



รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้
MULTIPURPOSE CART IN FRUIT FARM

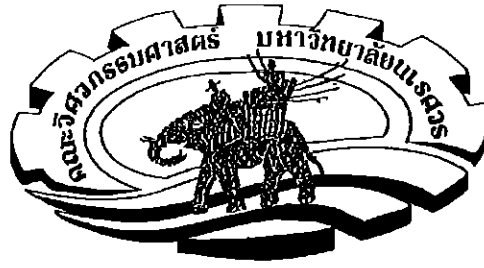


นายฉัตรชัย รุ่งขึ้น รหัส 48370464
นายอรรถกร อุษณรัมย์ รหัส 48370730

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 10/ก.ค. 2555
เลขทะเบียน..... 19932616
เลขเรียกหนังสือ..... ผร.
มหาวิทยาลัยนครราชสีมา จ. 232 5

2594

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครราชสีมา
ปีการศึกษา 2554



ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อโครงการ	รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้
ผู้ดำเนินโครงการ	นายฉัตรชัย รุ่งขึ้น รหัสனிสิต 48370464
	นายอรรถกร อุษณรัมย์ รหัสனிสิต 48370370
ที่ปรึกษาโครงการ	อาจารย์วิสาข์ เจ้าสกุล
ที่ปรึกษาร่วมโครงการ	อาจารย์มานะ วีระวิกรม
	อาจารย์ประเทือง โมรราราย
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

..... ประธานกรรมการ ที่ปรึกษาโครงการ
(รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน) (อาจารย์วิสาข์ เจ้าสกุล)

..... กรรมการ
(ดร.พิสุทธิ อภิขยกุล)

..... ที่ปรึกษาร่วมโครงการ
(อาจารย์มานะ วีระวิกรม)

..... กรรมการ
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ทองกลั่น)

..... ที่ปรึกษาร่วมโครงการ
(อาจารย์ประเทือง โมรราราย)

หัวข้อโครงการ	: รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายอรรถกร อุษณรัสมิ	รหัสนิสิต	48370730
	: นายฉัตรชัย รุ่งขึ้น	รหัสนิสิต	48370464
ที่ปรึกษาโครงการ	: อาจารย์วิวิสาข์ เจ่าสกุล		
ที่ปรึกษาร่วมโครงการ	: อาจารย์มานะ วีระวิกรม		
	: อาจารย์ประเทือง โมรราราย		
สาขาวิชา	: วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	: วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	: 2554		

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเก็บ การห่อ การตัดแต่งกิ่ง การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง และการบรรทุกผลไม้ของชาวสวนยังเป็นปัญหาที่สร้างความลำบากใจให้แก่ชาวสวนมาก โดยสาเหตุหนึ่งของปัญหาเหล่านี้เกิดมาจากการที่ชาวสวนนำพาหะขนส่งเข้าถึงจุดที่ต้องการได้ยาก ทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ เพื่อเป็นรถเอนกประสงค์ต้นแบบ ที่มีน้ำหนักเบาและเคลื่อนย้ายได้สะดวก ที่สำคัญยังช่วยลดขั้นตอน เวลา แรงงานในการปฏิบัติงานให้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนของฐานรับน้ำหนัก ส่วนของกระเช้า และส่วนของแม่แรง

จากการสร้างและทดสอบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้พบว่ารถเข็นเอนกประสงค์มีน้ำหนักเพียง 100 กิโลกรัม สามารถทำงานได้ที่ความสูงถึง 3 เมตร และจากการทดสอบปฏิบัติงานในสวนผลไม้และได้ให้เจ้าของสวนได้ทำแบบสอบถามปรากฏว่าได้ผลประเมินออกมาเป็นที่น่าพึงพอใจในระดับที่ดีจากเจ้าของสวนที่ได้ทำการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้นต้องขอขอบคุณ อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์มานะ วีระวิกรม อาจารย์ประเทือง โมราราย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมโครงการ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงการนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ ตักเตือนและดูแลให้ความเอาใจใส่เป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในการทำงาน และขอบคุณเพื่อน พี่และน้อง ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกคนที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขบนเส้นทางแห่งการสร้างวิศวกรสายนี้



คณะผู้ดำเนินงานวิจัย
ฉัตรชัย รุ่งขึ้น
อรรถกร อุชนรัมย์

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1 1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน(Out put).....	1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....	1
1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย.....	1
1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย.....	2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการดำเนินงาน (Gantt Chart).....	2
บทที่ 2 หลักการและเหตุผล.....	3
2.1 ระบบขับเคลื่อน.....	3
2.2 โครงสร้าง.....	4
2.3 คาน.....	5
2.4 การเชื่อม.....	10
2.5 ระบบไฮดรอลิก.....	12
2.6 แบบสอบถาม (Questionnaire).....	17
2.7 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	20
2.8 การเลือกใช้สีกันสนิมอย่างถูกต้องและคุ้มค่า.....	23
2.9 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน.....	31
2.10 โปรแกรมที่ใช้เขียนแบบ.....	38
2.11 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	45

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	33
3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	33
3.2 ออกแบบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	33
3.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์.....	34
3.4 ทำการทดสอบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	35
3.5 สร้างระบบความปลอดภัย.....	36
3.6 การทดสอบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	36
3.7 ปรับปรุงและแก้ไขรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	36
3.8 เขียนคู่มือประกอบการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	36
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานโครงการ.....	38
4.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล.....	38
4.2 การออกแบบ.....	38
4.3 การสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	46
4.4 การทดลองรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	53
4.5 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์.....	57
4.6 ผลการทดลองจาก แบบประเมิน.....	61
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ.....	63
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....	63
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	64
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษารถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	66
ภาคผนวก ข ใบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้.....	73
ภาคผนวก ค แบบรถเข็นเอนกประสงค์.....	81

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สภาพสมมูลของส่วนตัดทางด้านซ้ายและขวาของคาน.....	6
2.2 SFD และ BMD ในคานภายใต้แรงกระทำเป็นจุดและแรงกระทำเป็นบริเวณ.....	7
2.3 คานภายใต้แรงกระทำกระจายต่อเนื่อง.....	9
2.4 ค่าใช้จ่ายคงที่รวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ.....	23
2.5 ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ	23
2.6 ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ.....	24
2.7 รายรับรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ.....	24
2.8 แสดงจุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง	25
2.9 แสดงจุดคุ้มทุนกรณีสองทางเลือก.....	27
2.10 รถกระเช้าตัดแต่งกิ่งลำไย.....	32
3.1 FLOW CHART การวิจัยดำเนินการสร้างรถเข็นเอนกประสงค์.....	37
4.1 แสดงในส่วนของการออกแบบหน้าที่ใช้สอย.....	39
4.2 แสดงขาค้ำยันรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	39
4.3 ประตูเปิด - ปิด กระเช้า.....	40
4.4 แสดงเหล็กกลมและเหล็กกล่องที่นำมาใช้.....	40
4.5 แสดงการพับเก็บแม่แรง.....	41
4.6 ขาค้ำพับเก็บได้.....	41
4.7 สีของตัวรถเข็น.....	42
4.8 ล้อรถมอเตอร์ไซค์.....	42
4.9 ส่วนของระบบแม่แรงและคานยกกระเช้า.....	43
4.10 ล้อรถเข็น.....	43
4.11 โครงสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	44
4.12 การขึ้นรูปตัวกระเช้า.....	44
4.13 วิธีการเคลื่อนย้ายโดยรถกระบะ.....	45
4.14 ด้ามจับที่ใช้ลากจูง.....	45
4.15 ส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	46
4.16 ตะแกรงที่สำหรับบรรทุกผลไม้.....	46
4.17 ล้อรถที่ใช้บังคับทิศทาง ได้ 60 องศา.....	47
4.18 ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อ.....	47

สารบัญรูป (ต่อ)

4.19 แม่แรงไฮดรอลิก.....	48
4.20 รูปแสดงการประกอบแม่แรงไฮดรอลิกกับฐานรับแรง.....	48
4.21 ตัวกระเช้า.....	49
4.22 ส่วนของบันได.....	51
4.23 ขาค้ำยัน.....	51
4.24 การพับเก็บขาค้ำยัน.....	52
4.25 รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้แบบสมบูรณ.....	52
4.26 รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้แบบสมบูรณ แบบยกกระเช้า.....	53
4.27 การบรรทุกขึ้นรถกระบะ.....	53
4.28 แสดงการลากรถเข็นเอนกประสงคิไปยังจุดที่ต้องการ.....	54
4.29 รูปการติดตั้งขาค้ำยัน.....	54
4.30 การปรับระดับกระเช้า.....	55
4.31 การตัดแต่งกิ่งผลไม้.....	55
4.32 รูปการทอ ผลไม้.....	56
4.33 การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง.....	56

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ตารางดำเนินการวิจัย.....	2
2.1 แสดงรายละเอียดแม่แรงกระปุกทรงสูง.....	5
2.2 ตารางไอคอน.....	43
4.1 รายการค่าใช้จ่ายในการผลิตรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	57
4.2 รายการค่าใช้จ่ายในการผลิตรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้.....	58
4.3 ราคาแม่ม่วงปี 2554.....	60
4.4 สรุปผลการประเมิน จากใบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้.....	62
5.1 แสดงคุณลักษณะจำเพาะของรถเข็นเอนกประสงค์สวนผลไม้.....	63



บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากปัจจุบันชาวสวนผลไม้มีปัญหาในการเก็บ ห่อ ตัดแต่งกิ่ง ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง และการบรรจุผลไม้ซึ่งทำได้ลำบากในที่สูง โดยปกติเครื่องมือที่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้คือตะกร้อ หรือบันไดในการทำงานซึ่งวิธีดังกล่าวทำให้เกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าค่อนข้างมาก และยังทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน และการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ นอกจากนี้ยังเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายในการปฏิบัติงานสูงด้วย เหตุผลนี้ทางคณะผู้จัดทำจึงได้มีการคิดที่จะสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ที่มีน้ำหนักเบา และเคลื่อนย้ายได้สะดวกเพื่อเพื่อลดขั้นตอน เวลา และแรงงาน ซึ่งจะทำให้สามารถปฏิบัติงานได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้นกว่าเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ออกแบบและสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้
- 1.2.2 เพื่อศึกษาและทดลองการใช้งานในสวนผลไม้

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Out put)

ได้รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ต้นแบบที่สามารถใช้งานในการห่อผลไม้ เก็บผลไม้ ตัดแต่งกิ่ง ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง และบรรจุผลไม้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

- 1.4.1 รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้สามารถปฏิบัติงานได้ดังนี้
 - 1.4.1.1 สามารถห่อผลไม้ เก็บผลไม้ ตัดแต่งกิ่ง ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง บรรจุผลไม้
 - 1.4.1.2 มีที่เก็บอุปกรณ์
- 1.4.2 รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้สามารถทำงานได้จริงตามเกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จตามในข้อที่
- 1.4.1 ผ่านการประเมินโดยการทดลองใช้งานจากเกษตรกรชาวสวนผลไม้ในการปฏิบัติงานโดยให้เกษตรกรทำแบบสอบถาม

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย

- 1.5.1 สามารถห่อผลไม้ เก็บผลไม้ ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง และตัดแต่งกิ่งไม้ในที่สูงได้
- 1.5.2 รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้สามารถปฏิบัติงานในสวนผลไม้
- 1.5.3 ศึกษาทดลองการใช้งาน และเก็บข้อมูลการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สวนผลไม้ นายพิชญ อุไรเวช

สวนผลไม้ นายสมพงษ์ เชื้ออิน

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

กรกฎาคม พ.ศ.2554 – มกราคม พ.ศ.2555

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินการดำเนินงาน (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ตารางดำเนินการวิจัย

การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา						
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล	←→						
1.8.2 ออกแบบโครงสร้างในแต่ละส่วน		←→					
1.8.3 จัดหาวัสดุอุปกรณ์		←→					
1.8.4 สร้างรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้			←→				
1.8.5 ทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้, เก็บข้อมูล					←→		
1.8.6 ปรับปรุงรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้						←→	
1.8.7 สรุปผล							←→

บทที่ 2

หลักการและเหตุผล

2.1 ระบบขับเคลื่อน

2.1.1 ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อ

การขับเคลื่อนโดยใช้ 3 ล้อมีข้อดีคือลดขั้นตอนในส่วนของการสร้างและออกแบบโครงสร้างการขับเคลื่อนประเภท 3 ล้อ ล้อที่อยู่ด้านหน้าเพียงล้อเดียวจะเป็นตัวบังคับทิศทางในการเลี้ยวซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับระบบขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อจะมีความซับซ้อนกว่ามากในส่วนของ การออกแบบโครงสร้างการบังคับเลี้ยวซึ่งระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อนี้ที่ใช้ในรถเข็นจะทำให้ผู้ใช้สะดวกในการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีพวง หรือลากจูง โดยการขับเคลื่อนส่วนใหญ่มักจะใช้ระบบขับเคลื่อน 4 ล้อ แต่เนื่องด้วยการสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้เหมาะที่จะใช้การขับเคลื่อนด้วยระบบ 3 ล้อ มากกว่าเนื่องมาจากสภาพพื้นผิวถนนความกว้างของเส้นทางในสวนผลไม้และที่สำคัญรถเข็นเอนกประสงค์ไม่ได้ใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แต่ใช้การขับเคลื่อนด้วยแรงคน การใช้ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

ข้อดีของการระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ

- ก. รัศมีวงเลี้ยวแคบกว่าการขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ
- ข. ในการออกแบบและสร้างรถเข็นง่ายและประหยัดมากกว่า
- ค. การซ่อมบำรุงง่ายกว่า
- ง. มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย
- จ. การบังคับเลี้ยวง่ายกว่า

2.1.2 ล้อและยาง

การเคลื่อนย้ายจำเป็นต้องอาศัยในส่วนประกอบของล้อและยาง เป็นส่วนประกอบสำคัญในการเคลื่อนย้ายรถเข็น ซึ่งการเลือกใช้ขนาดของล้อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานมีวิธีดังนี้

- ก. ควรเลือกใช้ยางที่มีขนาด ชนิดโครงสร้างของยาง ลักษณะดอกยาง และความลึกร่องดอกยางที่เหมาะสมกับประเภทการใช้งาน
- ข. ควรเลือกใช้ยางยี่ห้อและรุ่นเดียวกันทั้งคู่ หากจำเป็นหรือหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก็ควรใส่ยางยี่ห้อและรุ่นเดียวกันในเพลลาหรือล้อคู่เดียวกัน
- ค. ควรเลือกขนาดความกว้างของกระทะล้อ ที่เหมาะสมกับยางขนาดนั้นๆ
- ง. ควรเลือกชนิดของดอกยางให้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ถูกใช้งาน

2.1.2.1 ล้อหน้า

โดยลักษณะของการใช้งานแล้วล้อหน้าจะทำหน้าที่บังคับทิศทางในการเลี้ยว การเลี้ยวโดยใช้เพียงล้อเดียวเพิ่มลดรัศมีและความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

2.1.2.2 ล้อหลัง

มีหน้าที่หลักรองรับน้ำหนักส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดของคานและกระเช้า ดังนั้นควรคำนวณขนาดของล้อให้เหมาะสมกับน้ำหนักที่รองรับ

2.2 โครงสร้าง

รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้ จะมีการออกแบบโครงสร้างเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมซึ่งจะมีส่วนประกอบภายนอกหลักๆ ดังนี้

2.2.1 โครงรถ จะเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมซึ่งมีความกว้างประมาณ 1.5 – 1.8 เมตร ยาวประมาณ 2.5 เมตร เพื่อความสะดวกในการขนย้ายในระยะทางไกลด้วยการบรรทุกโดยรถ ซึ่งโครงสร้างตัวรถจะทำจากเหล็กกล่อง ข้อดีคือป้องกันการกักขังของน้ำ ซึ่งจะลดอัตราการเกิดสนิม และวัสดุสามารถหาได้ง่าย ราคาถูก

2.2.2 คานยก จะใช้เป็นเหล็กสี่เหลี่ยมตันเป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักคานและกระเช้ามีลักษณะเป็นแท่งเหล็กตรง ซึ่งต้องมีความมั่นคงและแข็งแรงดังนั้นเหล็กที่ใช้เป็นคานจะต้องมีการคำนวณหาแรงที่จะต้องรองรับเพื่อหาขนาดของเหล็กที่เหมาะสมคานยกเมื่อยกสูงสุดจะมีความสูง 2.5-3 เมตร ซึ่งเมื่อรวมกับความสูงของผู้ปฏิบัติงานจะมีความสูงเพิ่มขึ้นอีกตามส่วนสูงของผู้ที่ปฏิบัติงาน

