อกและอุปกรณ์ควบคุมพีแอลซีดังที่แสดงไว้ในตาราง 6, 7 และตาราง 8 จะเห็นได้ว่ามวลขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สูงที่สุดเท่ากับ 2.00 กรัม ที่ทุกอัตราเร็วของสายพาน และมวลขนาดกลางมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์น้อยที่สุดเท่ากับ 0.48 กรัม ที่อัตราเร็วของสายพาน 0.2 เมตรต่อวินาทีในขณะที่จากผลการประมาณค่ามวลด้วยวงจรกรองแบบแอนะล็อกและอุปกรณ์ควบคุมดีเอสพีดังที่แสดงไว้ในตาราง 10, 11 และตาราง 12 จะเห็นได้ว่ามวลขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สูงที่สุดเท่ากับ 1.44 กรัม ที่อัตราเร็วของสายพาน 0.6 เมตรต่อวินาทีและมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์น้อยที่สุดเท่ากับ 0.36 กรัม ที่อัตราเร็วของสายพาน 0.2 เมตรต่อวินาทีและผลการเปรียบเทียบการประมาณค่ามวลด้วยวิธีทั้งสองในตาราง 13 และตาราง 14 จะพบว่า ค่าความถูกต้องในการประมาณค่ามวลทั้ง 2 วิธีขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของสายพานเครื่องชั่งน้ำหนักแบบพลวัต โดยที่การประมาณค่ามวลขนาดเล็กด้วยวิธีพีแอลซีมีค่าความผิดพลาดในการประมาณค่าต่ำกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้รับจากการประมาณค่าด้วยวิธีดีเอสพีแต่เมื่อประมาณค่ามวลขนาดกลางขึ้นไปกลับพบว่าวิธี DSP มีค่าความผิดพลาดน้อยกว่าค่าความผิดพลาดที่ได้รับจากวิธี PLC

จากผลการทดสอบความแม่นยำในการคัดแยกมะม่วงดังแสดงไว้ในตาราง 16 ถึงตาราง 18 พบว่า วิธี DSP มีค่าความเที่ยงตรงในการคัดแยกขนาดมะม่วงดีกว่าวิธี PCL ทุกขนาดของมะม่วงที่ใช้ในการคัดแยก นอกจากนี้หากคัดแยกขนาดม่วงที่มีมวลมากกว่า 300 กรัม ขึ้นไป จะให้ผลค่าความเที่ยงตรงในการคัดแยกถูกต้องสมบูรณ์ 100%