2.2.3 กระเช้า เป็นส่วนที่เชื่อมต่อเข้ากับปลายคาน กระเช้าตัวนี้จะมีความกว้าง ประมาณ 70 เซนติเมตร และสูงประมาณ 90 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้จะเป็นเหล็กกลมและตาข่ายเหล็กมีประตูเปิดปิดเพื่อป้องกันอันตรายจากการตกกระเช้าขณะปฏิบัติงาน

2.2.4 แม่แรง จะเลือกใช้แม่แรงกระปุกทรงสูงสองช่วง ทำหน้าที่ในการยก และปรับระดับคานและกระเช้า และแม่แรงสองช่วงจะช่วยเพิ่มความสูงของกระเช้าอีกด้วย

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดแม่แรงกระปุกทรงสูง

Capacity (ton)	Min Height (mm)	Lift (mm)	Extension Screw height (mm)	Max Height (mm)	Weight (kg)
1.5	170	205	-	375	3
4	150	160	30	340	4.3
10	170	180	70	420	8.7
15	170	180	70	420	12

ที่มา : วุฒิสารต์แวร์ เครื่องมือช่าง

2.3 คาน

2.3.1 ชนิดของคานแบ่งตามลักษณะของตัวรองรับหรือแรงปฏิกิริยา

ก. คานอย่างง่าย (Simple beam) คานชนิดนี้จะรองรับด้วยสลักยึดหรือลูกกลิ้งตำแหน่งปลายคานทั้งสอง แรงปฏิกิริยากระทำที่ปลายคานนั้นตั้งฉากกับคาน และไม่เกิดโมเมนต์คู่ควบ

ข. คานอย่างง่ายมีปลายยื่นเลย (Simple beam with overhang) คานชนิดนี้มีปลายด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสองด้านยื่นเลยตัวรองรับ

ค. คานต่อเนื่อง (Continuous beam) คานชนิดนี้มีตัวรองรับมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป

ง. คานปลายยื่น (Cantilever beam) คานชนิดนี้ปลายด้านหนึ่งถูกยึดติดแน่นสองฝั่งผนังหรือตัวรองรับอย่างถาวร ซึ่งปลายคานด้านนี้ไม่สามารถเลื่อนตำแหน่งหรือหมุนได้

จ. คานปลายตรึง (Fixed beam) คานชนิดนี้มีปลายทั้งสองด้านยึดตรึงกับผนังหรือตัวรองรับอย่างถาวรและไม่สามารถหมุนได้

ช. คานปลายตรึงยื่นเลย (Cantilever beam with overhang) คานชนิดนี้ปลายด้านหนึ่งยึดตรึงอย่างถาวรและปลายอีกด้านหนึ่งยื่นเลยตัวรองรับ

2.3.2 ชนิดของคานแบ่งตามการวิเคราะห์สภาพสมดุล

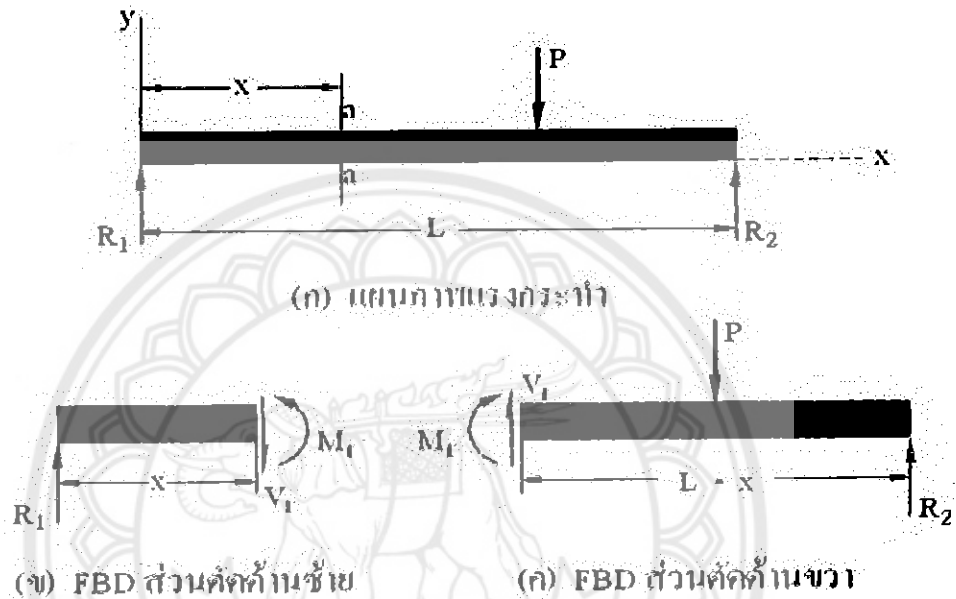
คานสามารถแบ่งเป็นชนิดตามการวิเคราะห์สภาพสมดุลได้ดังนี้

ก. คานดีเทอร์มิเนทเชิงสถิต (Statically Determinate Beam)

ข. คานอินดีเทอร์มิเนทเชิงสถิต (Statically Indeterminate Beam)

2.3.3 แรงเฉือนและโมเมนต์คัตในคาน

พิจารณารูปที่ 2.1 ของคานรูป (ก) มีแรงกระทำเป็นจุด P ซึ่งสมดุล กับแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ R_1 และ R_2 (ไม่คิดน้ำหนักของคาน) ที่ส่วนตัด $a-a$ แบ่งคานออกเป็น 2 ส่วนในสภาพสมดุลของ ส่วนตัดแต่ละด้าน ซึ่งจำเป็นต้องมีแรงเฉือนด้านของโมเมนต์ด้านแรง กระทำดังแสดงตัวอย่างที่อยู่ใน รูป (ข) และ (ค)



รูปที่ 2.1 สภาพสมดุลของส่วนตัดทางด้านซ้ายและขวาของคาน

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง ดร.เสกสรร ไชยจิตต์

2.3.3.1 แรงเฉือนในคาน

แรงเฉือนในคาน (V) มีขนาดเท่ากับแรงเฉือนด้าน ($V^>$) แต่มีทิศตรงกันข้าม ดังนั้น แรงเฉือนบนหน้าตัดของ FBD ส่วนตัดของคานซ้ายคำนวณจาก

$$[V = (\sum F_y) L, \uparrow +]$$

(2.1)

ความหมายของสมการ (2.1) คือแรงเฉือนในคานเท่ากับผลรวมของแรงภายนอกที่กระทำต่อ FBD ส่วนตัดของคานด้านซ้ายและกำหนดให้แรงภายนอกที่มีทิศขึ้นนั้นเป็นบวกเสมอ

2.3.3.2 โมเมนต์ตัดในคาน

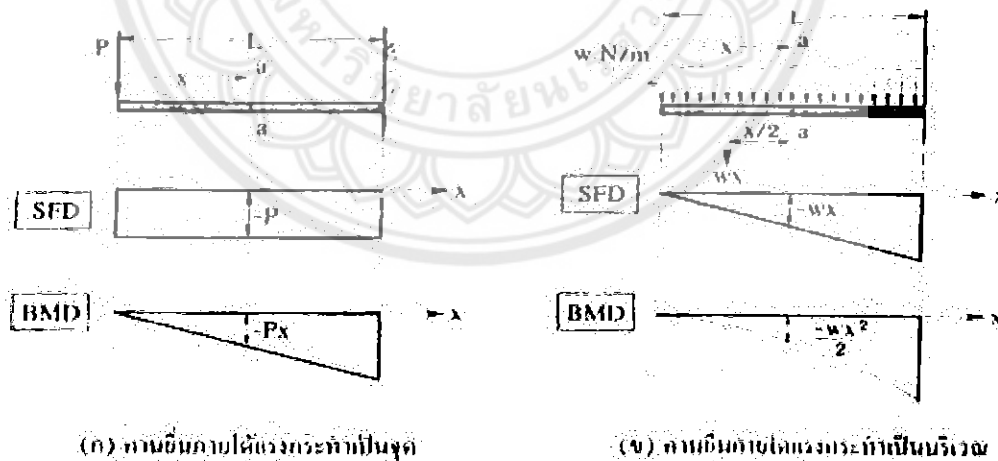
โมเมนต์ตัดในคาน (M) ที่ส่วนตัดใดๆ พิจารณาจาก FBD ส่วนตัดของคานด้านใดก็ได้ โมเมนต์ในคานมีขนาดเท่ากับโมเมนต์ด้าน (M_r) แต่มีทิศตรงกันข้าม ในที่นี้เพื่อความสะดวกจะพิจารณาโมเมนต์ตัดบนหน้าตัดของ FBD ส่วนตัดของคานด้านซ้ายพบว่า

$$[M = (\sum M)_{L, r}] \quad (2.2)$$

ความหมายของสมการ (2.2) คือโมเมนต์ตัดในคานเท่ากับผลรวมของโมเมนต์เนื่องจากแรงภายนอก รอบหน้าตัดของ FBD ส่วนตัดของคานด้านซ้าย และกำหนดให้โมเมนต์ในทิศตามเข็มนาฬิกานั้นเป็นบวกเสมอ

2.3.4 แผนภาพแรงเฉือนและแผนภาพโมเมนต์ตัดในคาน

แผนภาพแรงเฉือนและแผนภาพโมเมนต์ตัดในคาน ขึ้นอยู่กับชนิดและแรงกระทำ ของแรงกระทำบนคานที่กล่าวถึงคือแรงกระทำเป็นจุดและแรงกระทำเป็นบริเวณพิจารณาคานยื่นในรูปที่ (2.2) โดยมี P เป็นแรงกระทำเป็นจุด และแรงกระทำเป็นบริเวณที่มีการกระจายของแรงต่อ 1 หน่วยความยาวคานมีค่าเท่ากับ w มีหน่วยเป็น N/m



รูปที่ 2.2 SFD และ BMD ในคานภายใต้แรงกระทำเป็นจุดและแรงกระทำเป็นบริเวณ

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง ดร.เสกสรร ไชยจิตต์

ในรูปที่ 2.2 (ก) พิจารณาส่วตัด a-a ด้านซ้ายที่ระยะ x วัดจากปลายคาน พบว่า

$$[V = (\sum F_y) L, \uparrow +] \quad : \quad V = -P$$

แสดงว่า SFD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมมุมฉากใต้แกน X

$$[M = (\sum M) L,] \quad : \quad M = -Px$$

แสดงว่า BMD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมใต้แกน x และโมเมนต์ต่ำสุดเท่ากับ $-PL$

ในรูปที่ 2.2 (ข) พิจารณาส่วตัด a-a ด้านซ้ายที่ระยะ x วัดจากปลายคาน พบว่า

$$[V = (\sum F_y) L, \uparrow +] \quad : \quad V = -wx$$

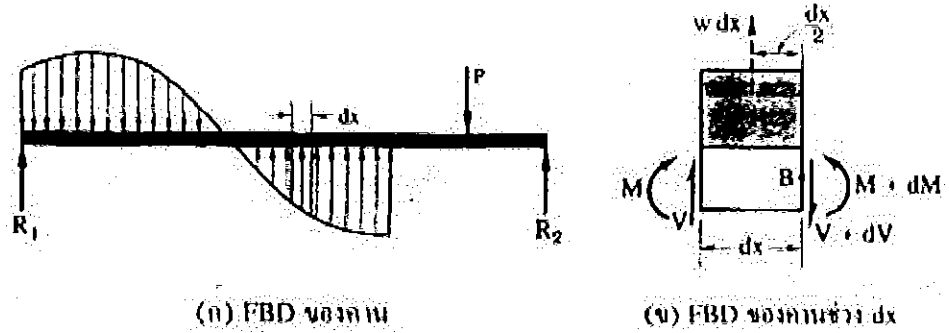
แสดงว่า SFD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมใต้แกน x และโมเมนต์ต่ำสุดเท่ากับ $-wL$

$$[M = (\sum M) L,] \quad : \quad M = -wx \left(\frac{x}{2} \right) = \frac{-wx^2}{2}$$

แสดงว่า BMD เป็นกราฟสี่เหลี่ยมมุมฉากใต้แกน X

2.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน โมเมนต์ตัด และการกระจายของแรงต่อ 1 หน่วยความยาวคาน

พิจารณา FBD ของส่วนตัดของคานในช่วง dx ดังรูปที่ 2.3 ผลของแรงภายนอกทำให้ด้านซ้ายของส่วนตัดถูกกระทำด้วยแรงเฉือน V และโมเมนต์ตัด M และทางด้านขวาของส่วนตัดนี้ถูกกระทำด้วยแรงเฉือน $V+dV$ และโมเมนต์ $M+dM$ กำหนดให้มีแรงกระทำต่อคานในช่วง dx นั้นเท่ากับ $w dx$ โดยที่ w คือการกระจายของแรงกระทำต่อเนื้อซึ่งมีหน่วยเป็น N/m และมีค่าคงที่จาก FBD



รูปที่ 2.3 คานภายใต้แรงกระทำกระจายต่อเนื่อง
ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง ดร.เสกสรร ไชยจิตต์

2.3.6 ขั้นตอนในการสร้างแผนภาพแรงเฉือนและแผนภาพโมเมนต์ดัด

2.3.6.1 ขั้นตอนในการสร้างแผนภาพแรงเฉือน

- ก. จาก FBD ของคานทั้งหมด ใช้สมการของสภาพสมดุลหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ
- ข. เลือกส่วนตัดของคานแต่ละช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของแรงกระทำโดยในแต่ละช่วงนั้นจะเลือก FBD ของส่วนตัดของคานด้านซ้ายพิจารณาแรงเฉือนในคานและใช้สมการ

$$[V = (\sum F_y)_{L, \uparrow +}] \tag{2.3}$$

อย่าลืมว่าการพิจารณาในแต่ละช่วงคานนั้น พิจารณาตำแหน่งของส่วนตัดด้วยระยะทาง x วัดจากปลายคานด้านซ้ายเสมอ

- ค. นำผลการคำนวณของแรงเฉือนในขั้นตอน 2 มาเขียน SFD พร้อมคำนวณตำแหน่งที่แรงเฉือนเป็นศูนย์

2.3.6.2 ขั้นตอนในการสร้างแผนภาพโมเมนต์ดัด

- ก. เช่นเดียวกับขั้นตอน 1 ในการสร้าง SFD
- ข. เลือก FBD ของส่วนตัดของคานด้านซ้าย และหาโมเมนต์ดัดบนหน้าตัดของคานจากสมการ

$$[M = (\sum M)_{L, \uparrow +}] \tag{2.4}$$

- ค. นำผลการคำนวณของโมเมนต์ดัดในขั้นตอน 2 มาเขียน BMD พร้อมโมเมนต์สูงสุดหรือต่ำสุดที่ตำแหน่งที่แรงเฉือนเป็นศูนย์

2.4 ระบบไฮดรอลิก

อัครรัตน์ พูลกระจำจาง ได้กล่าวไว้ว่า ในระบบไฮดรอลิกทั่วไปการเลือกใช้อุปกรณ์การทำงานถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งระบบไฮดรอลิกจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อการเลือกใช้น้ำและชนิดของอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ระบบไฮดรอลิกคือระบบที่ทำการส่งและควบคุมแรงและการเคลื่อนที่ตามของไหล โดยของไหลในนี้ก็คือน้ำมันไฮดรอลิก

คำว่า "ไฮดรอลิก" (Hydraulic) มาจากคำว่า "Hydro" ซึ่งเป็นภาษากรีกแปลว่า น้ำ ระบบไฮดรอลิกเป็นระบบที่ใช้หลักการของนักวิทยาศาสตร์ท่านหนึ่งชื่อว่า ปาสคาล (Pascal) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่าความดันของของไหลจะมีคุณสมบัติดังนี้คือ

- ก) ความดันของของไหลจะกระทำกับพื้นที่ตั้งฉากกับพื้นที่ที่กระทำ
- ข) ความดันที่เกิดขึ้นภายในภาชนะนั้นมีค่าเท่ากันทุกจุด

2.4.1 น้ำมันไฮดรอลิก

น้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum Base Fluids) เป็นน้ำมันที่นิยมใช้น้ำมันไฮดรอลิก คุณสมบัติของน้ำมันปิโตรเลียมขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

- ก. ชนิดของน้ำมันดิบ
- ข. วิธีการและระดับการกลั่น
- ค. ส่วนประกอบที่ใช้

โดยทั่วไปน้ำมันไฮดรอลิกชนิดนี้มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นเยี่ยม โดยเฉพาะน้ำมันดิบบางชนิดมีคุณสมบัติในการต้านการสึกหรอ ด้านการเกิดสนิมในอุณหภูมิสูงๆ มีดัชนีความหนืดสูง และมีความสามารถในการซีลดีมาก อย่างไรก็ตามข้อเสียของน้ำมันปิโตรเลียมที่สำคัญก็คือ เป็นน้ำมันที่ติดไฟดังนั้นจึงไม่เหมาะสมกับงานที่อยู่ใกล้เปลวไฟ เช่น เครื่องหล่อแบบพิมพ์เตาเผาเหล็ก

2.4.1.1 หน้าที่ของน้ำมันไฮดรอลิก (Function of Hydraulic Fluids)

คือการส่งผ่านกำลังการทำงาน (Power transmission) น้ำมันไฮดรอลิกมีหน้าที่เป็นตัวการในการถ่ายทอดกำลังงานจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งในระบบเพื่อเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกลซึ่งถ้าจะให้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพแล้ว น้ำมันไฮดรอลิกที่ไหลในท่อทางหรือไหลผ่านวาล์วควบคุมต่างๆจะต้องไหลไปอย่างราบรื่นแต่ถ้าเกิดมีความต้านทานการไหลมากๆ ก็จะทำให้กำลังงานสูญเสียไปและน้ำมันไฮดรอลิกจะต้องไปยุบตัวความดันในขณะที่ทำงานเช่น เมื่อปั๊มทำงานดูดอัดเพื่อส่งน้ำมันไปยังท่อว่าง วาล์วเลื่อนทำงานในขณะที่กระบอกสูบหรือมอเตอร์ไฮดรอลิกกำลังทำงานขับโหลด

การหล่อลื่น (Lubrication) น้ำมันไฮดรอลิกจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นและลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของอุปกรณ์ต่างๆในระบบ เช่น ชิ้นส่วนของปั๊มมอเตอร์ไฮดรอลิก ลูกสูบ กระบอกสูบแกนวาล์ว และส่วนประกอบส่วนๆที่มีการเคลื่อนที่ โดยที่น้ำมันไฮดรอลิกจะมีสภาพเป็นแผ่นฟิล์มบางๆกันระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่เสียดสีกันทั้งในขณะที่ระบบทำงาน

และหยุดนิ่ง ฟิล์มน้ำมันไฮโดรลิกจะช่วยในการหล่อลื่นเพื่อลดการเสียดสีของผิวสัมผัสระหว่างแกน วาล์วกับผนังภายในตัววาล์ว แผ่นฟิล์มดังกล่าวจะต้องมีความหนืดพอเหมาะที่จะแทรกซึมเข้าไปในรู เล็กๆและรอยต่อของชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์ และสามารถรับน้ำหนักของวัตถุที่กดทับหรือรับแรงกด อยู่ได้ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้เรียกว่า ความแข็งแรงของฟิล์ม (Film Strength) นอกจากนี้ น้ำมันไฮโดร ลิกยังควรมีคุณสมบัติในการสั่นไหลได้ดีด้วย กล่าวคือ ในขณะที่น้ำมันไฮโดรลิกเป็นฟิล์มยึดติดกับ ชิ้นส่วนใดก็สามารถสั่นไหลไปกับชิ้นส่วนนั้นๆและช่วยให้เคลื่อนไปได้อย่างคล่องตัวด้วยคุณสมบัติข้อนี้ เรียกว่า ความลื่น (Lubricity)

การซีล (Sealing) น้ำมันไฮโดรลิกจะทำหน้าที่เป็นซีลด้วยเพื่อให้มีการรั่วซึมน้อย ที่สุด ภายในชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในระบบไฮโดรลิกเมื่อมีความกดดันเกิดขึ้น การซีลนี้จะขึ้นอยู่กับความ หนืดของน้ำมันไฮโดรลิกแต่ละชนิด

การระบายความร้อน (Cooling) การไหลเวียน ของน้ำมันไฮโดรลิกในระบบขณะ การทำงานจะช่วยถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่างๆ อันต่อเนื่องมาจากการสูญเสียกำลังงาน ในระบบความร้อนนี้ก็ถูกพาไปโดยน้ำมันและไหลลงสู่ถังพัก แล้วแผ่กระจายความร้อนผ่านผนังของถัง

2.4.1.2 คุณภาพที่ต้องการในน้ำมันไฮโดรลิก (Quality Requirement)

ของไหลที่สามารถทำหน้าที่ให้กำลังในอุปกรณ์ไฮโดรลิกได้ดี ได้แก่ น้ำแต่เนื่องจาก น้ำไม่มีคุณสมบัติในการต่อต้านการเกิดสนิมและป้องกันการสึกหรอ ในอุปกรณ์ไฮโดรลิกได้ดั่งนั้นของ ไหลที่จะนำมาใช้ในระบบไฮโดรลิก จึงควรมีคุณสมบัติดังนี้

ก. มีความหนืดพอเหมาะและดัชนีความหนืดสูง น้ำมันที่ดีต้องมีค่าความหนืดคงที่ แม้ว่าอุณหภูมิในการทำงานจะเปลี่ยนแปลง ความหนืดของน้ำมันมีผลต่อการหล่อลื่นระหว่างผิวสัมผัส ของอุปกรณ์ต่างด้วย

ข. มีจุดข้นแข็งต่ำ น้ำมันไฮโดรลิกควรมีจุดข้นแข็งต่ำกว่าอุณหภูมิที่ระบบไฮโดรลิก ทำงาน และจุดข้นแข็งนี้จะมีปัญหาที่ต่อเมื่อระบบไฮโดรลิกต้องทำงานในที่ที่อุณหภูมิต่ำ

ค. คุณภาพของน้ำมันจะต้องไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงถึงอุณหภูมิจะสูง

ง. มีคุณภาพการหล่อลื่นที่ดี

จ. ด้านทานการเกิดออกไซด์ได้ดีเยี่ยม

ช. มีความคงที่และช่วยไม่ให้สิ้นเปลืองในการถ่ายน้ำมันบ่อยๆ

ซ. มีคุณภาพที่คงที่ถึงแม้ว่าอุณหภูมิในการทำงานจะเปลี่ยนแปลงมาก

ฅ. ด้านทานการเกิดสนิม

ญ. ช่วยลดการกัดกร่อนโลหะ

2.4.1.3 การบำรุงรักษา น้ำมันไฮดรอลิก (Usable Limit of Hydraulic Fluids)

เนื่องจากน้ำมันไฮดรอลิกเป็นส่วนหนึ่งในระบบที่มีราคาแพงจึงควรดูแลน้ำมันให้อยู่ในสภาพปกติเสมอซึ่งจะได้ไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำควมสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมดควรเปลี่ยนน้ำมันไฮดรอลิกเมื่อมีสภาพดังนี้

- ก. เมื่อน้ำมันเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม
- ข. เมื่อน้ำมันมีสิ่งสกปรกปะปนมาก
- ค. เมื่อมีน้ำปะปนอยู่ในน้ำมัน

2.5 แบบสอบถาม (Questionnaire)

แบบสอบถาม หมายถึง รูปแบบของคำถามเป็นชุดๆ ที่ได้ถูกรวบรวมไว้อย่างมีหลักเกณฑ์และเป็นระบบ เพื่อใช้วัดสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการจะวัดจากกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเป้าหมายให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีต ปัจจุบันและการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคต แบบสอบถามประกอบด้วยรายการคำถามที่สร้างอย่างประณีต เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นหรือข้อเท็จจริง โดยส่งให้กลุ่มตัวอย่างตามความสมัครใจ การใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น การสร้างคำถามเป็นงานที่สำคัญสำหรับผู้วิจัย เพราะผู้วิจัยอาจไม่มีโอกาสได้พบปะกับผู้ตอบแบบสอบถามเพื่ออธิบายความหมายต่าง ๆ ของข้อคำถามที่ต้องการเก็บรวบรวม แบบสอบถามเป็นเครื่องมือวิจัยชนิดหนึ่งที่ยอมรับกันมาก เพราะการเก็บรวบรวมข้อมูลสะดวกและสามารถใช้วัดได้อย่างกว้างขวาง การเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามสามารถทำได้ด้วยการสัมภาษณ์หรือให้ผู้ตอบด้วยตนเอง

2.5.1 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

การสร้างแบบสอบถามประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาคุณลักษณะที่จะวัด

การศึกษาคคุณลักษณะอาจดูได้จาก วัตถุประสงค์ของการวิจัย กรอบแนวความคิด หรือสมมติฐานการวิจัย จากนั้นจึงศึกษาคคุณลักษณะ หรือตัวแปรที่จะวัดให้เข้าใจอย่างละเอียดทั้งเชิงทฤษฎีและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ขั้นที่ 2 กำหนดประเภทของข้อคำถาม

ข้อคำถามในแบบสอบถามอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. คำถามปลายเปิด (Open Ended Question) เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างเต็มที่ ซึ่งคาดว่าน่าจะได้คำตอบที่แน่นอนสมบูรณ์ ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้มากกว่าคำตอบที่จำกัดวงให้ตอบ คำถามปลายเปิดจะนิยมใช้กันมากในกรณีที่ผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าว่าคำตอบจะเป็นอย่างไร หรือใช้คำถามปลายเปิดในกรณีที่ต้องการได้คำตอบเพื่อนำมา

เป็นแนวทางในการสร้างคำถามปลายปิด แบบสอบถามแบบนี้มีข้อเสียคือ มักจะถามได้ไม่มากนัก การรวบรวมความคิดเห็นและการแปลผลมักจะไม่มีความยุ่งยาก

ข. คำถามปลายปิด (Close Ended Question) เป็นคำถามที่ผู้วิจัยมีแนวคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือกตอบจากคำตอบที่กำหนดไว้เท่านั้น คำตอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ล่วงหน้ามักได้มาจากการทดลองใช้คำถามในลักษณะที่เป็นคำถามปลายเปิด หรือการศึกษารอบแนวความคิด สมมติฐานการวิจัย และนิยามเชิงปฏิบัติการ คำถามปลายเปิดมีวิธีการเขียนได้หลาย ๆ แบบ เช่น แบบให้เลือกตอบอย่างใดอย่างหนึ่ง แบบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แบบผู้ตอบจัดลำดับความสำคัญ หรือแบบให้เลือกคำตอบหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 การร่างแบบสอบถาม

เมื่อผู้วิจัยทราบถึงคุณลักษณะหรือประเด็นที่จะวัด และกำหนดประเภทของข้อคำถามที่จะมีอยู่ในแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงลงมือเขียนข้อคำถามให้ครอบคลุมทุกคุณลักษณะหรือประเด็นที่จะวัด โดยเขียนตามโครงสร้างของแบบสอบถามที่ได้กล่าวไว้แล้ว และหลักการในการสร้างแบบสอบถาม ดังนี้

ก. ต้องมีจุดมุ่งหมายที่แน่นอนว่าต้องการจะถามอะไรบ้าง โดยจุดมุ่งหมายนั้นจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่จะทำ

ข. ต้องสร้างคำถามให้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เพื่อป้องกันการมีข้อคำถามนอกประเด็นและมีข้อคำถามจำนวนมาก

ค. ต้องถามให้ครอบคลุมเรื่องที่จะวัด โดยมีจำนวนข้อคำถามที่พอเหมาะ ไม่มากหรือน้อยเกินไป แต่จะมากหรือน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่จะวัด ซึ่งตามปกติพฤติกรรมหรือเรื่องที่จะวัดเรื่องหนึ่งๆ นั้นควรมีข้อคำถาม 25-60 ข้อ

ง. การเรียงลำดับข้อคำถาม ควรเรียงลำดับให้ต่อเนื่องสัมพันธ์กัน และแบ่งตามพฤติกรรมย่อยๆ ไว้เพื่อให้ผู้ตอบเห็นชัดเจนและง่ายต่อการตอบ นอกจากนั้นต้องเรียงคำถามง่ายๆ ไว้เป็นข้อแรกๆ เพื่อชักจูงให้ผู้ตอบอยากตอบคำถามต่อ ส่วนคำถามสำคัญ ไม่ควรเรียงไว้ตอนท้ายของแบบสอบถาม เพราะความสนใจในการตอบของผู้ตอบอาจจะน้อยลง ทำให้ตอบอย่างไม่ตั้งใจ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการวิจัยมาก

จ. ลักษณะของข้อความที่ดี ข้อคำถามที่ดีของแบบสอบถามนั้นมีลักษณะดังนี้

จ.1 ข้อคำถามไม่ควรยาวจนเกินไป ควรใช้ข้อความสั้น กระชับรัด ตรงกับวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับเรื่อง

จ.2 ข้อความ หรือภาษาที่ใช้ในข้อความต้องชัดเจน เข้าใจง่าย

จ.3 ค่าเฉลี่ยในการตอบแบบสอบถามไม่ควรเกินหนึ่งชั่วโมง ข้อคำถามไม่ควรมากเกินไปจนทำให้ผู้ตอบเบื่อหน่ายหรือเหนื่อยล้า

จ.4 ไม่ถามเรื่องที่เป็นความลับเพราะจะทำให้ได้คำตอบที่ไม่ตรงกับข้อเท็จจริง

จ.5. ไม่ควรใช้ข้อความที่มีความหมายกำกวมหรือข้อความที่ทำให้ผู้ตอบแต่ละคนเข้าใจความหมายของข้อความไม่เหมือนกัน

จ.6 ไม่ถามในเรื่องที่รู้แล้ว หรือถามในสิ่งที่วัดได้ด้วยวิธีอื่น

จ.7 ข้อคำถามต้องเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง คือ ต้องคำนึงถึงระดับการศึกษา ความสนใจ สภาพเศรษฐกิจ ฯลฯ

จ.8 ข้อคำถามหนึ่งๆ ควรถามเพียงประเด็นเดียว เพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจนและตรงจุดซึ่งจะง่ายต่อการนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

จ.9 คำตอบหรือตัวเลือกในข้อคำถามควรมีมากพอ หรือให้เหมาะสมกับข้อคำถามนั้น แต่ถ้าไม่สามารถระบุได้หมดก็ให้ใช้ว่า อื่นๆ โปรดระบุ

จ.10 ควรหลีกเลี่ยงคำถามที่เกี่ยวกับค่านิยมที่จะทำให้ผู้ตอบไม่ตอบตามความเป็นจริงทั้งหมด

จ.11 คำตอบที่ได้จากแบบสอบถาม ต้องสามารถนำมาแปลงออกมาในรูปของปริมาณและใช้สถิติอธิบายข้อเท็จจริงได้ เพราะปัจจุบันนี้นิยมใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นแบบสอบถามควรคำนึงถึงวิธีการประมวลข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขั้นที่ 4 การปรับปรุงแบบสอบถาม

หลังจากที่สร้างแบบสอบถามเสร็จแล้ว ผู้วิจัยควรนำแบบสอบถามนั้นมาพิจารณา ทบทวนอีกครั้งเพื่อหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข และควรให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจแบบสอบถามนั้นด้วยเพื่อที่จะได้นำข้อเสนอแนะและข้อวิพากษ์วิจารณ์ของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์คุณภาพแบบสอบถาม

เป็นการนำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเล็กๆ เพื่อนำผลมาตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม ซึ่งการวิเคราะห์หรือตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามทำได้หลายวิธี แต่ที่สำคัญมี 2 วิธี ได้แก่

ก. ความตรง (Validity) หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ในสิ่งที่ต้องการวัด โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

ก.1 ความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) คือ การที่แบบสอบถามมีความครอบคลุมวัตถุประสงค์หรือพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ ค่าสถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพ คือ ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือเนื้อหา (IOC: Index of item Objective Congruence) หรือดัชนีความเหมาะสม โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเนื้อหาของข้อถามเป็นรายข้อ

ก.2 ความตรงตามเกณฑ์ (Criterion-related Validity) หมายถึงความสามารถของแบบวัดที่สามารถวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริง แบ่งออกได้เป็นความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์และความเที่ยงตรงตามสภาพ สถิติที่ใช้วัดความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ทั้งของ Pearson และ Spearman และ ค่า t-test เป็นต้น

ก.3 ความตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึงความสามารถของแบบสอบถามที่สามารถวัดได้ตรงตามโครงสร้างหรือทฤษฎี ซึ่งมักจะมีในแบบวัดทางจิตวิทยาและแบบวัดสติปัญญา สถิติที่ใช้วัดความเที่ยงตรงตามโครงสร้างมีหลายวิธี เช่นการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การตรวจสอบในเชิงเหตุผล เป็นต้น

ข. ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง เครื่องมือที่มีความคงเส้นคงวา นั่นคือเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผลการวัดที่แน่นอนคงที่จะวัดกี่ครั้งผลจะได้เหมือนเดิม สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงมีหลายวิธีแต่นิยมใช้กันคือ ค่าสัมประสิทธิ์ แอลฟาของ คอนบาร์ (Conbach's Alpha Coefficient: α coefficient) ซึ่งจะใช้สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งระดับการวัดแบบประมาณค่า (Rating Scale)

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงแบบสอบถามให้สมบูรณ์

ผู้วิจัยจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถาม และตรวจสอบความถูกต้องของถ้อยคำหรือสำนวน เพื่อให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์และมีคุณภาพผู้ตอบอ่านเข้าใจได้ตรงประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการ ซึ่งจะช่วยให้ผลงานวิจัยเป็นที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 7 จัดพิมพ์แบบสอบถาม

จัดพิมพ์แบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วเพื่อนำไปใช้จริงในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย โดยจำนวนที่จัดพิมพ์ควรมีน้อยกว่าจำนวนเป้าหมายที่ต้องการเก็บรวบรวมข้อมูล และควรมีการพิมพ์สำรองไว้ในกรณีที่แบบสอบถามเสียหรือสูญหายหรือผู้ตอบไม่ตอบกลับแนวทางในการจัดพิมพ์แบบสอบถามมีดังนี้

- ก. การพิมพ์แบ่งหน้าให้สะดวกต่อการเปิดอ่านและตอบ
- ข. เว้นที่ว่างสำหรับคำถามปลายเปิดไว้เพียงพอ
- ค. พิมพ์อักษรขนาดใหญ่ชัดเจน
- ง. ใช้สีและลักษณะกระดาษที่เอื้อต่อการอ่าน

หลักการสร้างแบบสอบถาม

- ก. สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย
- ข. ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับผู้ตอบ
- ค. ใช้ข้อความที่สั้น กระชับรัด ได้ใจความ
- ง. แต่ละคำถามควรมีนัย เพียงประเด็นเดียว
- จ. หลีกเลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธซ้อน
- ช. ไม่ควรใช้คำย่อ
- ซ. หลีกเลี่ยงการใช้คำที่เป็นนามธรรมมาก
- ฅ. ไม่ชี้นำการตอบให้เป็นไปแนวทางใดแนวทางหนึ่ง
- ญ. หลีกเลี่ยงคำถามที่ทำให้ผู้ตอบเกิดความลำบากใจในการตอบ

- ฎ. คำตอบที่มีให้เลือกต้องชัดเจนและครอบคลุมคำตอบที่เป็นไปได้
- ฏ. หลีกเลี่ยงคำที่สื่อความหมายหลายอย่าง
- ฐ. ไม่ควรเป็นแบบสอบถามที่มีจำนวนมากเกินไป ไม่ควรให้ผู้ตอบใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามนานเกินไป

- ท. ข้อคำถามควรถามประเด็นที่เฉพาะเจาะจงตามเป้าหมายของการวิจัย
- ฑ. คำถามต้องน่าสนใจสามารถกระตุ้นให้เกิดความอยากตอบ

2.5.2 ข้อเด่นและข้อด้อยของการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

การใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีข้อเด่นและข้อด้อยที่ต้องพิจารณาประกอบในการเลือกใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.5.2.1 ข้อเด่นของการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามมีดังนี้ คือ

- ก. ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ วิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม จะเป็นวิธีการที่สะดวกและประหยัดกว่าวิธีอื่น
- ข. ผู้ตอบมีเวลาตอบมากกว่าวิธีการอื่น
- ค. ไม่จำเป็นต้องฝึกอบรมพนักงานเก็บข้อมูลมากเหมือนกับวิธีการสัมภาษณ์หรือวิธีการสังเกต
- ง. ไม่เกิดความลำเอียงอันเนื่องมาจากการสัมภาษณ์หรือการสังเกต เพราะผู้ตอบเป็นผู้ตอบข้อมูลเอง
- จ. สามารถส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบทางไปรษณีย์ได้
- ช. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล

2.5.2.2 ข้อด้อยของการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม มีดังนี้คือ

- ก. ในกรณีที่ส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบทางไปรษณีย์ มักจะได้แบบสอบถามกลับคืนมาน้อย และต้องเสียเวลาในการติดตาม อาจทำให้ระยะเวลาการเก็บข้อมูลล่าช้ากว่าที่กำหนด
- ข. การเก็บข้อมูลโดยวิธีการใช้แบบสอบถามจะใช้ได้เฉพาะกับกลุ่มประชากรเป้าหมายที่อ่านและเขียนหนังสือได้เท่านั้น
- ค. จะได้ข้อมูลจำกัดเฉพาะที่จำเป็นจริงๆ เท่านั้น เพราะการเก็บข้อมูลโดยวิธีการใช้แบบสอบถามจะต้องมีคำถามจำนวนน้อยข้อที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ง. การส่งแบบสอบถามไปทางไปรษณีย์ หน่วยตัวอย่างอาจไม่ได้เป็นผู้ตอบแบบสอบถามเองก็ได้ ทำให้คำตอบที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับความจริง
- จ. ถ้าผู้ตอบไม่เข้าใจคำถามหรือเข้าใจคำถามผิด หรือไม่ตอบคำถามบางข้อ หรือไม่ไตร่ตรองให้รอบคอบก่อนที่จะตอบคำถาม ก็จะทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยที่ผู้วิจัยไม่สามารถย้อนกลับไปสอบถามหน่วยตัวอย่างนั้นได้อีก

ข. ผู้ที่ตอบแบบสอบถามกลับคืนมาทางไปรษณีย์ อาจเป็นกลุ่มที่มีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มผู้ที่ไม่ตอบแบบสอบถามกลับคืนมา ดังนั้นข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะมีความลำเอียงอันเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างได้

2.6 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์

ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ให้ออกมามีคุณค่า ประโยชน์ และความต้องการใช้งานมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ในการสร้าง ดังนี้

2.6.1 หน้าที่ใช้สอย

หน้าที่ใช้สอยถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึง ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นถือว่าเป็นประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์นั้นก็ถือว่าเป็นประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร (Low Function)

สำหรับคำว่าประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) นั้น ดลต์ รัตนทัศนีย์ (2528 : 1) ได้กล่าวไว้ว่า เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจขอให้อธิบายตัวอย่างการออกแบบมีดหั่นผักแม้ว่ามีดหั่นผักจะมีประสิทธิภาพในการหั่นผักให้ขาดได้ตามความต้องการ แต่จะกล่าวว่า มีดนั้นมีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) ยังไม่ได้ จะต้องมีย่อประกอบอย่างอื่นร่วมอีกเช่น ด้ามจับของมีดนั้นจะต้องมีความโค้งเว้าที่สัมพันธ์กับขนาดของมือผู้ใช้ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดความสะดวกสบายในการหั่นผักด้วย และภายหลังจากการใช้งานแล้วยังสามารถทำความสะอาดได้ง่าย การเก็บและบำรุงรักษาจะต้องง่ายสะดวกด้วย ประโยชน์ใช้สอยของมีดจึงจะครบถ้วนและสมบูรณ์

เรื่องหน้าที่ใช้สอยนับว่าเป็นสิ่งที่ละเอียดอ่อนซับซ้อนมาก ผลิตภัณฑ์บางอย่างมีประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้คนที่ไปทราบเบื้องต้นว่า มีหน้าที่ใช้สอยแบบนี้ แต่ความละเอียดอ่อนที่นักออกแบบได้คิดออกมานั้นได้ตอบสนองความสะดวกสบายอย่างเต็มที่ เช่น มีดในครัวมีหน้าที่หลักคือใช้ความคมช่วยในการหั่น สับ แต่เราจะเห็นได้ว่าการออกแบบมีดที่ใช้ในครัวอยู่มากมายหลายแบบหลายชนิดตามความละเอียดในการใช้ประโยชน์เป็นการเฉพาะที่แตกต่างเช่น มีดสำหรับปอกผลไม้ มีดแล่เนื้อสัตว์ มีดสับกระดูก มีดบะช่อ มีดหั่นผัก เป็นต้น ซึ่งก็ได้มีการออกแบบลักษณะแตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน ถ้าหากมีการใช้มีดอยู่ชนิดเดียวแล้วใช้กันทุกอย่างตั้งแต่แล่เนื้อ สับบะช่อ สับกระดูกหั่นผัก ก็อาจจะใช้ได้ แต่จะไม่ได้ความสะดวกเท่าที่ควร หรืออาจได้รับอุบัติเหตุขณะที่ใช้ได้ เพราะไม่ใช่ประโยชน์ใช้สอยที่ได้รับการออกแบบมาให้ใช้เป็นการเฉพาะอย่าง

การออกแบบเก้าอี้ก็เหมือนกัน หน้าที่ใช้สอยเบื้องต้นของเก้าอี้ คือใช้สำหรับนั่ง แต่นั่งในกิจกรรมใดนั่งในห้องรับแขก ขนาดลักษณะรูปแบบเก้าอี้ก็เป็นความสะดวกในการนั่งรับแขก พุดคุยกัน นั่งรับประทานอาหาร ขนาดลักษณะเก้าอี้ก็เป็นความเหมาะสมกับโต๊ะอาหาร นั่งเขียนแบบบนโต๊ะ

เขียนแบบ เก้าอี้ก็จะมีขนาดลักษณะที่ใช้สำหรับการนั่งทำงานเขียนแบบ ถ้าจะเอาเก้าอี้รับแขกมาใช้ นั่งเขียนแบบ ก็คงจะเกิดการเมื่อยล้า ปวดหลัง ปวดคอ แล้วนั่งทำงานได้ไม่นาน ตัวอย่างดังกล่าวต้องการที่จะพูดถึงเรื่องของหน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญและละเอียดอ่อนมาก ซึ่งนักออกแบบจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด

2.6.2 ความปลอดภัย

สิ่งที่อำนวยความสะดวกได้มากเพียงใด ย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่างๆ มักจะเกิดจากเครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้า การออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจนหรือมีคำอธิบายไว้ ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็ก ต้องคำนึงถึงวัสดุที่เป็นพิษเวลาเด็กเอาเข้าปากกัดหรืออม นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ที่สำคัญ มีการออกแบบบางอย่าง ต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่าแบบธรรมดา แต่คาดไม่ถึงช่วยในการให้ความปลอดภัย เช่น การออกแบบหัวเกลียววาล์ว ถังแก๊ส หรือปุ่มเกลียว ล็อคใบพัดของพัดลม จะมีการทำเกลียวเปิดให้ย้อนตรงกันข้ามกับเกลียวทั่วไป เพื่อความปลอดภัย สำหรับคนที่ไม่เคยหรือเคยมือไปหมุนเล่นคือ ยิ่งหมุนก็ยิ่งขันแน่นเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้

2.6.3 ความแข็งแรง

ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผลิตภัณฑ์หรือโครงสร้างเป็นความเหมาะสมในการที่นักออกแบบรู้จักใช้คุณสมบัติของวัสดุและจำนวน หรือปริมาณของโครงสร้างในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก อีกทั้งต้องไม่ทิ้งเรื่องของความสวยงามทางศิลปะ เพราะมีปัญหาว่า ถ้าใช้โครงสร้างให้มากเพื่อความแข็งแรง จะเกิดสวนทางกับความงาม นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ตั้งเอาสิ่งสองสิ่งนี้เข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้ ส่วนความแข็งแรงของตัวผลิตภัณฑ์เองนั้นก็ขึ้นอยู่กับที่การออกแบบรูปร่างและการเลือกใช้วัสดุ และประกอบกับการศึกษาข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวต้องรับน้ำหนักหรือกระทบกระแทกอะไรหรือไม่ในขณะที่ใช้งานก็จะต้องทดลองประกอบการออกแบบไปด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ความแข็งแรงของโครงสร้างหรือตัวผลิตภัณฑ์ นอกจากเลือกใช้ประเภทของวัสดุ โครงสร้างที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงความประหยัดควบคู่กันไปด้วย

2.6.4 ความสะดวกสบายในการใช้

นักออกแบบต้องศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกลเกี่ยวกับสัดส่วน ขนาด และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายของมนุษย์ทุกเพศ ทุกวัย ซึ่งจะประกอบด้วยความรู้ทางด้านขนาดสัดส่วนมนุษย์ (Anthropometry) ด้านสรีรศาสตร์ (Physiology) จะทำให้ทราบขีดจำกัด ความสามารถของอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบหรือศึกษาด้านจิตวิทยา (Psychology) ซึ่งความรู้ในด้านต่างๆ ที่กล่าวมานี้ จะทำให้นักออกแบบ

ออกแบบและกำหนดขนาด (Dimensions) ส่วนโค้ง ส่วนเว้า ส่วนตรง ส่วนแคบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างพหุเหมาะแก่กับร่างกายหรืออวัยวะของมนุษย์ที่ใช้ ก็จะทำให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้การไม่เมื่อยมือหรือเกิดการล้าในขณะที่ใช้ไปนานๆ ผลิตภัณฑ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิชาดังกล่าว ก็จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้ต้องใช้ช่วยระร่างกายไปสัมผัสเป็นเวลานาน เช่น แก้ว อี๋ ด้าม เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ การออกแบบภายในห้องโดยสารรถยนต์ ที่มีจักรวรรจรยาน ปุ่มสัมผัสต่างๆ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ยกตัวอย่างมา ถ้าผู้ใช้ผู้ใดได้เคยใช้มาแล้วเกิดความไม่สบายร่างกายขึ้น ก็แสดงว่าศึกษากายวิภาคเชิงกลไม่ดีพอแต่ทั้งนี้ก็ต้องศึกษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ดีกว่าก่อน จะไปเหมาว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดี เพราะผลิตภัณฑ์บางชนิดผลิตมาจากประเทศตะวันตก ซึ่งออกแบบโดยใช้มาตรฐานผู้ใช้ของชาวตะวันตก ที่มีรูปร่างใหญ่โตกว่าชาวเอเชีย เมื่อชาวเอเชียนำมาใช้อาจจะไม่พอดีหรือหลวม ไม่สะดวกในการใช้งาน นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาสัดส่วนร่างกายของชนชาติหรือเผ่าพันธุ์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์

2.6.5 ความสวยงาม

ผลิตภัณฑ์ในยุคปัจจุบันนี้ความสวยงามนับว่ามีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าหน้าที่ใช้สอยเลย ความสวยงามจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อเพราะประทับใจ ส่วนหน้าที่ใช้สอยจะดีหรือไม่ต้องใช้เวลาอีกกระยะหนึ่งคือใช้ไปเรื่อยๆ ก็จะเกิดข้อบกพร่องในหน้าที่ใช้สอยให้เห็นภายหลัง ผลิตภัณฑ์บางอย่างความสวยงามก็คือ หน้าที่ใช้สอยนั่นเอง เช่น ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก ของขวัญ ตกแต่งต่างๆ ซึ่งผู้ซื้อเกิดความประทับใจในความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามจะเกิดมาจากสิ่งสองสิ่งด้วยกันคือ รูปร่าง(Form) และสี (Color)การกำหนดรูปร่างและสี ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่เหมือนกับการกำหนด รูปร่าง สี ได้ตามความนึกคิดของจิตรกรที่ต้องการ แต่ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นในลักษณะศิลปะอุตสาหกรรมจะทำตามความชอบ ความรู้สึกนึกคิดของนักออกแบบแต่เพียงผู้เดียวไม่ได้จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานรูปร่างและสีสันทให้เหมาะสม ด้วยเหตุของความสำคัญของรูปร่างและสีที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาวิชา ทฤษฎีหรือหลักการออกแบบและวิชาทฤษฎีสี ซึ่งเป็นวิชาทางด้านของศิลปะแล้วนำมาประยุกต์ผสมผสานใช้กับศิลปะทางด้านอุตสาหกรรมให้เกิดความกลมกลืน

2.6.6 ราคาพอสมควร

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาขายนั้นย่อมต้องมีข้อมูลด้านผู้บริโภคและการตลาดที่ได้ค้นคว้าและสำรวจแล้ว ผลิตภัณฑ์ย่อมจะต้องมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่จะใช้ว่าเป็นคนกลุ่มใด อาชีพฐานะเป็นอย่างไร มีความต้องการใช้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด นักออกแบบก็จะเป็นผู้กำหนดแบบผลิตภัณฑ์ ประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่จะซื้อได้การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมกับผู้ซื้อนั้น ก็อยู่ที่การเลือกใช้ชนิดหรือเกรดของวัสดุ และเลือกวิธีการผลิตที่ง่าย รวดเร็ว เหมาะสม อย่างไรก็ตามถ้าประมาณการออกมาแล้ว ปรากฏว่าราคาค่อนข้างจะสูงกว่าที่กำหนด

2.6.7 การซ่อมแซมง่าย

หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรกล เครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อน อะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งานหรือการใช้งานในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไกแต่ละชิ้นตลอดจนถอดสกรูเพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝาครอบบริเวณต่างๆ ให้สะดวก ในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่ได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.6.8 วัสดุและวิธีการผลิต

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ผลิตด้วยวัสดุสังเคราะห์ อาจมีกรรมวิธีการเลือกใช้วัสดุและวิธีผลิตได้หลายแบบ แต่แบบหรือวิธีใดถึงจะเหมาะสมที่สุด ที่จะไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณ ฉะนั้น นักออกแบบคงจะต้องศึกษาเรื่องวัสดุและวิธีผลิตให้ลึกซึ้ง โดยเฉพาะวัสดุจำพวกพลาสติกในแต่ละชนิด จะมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น มีความใส ทนความร้อน ผิวมันวาว ทนกรดต่างได้ดี ไม่ลื่น เป็นต้น ก็ต้องเลือกให้คุณสมบัติดังกล่าวให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่พึงมีอยู่ในยุคสมัยนี้ มีการรณรงค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้วัสดุที่นำกลับมาหมุนเวียนมาใช้ใหม่ ก็ยิ่งทำให้นักออกแบบย่อมต้องมีบทบาทเพิ่มขึ้นอีกคือ เป็นผู้ช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ ที่เรียกว่า รีไซเคิล

2.6.9 การขนส่ง

นักออกแบบต้องคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง การขนส่งสะดวกหรือไม่ ระยะใกล้หรือระยะไกลกินเนื้อที่ในการขนส่งมากน้อยเพียงใด การขนส่งทางบกทางน้ำหรือทางอากาศต้องทำการบรรจุหีบห่ออย่างไร ถึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียหายชำรุด ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์บรรจุสินค้าหรือเนื้อที่ที่ใช้ในการขนส่งมีขนาด กว้าง ยาว สูง เท่าไร เป็นต้น หรือในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบมีขนาดใหญ่โตยาวมาก เช่น เตียง หรือพัดลมแบบตั้งพื้น นักออกแบบก็ควรที่จะคำนึงถึงเรื่องการขนส่ง ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบกันเลยทีเดียว คือออกแบบให้มีชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้ง่าย สะดวก เพื่อให้หีบห่อมีขนาดเล็กที่สุดสามารถบรรจุได้ในลังที่เป็นขนาดมาตรฐาน เพื่อการประหยัดค่าขนส่งเมื่อผู้ซื้อซื้อไปก็สามารถที่จะขนส่งได้ด้วยตนเอง นำกลับไปบ้านก็สามารถประกอบชิ้นส่วนให้เข้ารูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยสะดวกด้วยตนเอง

2.7 การเลือกใช้สีกันสนิมอย่างถูกต้องและคุ้มค่า

ส่วนประกอบสำคัญในการเลือกใช้สีกันสนิมสารที่ใช้เป็นส่วนประกอบควรเลือกให้เหมาะสมกับงานเพื่อความถูกต้องและคุ้มค่า

2.7.1 ประเภทของสีกันสนิม

ก. สีรองพื้นกันสนิมจำพวก อีพ็อกซีจะมีคุณภาพสูงความทนทานมากและทนต่อแรงเสียดทานต่อการขีดขูด แต่จะยุ่งยากต่อเมื่อจะทำสีทับหน้าจะต้องใช้สีพวกมีสารประกอบไกล์เคียงกันทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณและยุ่งยาก เพราะสีอีพ็อกซีมีราคาสูงและมีส่วนผสมมาก มีขั้นตอนที่ต้องมาผสมเอง ห้ามใช้ต่างยี่ห้อผสมกันและต้องผสมให้ตามอัตราส่วนเท่านั้นห้ามปรับเปลี่ยน เด็ดขาด ถ้าไม่ชำนาญจะทำให้สีเสียได้หรือด้อยคุณภาพกันสนิมได้ไม่ดีเท่าที่ควร การใช้งาน ควรใช้งานที่ต้องการความคงทนของสี ไม่ต้องทำสีทับหน้าใหม่บ่อยๆเช่น เสาเหล็กสูงๆ สิ่งก่อสร้างใกล้ทะเล เครื่องบินงานเหล็กที่มีราคาสูง

ข. สีรองพื้นกันสนิมจำพวก อัลซิดเรซิน นิยมใช้กันมาก กันสนิมได้พอใช้มีความยืดหยุ่นของสีดี เนื่องจากเป็นผงสีจำพวกเรดออกไซด์ ทนต่อแรงเสียดทานและขีดขูดปานกลาง (บางยี่ห้อผสมสารเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มสีใกล้เคียงสีอีพ็อกซีเลยทีเดียว) ใช้งานได้ง่าย ราคาก็มีทั้งถูกและปานกลาง ข้อสำคัญที่ควรระวังในการใช้สีประเภทนี้คือไม่ควรผสมน้ำมันมากเกินไป จนสีไม่มีสารกันสนิมคงเหลืออยู่คือ ผสมจนเกินไปและถ้ายี่ห้อไหนให้ใช้น้ำมันสนผสม ก็ให้ใช้น้ำมันสนถ้าให้ใช้ทินเนอร์ควรใช้ทินเนอร์เท่านั้นผสมตามอัตราส่วน ไม่ควรผสมหลายๆอย่างจะทำให้สีเสื่อมคุณภาพป้องกันสนิมได้ไม่ดีทั้งที่สีเป็นสีใหม่การใช้งานใช้ได้ตั้งแต่วางตัวไป จนถึงงานคุณภาพปานกลางควร สีรองพื้นกันสนิมเรดเลด สีประเภทนี้สนิมประเภทนี้มีการผสมสารกันสนิมประเภท ตะกั่วและดีบุกบางเกรดในรูปของสารละลายทำให้มีความคงทนต่อสนิมได้มากขึ้นใน ขณะที่มีการผสมของสารเพิ่มคุณภาพอื่นอีกด้วย เช่นสาร ต่อต้านการเกิดสนิม ผงสังกะสีเรดเลดสีส้ม สารเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มสี สารเพิ่มการยึดเกาะของสี ทำให้สีรองพื้นกันสนิมชนิดนี้ มีประสิทธิภาพที่ดี นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมงานทางจักรกล งานโครงสร้างขนาดใหญ่ สารผสมไม่ยุ่งยากมากไปนักสามารถป้องกันการเกิดสนิมได้ดีเยี่ยม และมีราคาปานกลางจนถึงสูงในบางยี่ห้อยังมีสีรองพื้นกันสนิมอีกมากตามประเภทของงาน แต่จะแนะนำในส่วนที่นิยมใช้กันเท่านั้น เนื่องจากเหล็กมีราคาค่อนข้างสูง หลังจากทำสีกันสนิมแล้วควรทำให้สีรองพื้นกันสนิมมีประสิทธิภาพสูงสุดสามารถป้องกันสนิมได้อย่างแท้จริง จึงควรเลือกสีกันสนิมให้ถูกและเหมาะสมกับงาน งบประมาณ ค่าแรงงาน เวลาที่ใช้ ตามที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ตั้งขั้นตอนดังนี้

ข.1 พื้นผิวต้องเตรียมให้แห้งปราศจากสนิมหรือสีเก่าคราบน้ำมัน การทาสีหรือพ่นชั้นแรกต้องบางๆ และทาสีทับหน้าด้วย แต่ละชั้นสี ควรเว้นระยะเวลาทาให้ตามทีละกำหนด ทาแห้งแล้วเรียบเนียนเป็นเนื้อเดียวกันหมด

ข.2 ห้ามใช้สีต่างยี่ห้อผสมกัน เฉพาะสีรองพื้นกันสนิม ส่วนสีจริงที่ทาทับไม่ค่อยมีปัญหาต่างยี่ห้อทาทับได้ แต่อย่าผสมกันเด็ดขาด หลังจากผสมแล้วควรใช้ให้หมดในคราวเดียว ไม่ควรผสมแล้วเก็บไว้ใช้นานๆ

ข.3 ห้ามใช้สีที่หมดอายุแล้วเพราะเคมีจะเสื่อมสภาพ ห้ามผสมสีกับส่วนผสมหรือน้ำยาผสมแตกต่าง จากผู้ผลิตกำหนด ทินเนอร์ก็มีหลายเบอร์เลือกผสมเบอร์ให้ถูกต้อง

ข.4 กรณี สีทับหน้าเป็นสีอ่อน เช่น สีขาว ชมพู หรือครีม ควรเลือกใช้สีรองพื้นกันสนิม-สีอ่อนด้วยเช่น สีรองพื้นกันสนิมสีเทาอ่อน เพราะสีกันสนิมสีเข้มจะทำให้สีทับหน้าสีจริง สีอ่อนสีหมอง หรือสีผิดเพี้ยนได้มาก

ข.5 สังเกตว่าสีรองพื้นกันสนิมจะต้องไม่ตกตะกอนนอนก้นกระป๋องมากหรือแข็งหลังจากผสมน้ำมันจะผสมง่ายผสมเข้ากันได้เร็ว และยี่ห้อไหนดี ทาสีจริงทับหน้าด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดสนิมให้ดียิ่งขึ้น

2.7.2 สาเหตุของการเกิดสนิม

โลหะคือวัสดุมนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากมีความแข็งแรงแต่ก็มีข้อบกพร่องที่สำคัญที่สุด คือ การเกิดสนิม (Rusting) ในปีหนึ่งๆ จะสูญเสียเนื้อเหล็กไปในรูปของสนิมเกือบ 1 ใน 7 ของปริมาณเหล็กที่ผลิตได้ ซึ่งสร้างความเสียหายในเชิงเศรษฐกิจอย่างมหาศาลซึ่งการเกิดสนิมสามารถสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินและบางครั้งอาจทำให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิตอีกด้วย ดังนั้นการป้องกันการเกิดสนิมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การเกิดสนิมของเหล็ก สนิมเหล็ก คือ สารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจน มีชื่อทางเคมี คือไฮเดรตเฟอร์ริกออกไซด์ มีลักษณะเป็นคราบสีแดง ซึ่งไม่สามารถเกาะอยู่บนผิวของเหล็กได้อย่าง เหนียวแน่นสามารถหลุดออกไปได้ง่ายทำให้เนื้อเหล็กที่อยู่ชั้นในสามารถเกิดสนิมได้ต่อไป จนกระทั่งเป็นสนิมหมดทั้งชิ้น การเกิดสนิมเหล็กนั้นมีปัจจัยหลักก็คือ น้ำ (ความชื้น) และ ออกซิเจน (อากาศ) ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศโลก เมื่อเหล็กเจอกับ ความชื้น และ ออกซิเจนในบรรยากาศ จะเกิดปฏิกิริยากันระหว่างเหล็กกับความชื้นและ ออกซิเจนโดยเมื่อเหล็กได้รับความชื้น อิเล็กตรอนในอะตอมของเหล็กจะแตกตัวเป็นอิสระและจะค่อยๆสีก่อนกลายเป็นเหล็กออกไซด์หรือที่รู้จักกันว่า“สนิมเหล็ก”

การป้องกันการเกิดสนิมสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

ก. การเคลือบผิวเหล็ก เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อเหล็กสัมผัสกับน้ำและอากาศโดยตรง เช่น การทาสี การชุบด้วยโลหะ เช่น ดีบุก สังกะสี อย่างไรก็ตามวิธีเหล่านี้ก็มีข้อเสียคือผิวเคลือบจะหลุดออกได้ง่ายซึ่งทำให้เนื้อเหล็กสัมผัสกับน้ำและอากาศจนสามารถทำปฏิกิริยากันและก่อให้เกิดสนิม

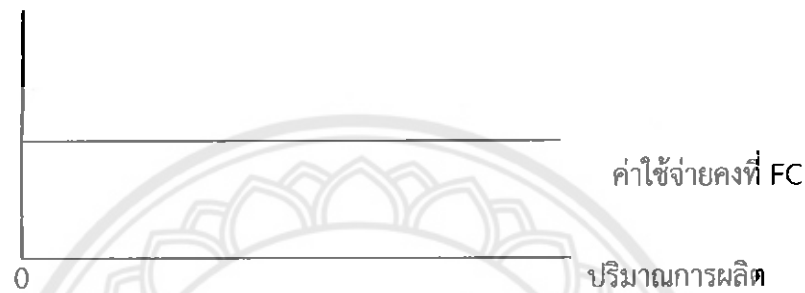
ข. ป้องกันการเกิดสนิมโดยการจ่ายอิเล็กตรอนในปริมาณที่เหมาะสมให้แก่ น้ำและ ออกซิเจนแทนเหล็ก เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องที่จะก่อให้เกิดสนิม วิธีนี้ถึงแม้ว่าเหล็กจะสัมผัสกับน้ำและอากาศโดยตรงก็จะไม่เกิดสนิมสามารถป้องกันการเกิดสนิมได้ในทุกสภาพแวดล้อม

2.8 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.8.1 ส่วนของค่าใช้จ่าย (Total Cost;TC)

ก. ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost;FC) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรผันตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าที่ดิน ค่าเช่า เงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายรายปี เป็นต้น
จำนวนเงิน

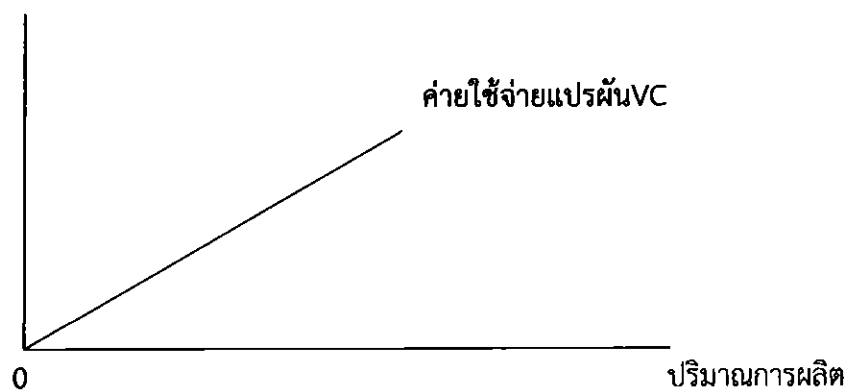


รูปที่ 2.4 ค่าใช้จ่ายคงที่รวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ
ที่มา : กานต์ ลีวัฒนายิ่งยง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, 2549

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าไม่ว่าจะทำการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร ค่าใช้จ่ายก็ไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต

ข. ค่าใช้จ่ายแปรผัน (Variable Cost;VC) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่แปรผันตามปริมาณการผลิต เช่นค่ากระดาษในร้านถ่ายเอกสาร ถ้าถ่ายมากก็จะใช้กระดาษมาก ค่ากระดาษก็จะมากจะเพิ่มขึ้นตาม หรือค่าแรงต่อหน่วย เป็นต้น

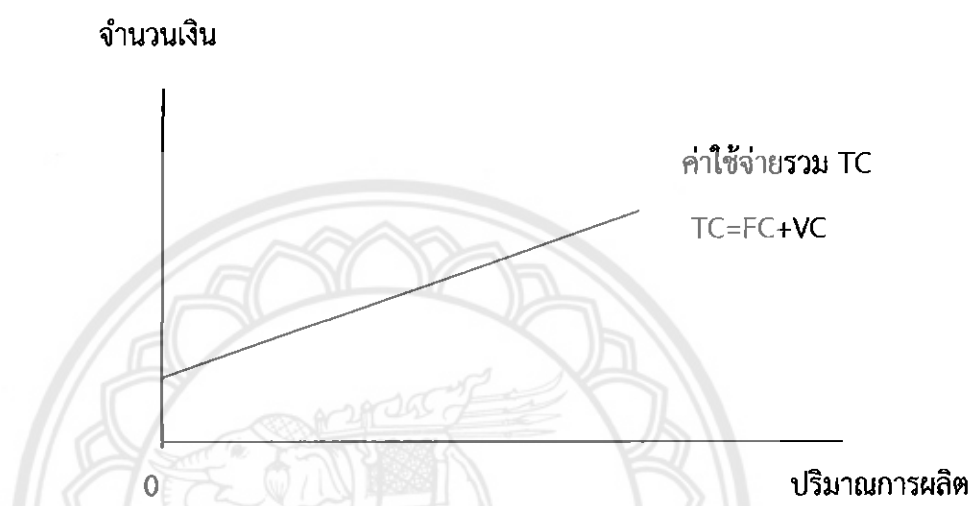
จำนวนเงิน



รูปที่ 2.5 ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ
ที่มา : กานต์ ลีวัฒนายิ่งยง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, 2549

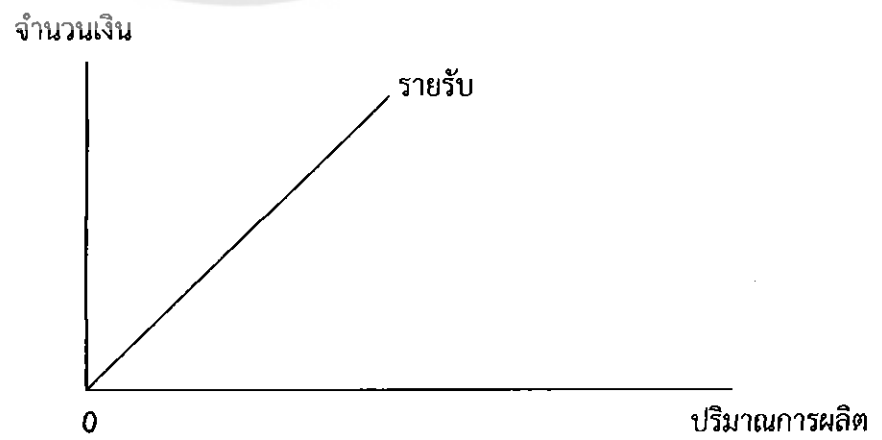
จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่า กราฟเริ่มที่จุด 0 หมายความว่า เมื่อยังไม่มีการผลิตเกิดขึ้น ค่าใช้จ่ายส่วนนี้ก็ยังมี และเมื่อเพิ่มปริมาณการผลิต ค่าใช้จ่ายก็จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นนั้น ดังรูปที่ 2.6

$$\text{สมการค่าใช้จ่าย} = TC = FC + VC$$



รูปที่ 2.6 ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ
ที่มา : กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, 2549

2.8.2 ส่วนของรายได้ (Revenue; R) หมายถึง ส่วนที่เป็นรายรับ หรือรายได้จากการขายจะ
ได้จากราคาขายคูณปริมาณการผลิต



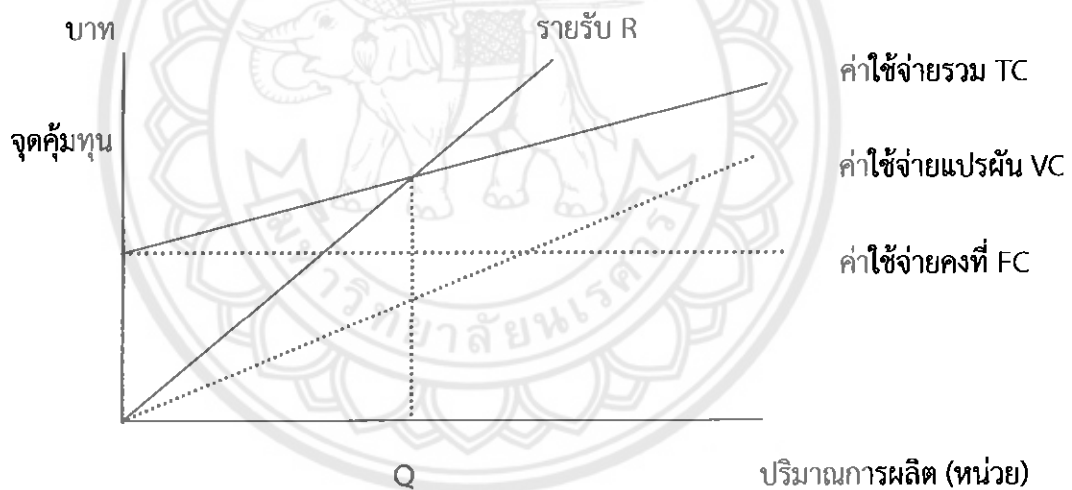
รูปที่ 2.7 รายรับรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ
ที่มา : กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, 2549

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

จากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่ากราฟเริ่มที่ 0 หมายความว่า เมื่อยังไม่มีการผลิตเกิดขึ้น ก็ยังไม่มี การขายสินค้า เมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นก็มีการขายสินค้าตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นนั้น

2.8.3 แผนภูมิจุดคุ้มทุน

แผนภูมิจุดคุ้มทุน เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายรับและค่าใช้จ่าย กับปริมาณ การผลิต โดยมีแกนตามแนวนอนแทนปริมาณการผลิต ส่วนแกนในแนวตั้งแทนค่าใช้จ่ายและรายได้ โดยในส่วนของค่าใช้จ่ายจะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่และส่วนของต้นทุน แปรผัน ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่จะเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรผันตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต หมายความว่า จะเป็นค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่่ว่าจะผลิตมากหรือน้อยเพียงใด ในแผนภูมิส่วนของต้นทุนคงที่ จะเป็นเส้นตรงในแนวนอนเหนือแกนแนวนอนขึ้นตามจำนวนเงินต้นทุน ส่วนค่าใช้จ่ายแปรผันจะเป็น ค่าใช้จ่ายที่เป็นสัดส่วนโดยตรงตามปริมาณการผลิต และจะขีดเส้นตรงตามแนวสูงขึ้นไปตามปริมาณที่ มากขึ้นในแนวนอน ส่วนเส้นรายได้จะแปรผันตามสัดส่วนปริมาณการขาย โดยจะเขียนเป็นเส้นตรงมี แนวสูงขึ้นไปตามปริมาณการผลิตที่มากขึ้น และจุดตัดระหว่างเส้นตรงของรายได้และเส้นตรงของ ค่าใช้จ่ายรวมจะเรียกว่า “จุดคุ้มทุน” (Breakeven Point; Q)



รูปที่ 2.8 แสดงจุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง

ที่มา : กานต์ ลีวัฒนาอึ้งยง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, 2549

จากรูปที่ 2.8 จุดที่เส้นรายรับรวม (R) ตัดกับเส้นค่าใช้จ่ายรวม (TC) คือจุดคุ้มทุน หมายความว่า ถ้าปริมาณการผลิตต่ำกว่าจุดคุ้มทุน (Q) จะเกิดการขาดทุน (เส้นรายรับรวม R ต่ำกว่า เส้นค่าใช้จ่ายรวม TC) และถ้าปริมาณการผลิตสูงกว่าจุดคุ้มทุน (Q) จะเกิดกำไร (เส้นรายรับรวม R สูงกว่าเส้นค่าใช้จ่ายรวม TC)

1593264 b

ร/ร.

ศ. ๒๑๒๖

๒๕๖๔

2.8.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีโครงการเดียว

กรณีโครงการเดียว จุดคุ้มทุนจะเกิดจากเส้นรายรับ (R) ตัดกับเส้นค่าใช้จ่าย (TC) ซึ่งจุดนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ค่าใช้จ่าย (Total Cost; TC) = รายได้ (Revenue : R)}$$

โดยที่ ค่าใช้จ่ายรวม TC = ค่าใช้จ่ายคงที่ FC + ค่าใช้จ่ายแปรผัน VC

ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของการผลิตแก้วน้ำพลาสติก พบว่าค่าแบบแก้วน้ำ 12,000 บาทค่าพลาสติกคิดเป็น 30 สตางค์ต่อแก้ว 1 ใบโดยปกติจะส่งแก้วน้ำออกขายใบละ 1 บาท อยากทราบว่าจุดคุ้มทุนในการผลิตแก้วน้ำพลาสติกเป็นเท่าไร

วิธีทำ

ให้ Q แทนจุดคุ้มทุน (ใบ)

ค่าใช้จ่าย (Total Cost; TC) = รายได้ (Revenue; R)

$$12,000 + 0.30 Q = 1.0 Q$$

$$Q = 17,142.86 \text{ ใบ}$$

ตัวอย่าง ในการผลิตสินค้าชนิดหนึ่งมีค่าใช้จ่ายคงที่ 600,000 บาทต่อปี มีค่าใช้จ่ายด้านวัสดุ 1.50 บาทต่อชิ้น สินค้านี้สามารถขายได้ในราคา 2.10 บาทต่อชิ้น จงวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

วิธีทำ

ให้ Q แทนจุดคุ้มทุน (ชิ้น)

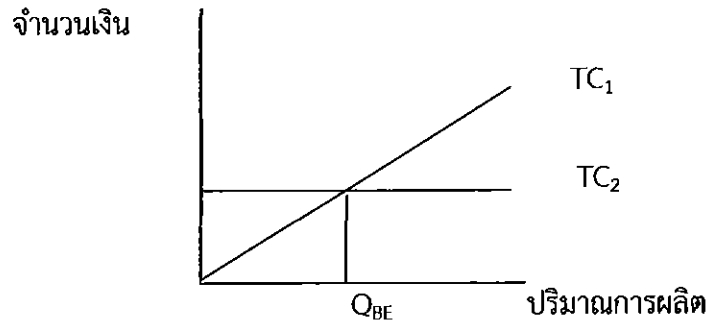
ค่าใช้จ่าย (Total Cost; TC) = รายได้ (Revenue ; R)

$$600,000 + 1.50 Q = 2.10 Q$$

$$Q = 1,000,000 \text{ ชิ้น}$$

2.8.5 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนระหว่างสองทางเลือก

ในกรณีที่มี 2 ทางเลือก เราสามารถใช้การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนมาพิจารณาตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมในปริมาณการผลิตที่ระดับต่างๆ ได้ไม่ว่าจะเป็นการตัดสินใจเลือกลงทุนโครงการใหม่ การตัดสินใจทดแทนทรัพย์สิน หรือการตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อหรือจะผลิตเองเป็นต้น จุดคุ้มทุนของสองทางเลือก จะได้จากจุดตัดระหว่างเส้นค่าใช้จ่ายรวมของทางเลือกที่ 1 ตัดกับเส้นค่าใช้จ่ายรวมของทางเลือกที่ 2



รูปที่ 2.9 แสดงจุดคุ้มทุนกรณีสองทางเลือก

ที่มา : กานต์ สวีตนาอึ้งยง, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, 2549

2.8.5.1 หลักการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณี 2 ทางเลือก

ก. กำหนดตัวแปรต่างๆที่เดียวซึ่งโดยกำหนดให้จุดคุ้มทุนเป็นตัวแปร Q_{BE}

ข. หาค่าใช้จ่ายรวมของทางเลือกที่ 1 โดยจัดให้อยู่ในรูป AW ซึ่งจะได้ $TC_1 =$

$$FC_1 + VC_1 + -P_1(A/P, i\%, n) - AOC_1 + SV_1(A/F, i\%, n) - VC_1$$

ค. หาค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนรวมของทางเลือกที่ 2 โดยจัดให้อยู่ในรูป AW ซึ่งจะได้

$$TC_2 = FC_2 + VC_2 + -P_2(A/P, i\%, n) - AOC_2 + SV_2(A/F, i\%, n) - VC_2$$

ง. นำค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของแต่ละทางเลือกมาเข้าสมการโดยจับให้เท่ากัน

(อยู่คน ละด้านของสมการ) นั่นคือ $TC_1 = TC_2$

จ. แก้สมการหาจุดคุ้มทุน (หา Q_{BE})

ช. เขียนกราฟแสดงจุดคุ้มทุนแล้ววิเคราะห์ผลโดยสรุปจากจุดคุ้มทุนที่หาได้

ตัวอย่าง บริษัทแห่งหนึ่ง ได้วางนโยบายเกี่ยวกับการรักษาความสะอาดภายในตึก โดยได้มีผู้นำเสนอ 2 โครงการคือ โครงการที่ 1 ซึ่จัดทำความสะอาดขนาดเล็กในราคา 75,000 บาท อายุการใช้งาน 15 ปี มูลค่าซาก 1,500 บาท ค่าใช้จ่ายรายปี 6,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 30 บาทต่อวัน โครงการที่ 2 คือเช่าเครื่องทำความสะอาดเป็นรายวันในอัตราค่าเช่า 210 บาทต่อวัน ถ้า $MARR = 12\%$ ต่อปี อยากทราบว่าบริษัทนี้ควรซื้อหรือทำความสะอาดขนาดเล็กเมื่อแผนการทำงานของบริษัทเป็นกี่วันต่อปี

วิธีทำ ให้จุดคุ้มทุนของบริษัทเท่ากับทำงาน Q วัน/ปี

โครงการที่ 1

$$FC_1 = -75,000 (A/P, 12\%, 15) + 1,500 (A/F, 12\%, 15) - 6,000$$

$$= -75,000 (0.1468) + 1,500 (0.0268) - 6,000 = -16,969.8$$

$$VC_1 = -30Q$$

$$TC_1 = -16,969.8 - 30Q$$

โครงการที่ 2

$$TC_2 = -210Q$$

สมการจุดคุ้มทุน

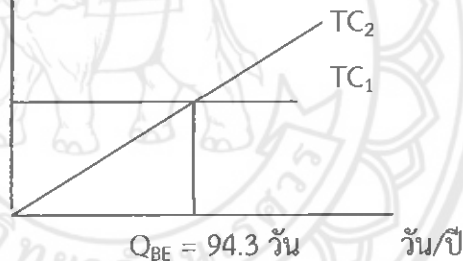
$$TC_1 = TC_2$$

$$-16,969.8 - 30Q = -210Q$$

$$Q_{BE} = 94.3 \text{ วัน/ปี}$$

กราฟแสดงจุดคุ้มทุน

บาท



วิเคราะห์ จากกราฟแสดงจุดคุ้มทุน ถ้าบริษัทวางแผนการทำงานต่อปีต่ำกว่า 94.3 วัน บริษัทควรเลือกโครงการที่ 2 (จ้างบริษัท) แต่ถ้าแผนการทำงานของบริษัทสูงกว่า 94.3 วัน/ปี บริษัทควรเลือกใช้โครงการที่ 1 (ซื้อรถทำความสะอาด)

2.8.6 คำอธิบายเพิ่มเติม

2.8.6.1 จุดคุ้มทุน (Breakeven Point; Q)

หมายถึง จุดที่รายได้มีค่าเท่ากับรายจ่ายหรือหมายถึงจุดที่ไม่ก่อให้เกิดกำไรและไม่ขาดทุนในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของสถานะต่างๆ ในระยะสั้น และข้อมูลจะต้องค่อนข้างแน่นอน เพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง

2.8.6.2 อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่พึงพอใจ (Minimum Attractive Rate of Return; MARR %)

อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่พึงพอใจ หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ต่ำสุดที่เราพอใจ ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนที่ประเมินขึ้นหรือตั้งขึ้นมา ทั้งนี้จะสูงจะต่ำขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละโครงการว่าหวังผลตอบแทนจากโครงการมากน้อยแค่ไหน

2.8.6.3 มูลค่าเทียบเท่า ณ ช่วงเวลาต่างๆ

ก. มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Present Worth; PW) หมายถึงมูลค่าเทียบเท่าของเงินทั้งระบบ ณ ปีที่ 0

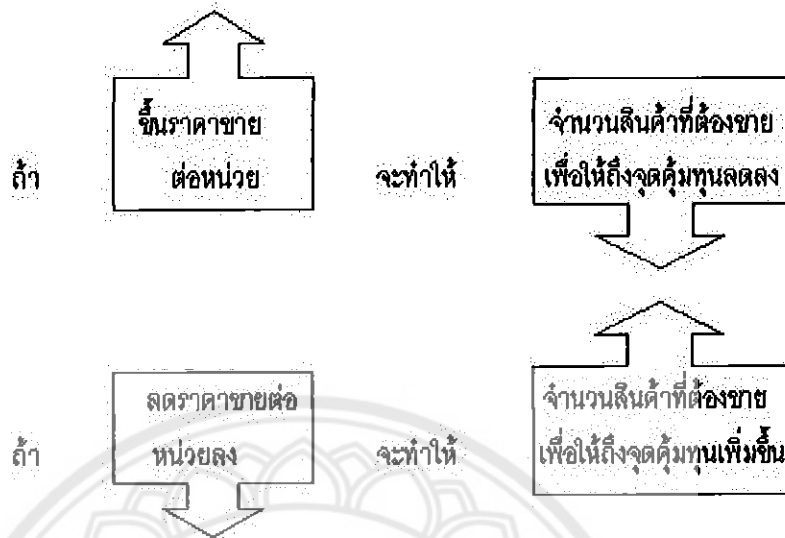
ข. มูลค่าเทียบเท่าอนาคต (Future Worth; FW) หมายถึง มูลค่าเทียบเท่าของเงินทั้งระบบ ณ ปีที่ n (ปีสุดท้ายของแผนผังการไหลของเงิน)

ค. มูลค่าเทียบเท่ารายปี (Annual Worth; AW) มูลค่าเทียบเท่าของเงินทั้งระบบกระจายไปในปีต่างๆด้วยจำนวนที่เท่าๆกันในแผนผังกระแสเงินสด ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n [1]

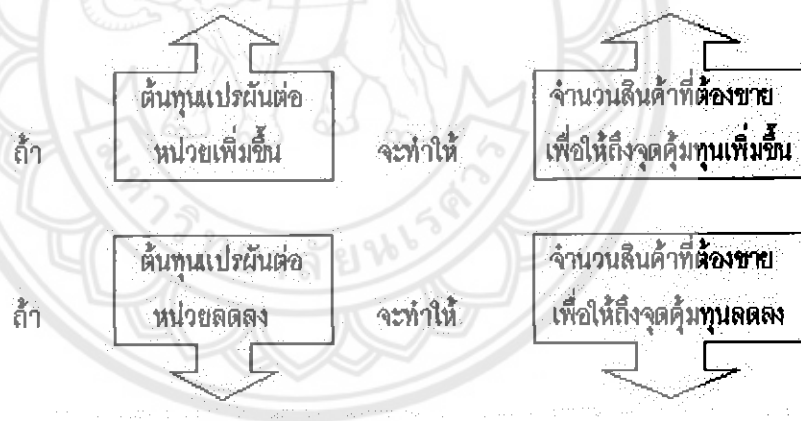


สรุปผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อจุดคุ้มทุน

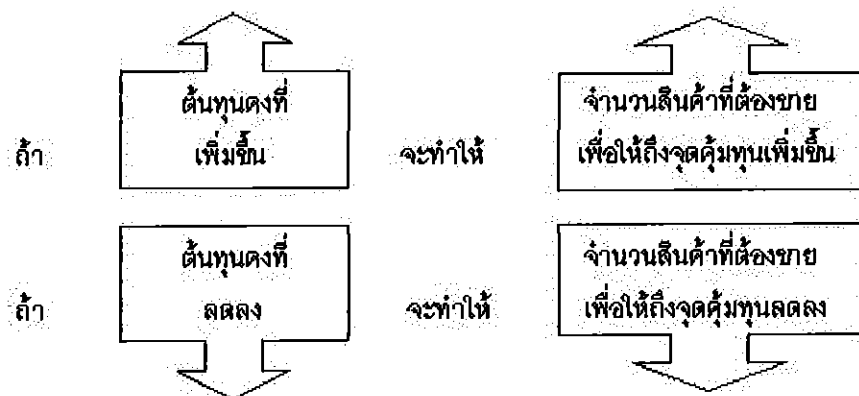
1. ราคาขายต่อหน่วย



2. ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย



3. ต้นทุนคงที่



2.9 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 รถตัดหญ้าเอนกประสงค์

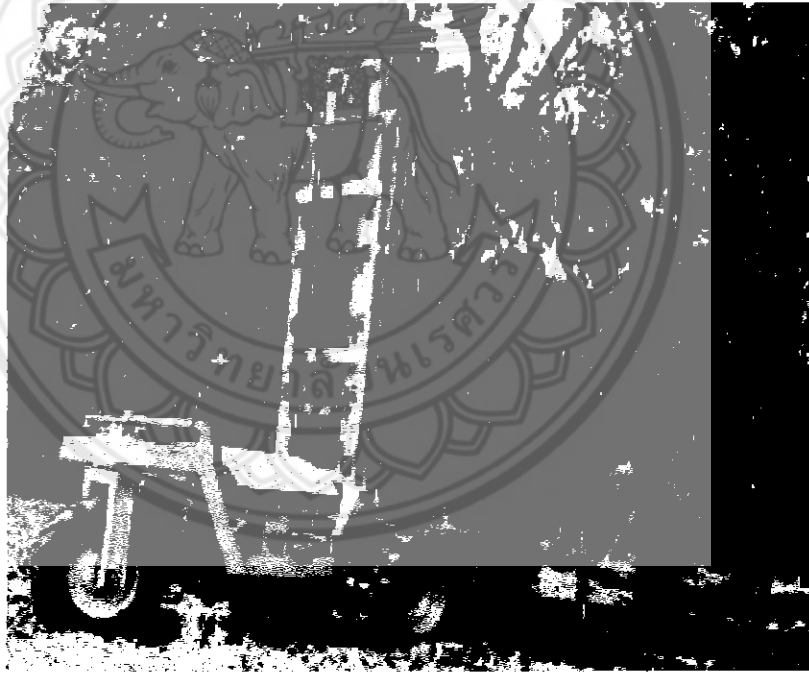
นายกฤษ สุเลียมมา, นายประพาส เปี่ยมฤกษ์ และนายเศรษฐสิทธิ์ มาตาเป่า ได้สร้างรถตัดหญ้าเอนกประสงค์ เนื่องจากปัจจุบันการเกษตรได้เข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจทำให้การใช้แรงงานขาดแคลนเกษตรกรต้องหาเครื่องทุ่นแรงในการช่วยผ่อนคลายนปัญหา ทางกลุ่มได้ตระหนักถึงปัญหาและความจำเป็นเรื่องนี้ จึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องมือเครื่องใช้เกี่ยวกับเกษตรที่มีอยู่ โดยศึกษาจากพื้นฐานของการทำงานของเครื่องตัดหญ้า เครื่องพ่นยาและเครื่องสูบน้ำที่ใช้กันอยู่มา ประยุกต์ผสมผสานกับเทคโนโลยีเข้าด้วยกัน เป็นแนวทางในการออกแบบรถตัดหญ้าเอนกประสงค์ที่ได้รูปแบบและสร้างขึ้นโดยการผสมเครื่องตัดหญ้า เครื่องพ่นยาเข้าด้วยกัน โดยใช้เครื่องยนต์ขนาด 5 แรงม้าที่เกษตรกรมีอยู่ทั่วไป พัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ให้เป็นประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและลดแรงงานของเกษตรกร ง่ายต่อการบำรุงรักษาและสามารถผลิตเองในชุมชน ซึ่งผลการทดลองรถตัดหญ้าชนิดนั่งขับติดตั้งเครื่องพ่นสารเคมี มีความกว้าง 0.80 เมตร ยาว 2.50 เมตร ความสูงทั้งหมด 1.20 เมตร

2.9.2 รถเกษตรเอนกประสงค์

นายฉัตรชัย มาอ่อน และนายฐิติพงษ์ มงคลทิพย์ ได้ทำการสร้างรถเกษตรเอนกประสงค์ขึ้นมาเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้หลายอย่างในเครื่องเดียวเพื่อลดแรงงานและขั้นตอนในการปฏิบัติงานซึ่งการทำงานของรถเกษตรเอนกประสงค์นั้นมีดังนี้ สามารถตัดหญ้า พ่นยาฆ่าแมลงและปั้มน้ำได้ซึ่งการทำงานในแต่ละส่วนนั้นทำงานได้เป็นส่วนๆไม่ขัดกันและยังมีระบบไฟ ระบบบังคับแขนกลที่สามารถเปิด-ปิดได้สะดวกในการสร้างรถเกษตรเอนกประสงค์นั้นได้นำแนวคิดและลักษณะการปฏิบัติงานทางการเกษตรมาประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีโดยการนำเอาอุปกรณ์ทางการเกษตรที่เกษตรกรมีอยู่ อาทิเช่น รถตัดหญ้า เครื่องพ่นยาฆ่าแมลงและปั้มน้ำมาออกแบบแล้วสร้างรถเกษตรเอนกประสงค์ขึ้นซึ่งง่ายต่อการบำรุงรักษาและในการสร้างรถเอนกประสงค์นั้นรถเอนกประสงค์สามารถเร่งความเร็วรอบต่ำที่สุดที่ 800 รอบต่อนาทีและสูงสุดอยู่ที่ 2800 รอบต่อนาทีรถเอนกประสงค์มีความกว้าง 83.30 เซนติเมตร ยาว 256.47 เซนติเมตรและสูง 178.66 เซนติเมตร

2.9.3 รถกระเช้าช่วยตัดแต่งกิ่งลำไย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันตีกุล ได้สร้างรถกระเช้าตัดแต่งกิ่งลำไยโดยคำนึงถึงปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งของการผลิตลำไยเพื่อการค้าคือ ต้นลำไยที่มีลักษณะทรงพุ่มสูงใหญ่ทำให้ไม่สะดวกต่อการดูแลรักษาและเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง วิธีหนึ่งที่น่ามาแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การตัดแต่งกิ่ง จึงได้สร้างรถกระเช้าช่วยตัดแต่งกิ่งลำไย ที่สามารถเลื่อนกระเช้าขึ้น-ลงในแนวตั้งด้วยกระบอไฮดรอลิกจำนวน 3 กระบอก และเลื่อนแขนกระเช้าในแนวราบโดยใช้กระบอไฮดรอลิกจำนวน 1 กระบอก สามารถตัดแต่งกิ่งที่ความสูงระหว่าง 1-8 เมตร ความเร็วขับเคลื่อนหน้าและถอยหลังเท่ากับ 9.31 และ 7.85 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ กระเช้าเคลื่อนที่ในแนวราบได้ 0.85 เมตร รัศมีวงเลี้ยวแคบสุด 3.03 เมตร ความเร็วในการเลื่อนกระเช้าขึ้น 0.10 เมตรต่อวินาที ความเร็วเลื่อนกระเช้าลง 0.46 เมตรต่อวินาที อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.56 ลิตรต่อชั่วโมง ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 1,400 รอบต่อนาที พบว่าการตัดแต่งกิ่งโดยใช้รถกระเช้าช่วยตัดแต่งกิ่งมีความสามารถในการทำงานมากกว่าการตัดแต่งกิ่งโดยใช้บันได



รูปที่ 2.10 รถกระเช้าตัดแต่งกิ่งลำไย

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัย คณะผู้ดำเนินการวิจัยจะดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้ (สามารถดูแผนผังการไหลของการดำเนินการได้ดังรูปที่ 3.1)

3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ การออกแบบโครงสร้าง วัสดุที่ใช้ รวมถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหที่อาจเกิดขึ้นกับรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

3.1.1 ศึกษาสภาพปัญหาของการทำงานในสวนผลไม้

- ก. ในสวนผลไม้พื้นผิวถนนจะลักษณะขรุขระ
- ข. บริเวณต้นไม้มักจะมีหญ้าขึ้นสูง
- ค. การขนย้ายอุปกรณ์ในสวนผลไม้ทำได้ลำบาก
- ง. การเก็บผลไม้ที่ระดับต่างๆ

3.1.2 ศึกษาโครงสร้างหลักต่างๆ ของรถเข็น

- ก. โครงสร้างที่ใช้รองรับน้ำหนัก
- ข. ระบบป้องกันความปลอดภัย
- ค. การเลือกใช้ล้อรถ
- ง. ส่วนของกระเช้ายกระดับ
- จ. ระบบขับเคลื่อนของรถเข็น
- ช. การยกปรับระดับคาน

3.2 ออกแบบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นหัวข้อต่างๆ โดยการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้เป็นลำดับและเป็นระบบ รวมทั้งหาข้อมูลลักษณะโครงสร้างต่างๆ และระบบการทำงานที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.2.1 ออกแบบโครงสร้าง

จะเลือกใช้โครงสร้างตัวรถเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งถ้าเลือกใช้โครงสร้างสี่เหลี่ยมจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนกว่าในเลือกการออกแบบและสร้างระบบบังคับเลี้ยว โดยโครงสร้างสามเหลี่ยมยังมีข้อดีเวลาลากผ่านหญ้าที่สูงๆ สามารถผ่านได้ง่ายและกินแรงน้อยกว่าแบบโครงสร้างสี่เหลี่ยม

3.2.2 การออกแบบระบบขับเคลื่อน

ใช้ระบบขับเคลื่อนแบบสามล้อ โดยเพียงใช้ล้อหลังสองล้อและล้อหน้าเพียงล้อเดียวในส่วนของล้อหน้าจะเป็นล้อที่ใช้บังคับทิศทางในการเลี้ยวและลากจูง ระบบขับเคลื่อนโดยใช้สามล้อในส่วนล้อหลังทั้งสองล้อจะมีขนาดใหญ่มากกว่าล้อหน้า เพราะต้องรับแรงและน้ำหนักมากกว่าล้อหน้า

3.2.3 ออกแบบระบบยกกระเช้า

การยกกระเช้าจะใช้แม่แรงกระปุกสองช่วง การใช้แม่แรงสองช่วงจะช่วยเพิ่มความสูงของกระเช้าให้สูงเพิ่มมากขึ้น

3.2.4 การออกแบบตัวกระเช้า

การออกแบบในส่วนนี้ ตัวของกระเช้าจะออกแบบให้มีความสูงประมาณ 80 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร เพื่อให้เพื่อป้องกันการตกกระเช้าของผู้ปฏิบัติงานและสามารถทำงานได้คล่องตัวเมื่ออยู่บนกระเช้า ในส่วนของประเข้าสามารถถอดออกจากตัวรถได้เพื่อความสะดวกในการขนย้าย

3.2.5 ออกแบบระบบ (Safety)

ออกแบบระบบป้องกันอันตรายในส่วนโครงสร้างนี้ได้ออกแบบเป็นสองจุดคือจุดแรกระบบป้องกันการตกจากกระเช้าโดยเมื่อเข้าและออกจากกระเช้าจะมีเหล็กกันสามารถเปิดปิดได้ จุดที่ 2 คือระบบขาค้ำ การออกแบบในส่วนนี้จะทำเป็นขาเหล็กอยู่ทั้งสองด้าน ของตัวรถเข็นซึ่งขาค้ำนี้สามารถพับเก็บได้และปรับระดับในกรณีที่พื้นดินทั้งสองข้างไม่เท่ากัน ซึ่งจะช่วยป้องกันการโคลงหรือคว่ำขณะปฏิบัติงาน

3.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์

3.3.1 หาข้อมูลราคาวัสดุ

เมื่อทราบแล้วว่าใช้วัสดุอะไรบ้างก็ดำเนินการหาวัสดุตามร้านจำหน่ายวัสดุต่างๆ แล้วนำราคามาเปรียบเทียบกันว่าไหนราคาถูกกว่ากัน และมีประสิทธิภาพดีกว่ากัน

3.3.2 สรุปรายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

เมื่อมีข้อมูลวัสดุแล้วก็จัดทำรายการวัสดุว่าต้องใช้อะไรบ้าง วัสดุอะไร จำนวนเท่าไร ราคาเท่าไร แล้วก็กำหนดราคาออกมา

3.3.3 จัดซื้อจัดหาวัสดุและอุปกรณ์

ทำการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่วางแผนไว้ให้ครบถ้วน

3.4 การสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

3.4.1 สร้างโครงสร้าง

ดำเนินการสร้างโครงสร้างจะสร้างออกมาเป็นสองส่วนคือส่วนล่าง จะใช้ในการวางระบบต่างๆ และในส่วนบนจะมีไว้เพื่อจัดวางระบบกระเช้า

3.4.2 สร้างระบบขับเคลื่อน

สร้างระบบขับเคลื่อนโดยนำเอาล้อรถเข็นขนาด 36 นิ้ว ต่อเข้ากับโครงสร้างรถโดยใช้เป็นล้อหลังสองล้อ ส่วนในด้านจะใช้เป็นล้อรถมอเตอร์ไซค์ ในการขับเคลื่อนและการบังคับเลี้ยวจะใช้มอเตอร์ไซค์ในการบังคับเลี้ยว

3.4.3 ระบบคานยกกระเช้า

ขั้นตอนนี้เป็น การสร้างให้คานยกสามารถยกกระเช้าให้มีระดับความสูงตามที่ได้วางแผนไว้ โดยต้องเริ่มที่การออกแบบในส่วนของการยกคาน โดยทำการออกแบบให้แม่แรงสามารถพับเก็บตัวเองได้และเพิ่มความสูงของแม่แรงโดยการออกแบบเหล็กให้เป็นระบบบานพับเชื่อมเข้ากับปลายของแม่แรง เพื่อเพิ่มระดับความสูงของกระเช้า โดยรถเข็นและคานยังเกิดความสะดวกเมื่อกระเช้ายกสูงที่สุด

3.4.4 การจัดวางแม่แรง

นำแม่แรงมาประกอบเข้ากับโครงสร้างรถตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้

3.4.5 สร้างตัวกระเช้า

ทำการสร้างกระเช้าโดยออกแบบให้ตัวกระเช้ามีขนาดความกว้างและความสูงที่เหมาะสม แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งส่วนของกระเช้าจะมีเหล็กกันเป็นประตูเปิด-ปิด ก่อนเข้ากระเช้า ซึ่งตัวกระเช้าจะใช้เหล็กเหล็กลมทำเป็นโครงกระเช้า และใช้ลวดหยิกในการสานรอบกระเช้า

3.5 สร้างระบบความปลอดภัย

3.5.1 สร้างตัวค้ำยันกันโคล่น

สร้างขาค้ำยันในการป้องกันการโคล่นล้ม จากการทำงานขณะอยู่บนกระเช้าโดยทำการติดตั้งบริเวณด้านข้างทั้งสองของโครงรถเข็น

3.5.2 สร้างราวจับ

การสร้างในส่วนนี้จะออกแบบมาเพื่อป้องกันการตกของขณะปฏิบัติงาน โดยจะออกแบบราวจับให้อยู่รอบๆของตัวกระเช้า

3.6 การทดสอบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

3.6.1 ทดสอบระบบต่างๆ

ทำการทดสอบระบบขับเคลื่อน ระบบยกกระเช้า และทดสอบการทำงานบนกระเช้า โดยการทดสอบการเก็บผลไม้ การห่อผลไม้ การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง การเก็บผลไม้ แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาทำการบันทึกผล

3.6.2 สรุปข้อดีข้อเสีย

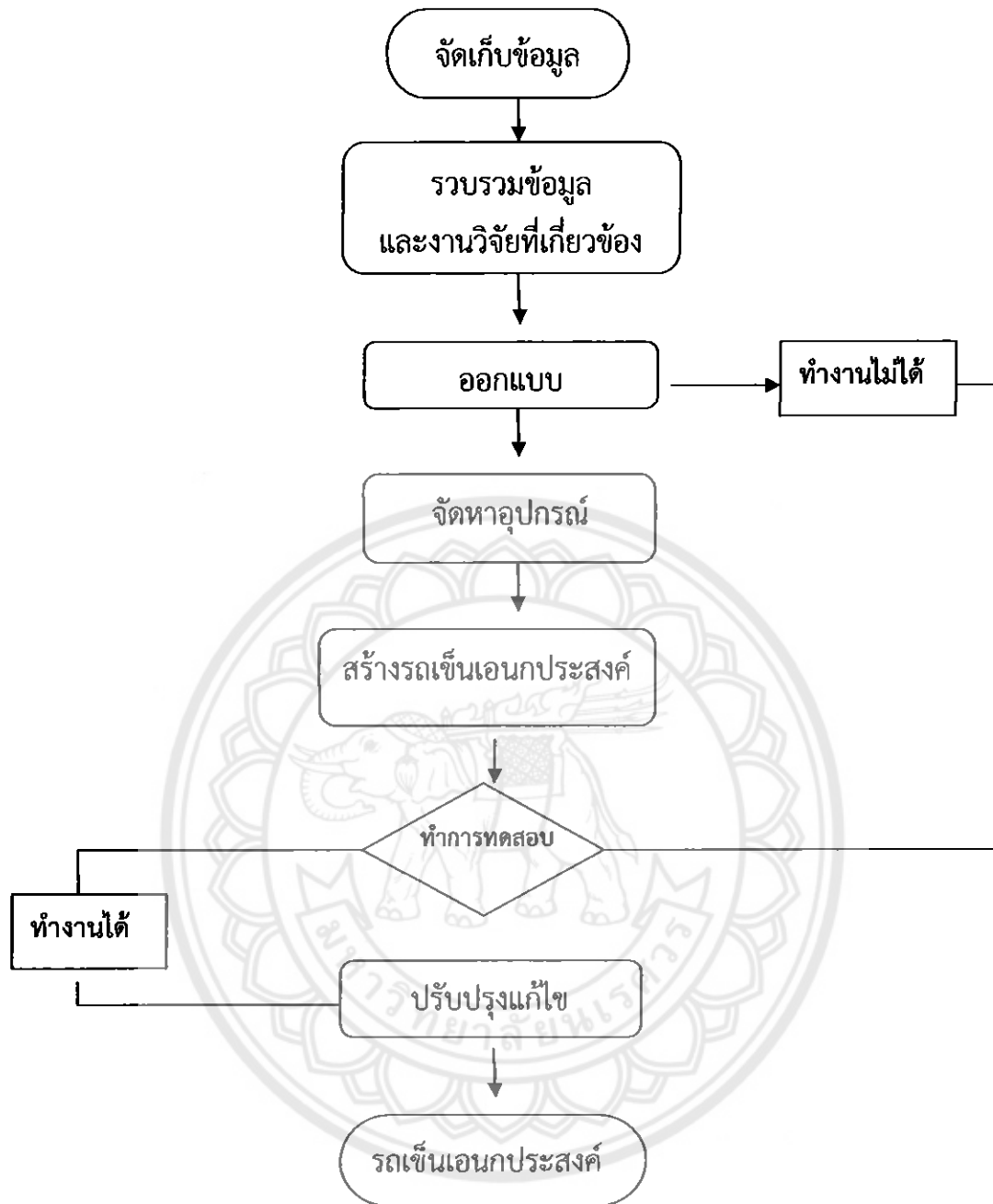
นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลที่ได้มาจากใบประเมินจากเจ้าของสวน ว่ามีความพึงพอใจในการใช้งานรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้มาวิเคราะห์หาจุดที่บกพร่องและปรับปรุงแก้ไข

3.7 ปรับปรุงและแก้ไขรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

นำจุดที่ยังทำงานบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

3.8 เขียนคู่มือประกอบการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

เนื้อหาของคู่มือจะประกอบไปด้วย ส่วนประกอบของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ขั้นตอน และวิธีการใช้งาน และวิธีการบำรุงรักษา



รูปที่ 3.1 FLOW CHART การวิจัยดำเนินการสร้างรถเซ็นเซอร์

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลนี้ ได้ทำการเก็บข้อและศึกษาข้อมูลเป็นส่วนต่างๆ เช่น ส่วนของโครงสร้าง ส่วนของระบบขับเคลื่อน และในส่วนระบบยกกระเช้า

4.2 การออกแบบ

การออกแบบนั้นแบ่งออกเป็น การขับเคลื่อนใช้ระบบ 3 ล้อมีข้อดีคือลดขั้นตอนในส่วนของการสร้างและออกแบบโครงสร้างการ ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อมีข้อดีคือทำให้ผู้ใช้สะดวกในการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีพ่วง หรือลากจูง เนื่องจากสภาพในสวนผลไม้มีพื้นที่แคบ จึงทำได้ยากในการเข้าไปเก็บเกี่ยว ห่อผลไม้ หรือฉีดพ่นยาฆ่าแมลง โครงสร้างสามเหลี่ยมจึงมีข้อดีในส่วนนี้ที่จะสามารถออกจนเข้าไปในส่วนที่ทำงานได้ยากลำบาก และสามารถเข้าถึงจุดต่างๆได้อย่างทั่วถึง

ข้อดีของการระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ

- ก. รัศมีวงเลี้ยวแคบกว่าการขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ
- ข. ในการออกแบบและสร้างรถเข็นง่ายและประหยัดมากกว่า
- ค. การซ่อมบำรุงง่ายกว่า
- ง. มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย
- จ. การบังคับเลี้ยวง่ายกว่า

4.2.1 หน้าที่ใช้สอย

ในส่วนของหน้าที่ใช้สอย จะออกแบบให้มีความหลากหลาย เช่นด้ามจับสำหรับใช้ในการลากรถเข็น ตะแกรงสำหรับใส่อุปกรณ์บนกระเช้าสามารถถอดประกอบได้ และด้านล่างเป็นตะแกรงสำหรับใส่ผลไม้และอุปกรณ์ต่างๆ



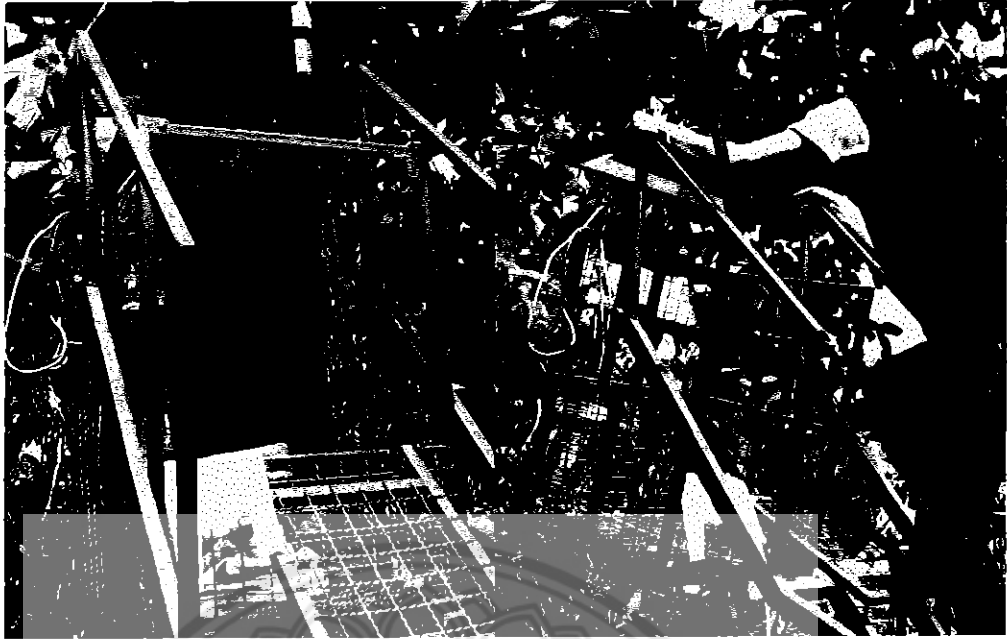
รูปที่ 4.1 แสดงในส่วนของการออกแบบหน้าที่ใช้สอย

4.2.2 ความปลอดภัย

จะทำการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือในส่วนแรกทางเข้ากระเช้าจะมีตัว เปิด - ปิด เวลาเข้า ออกและในส่วนที่ 2 จะออกแบบให้มีขาค้ำยันเพื่อป้องกันการโคล่นล้มขณะทำงาน



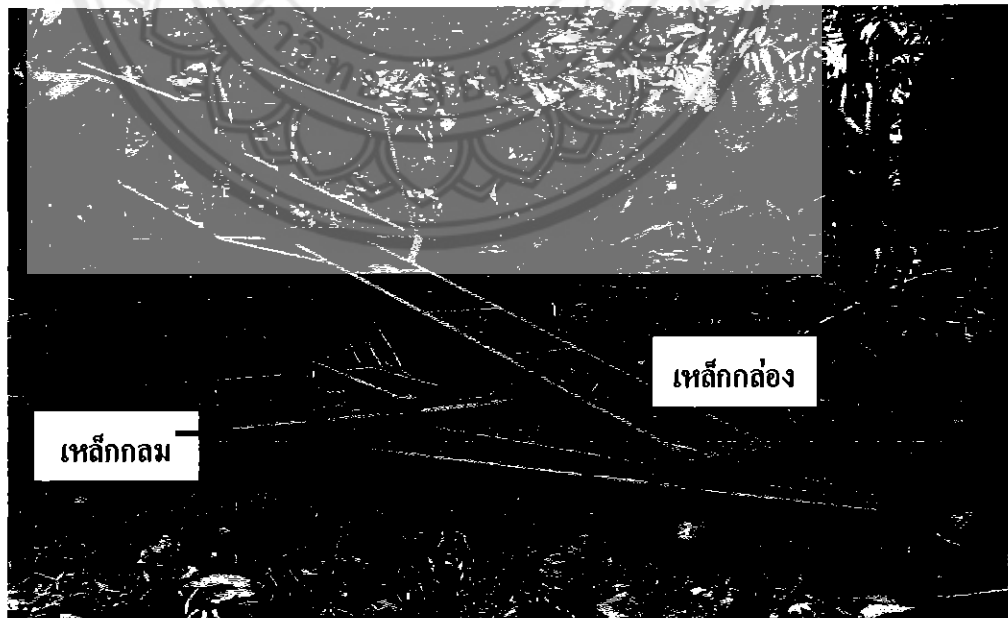
รูปที่ 4.2 แสดงขาค้ำยันรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้



รูปที่ 4.3 ประตูเปิด - ปิด กระเช้า

4.2.3 ความแข็งแรง

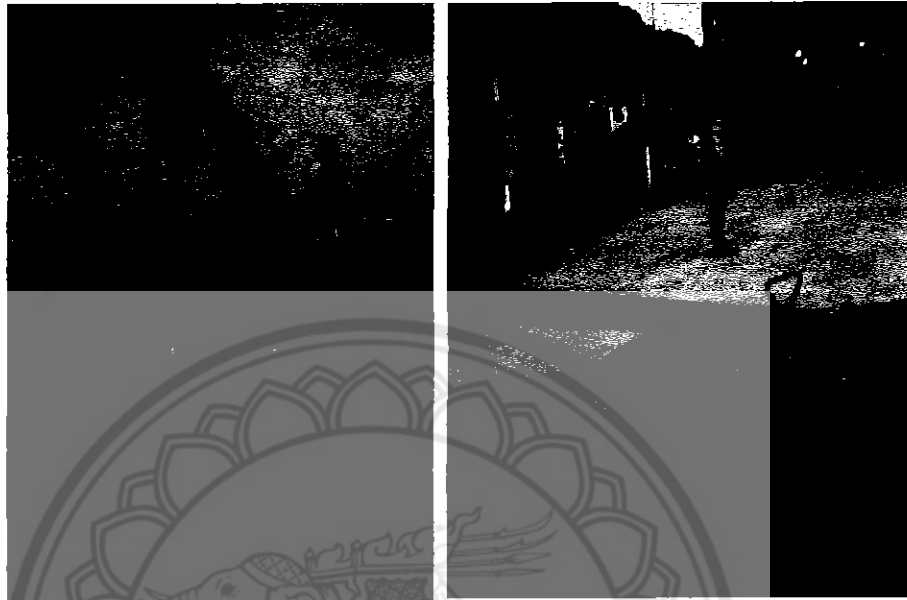
จะเลือกใช้เหล็กในการทำโครงสร้างต่างๆ โดยหลักจะใช้เหล็กกล่องและเหล็กกลมในการสร้างรถเข็นอนุกรมประสงคในสวนผลไม้



รูปที่ 4.4 แสดงเหล็กกลมและเหล็กกล่องที่นำมาใช้

4.2.4 ความสะดวกสบายในการใช้

ออกแบบให้ขาข่ายันอยู่ทั้งสองด้านของตัวรถเข็นซึ่งสามารถพับเก็บได้และกระปุกแม่แรงสามารถพับเก็บได้เมื่อกระเช้าลดตัวลง



รูปที่ 4.5 แสดงการพับเก็บแม่แรง



รูปที่ 4.6 ขาข่ายพับเก็บได้

4.2.5 ความสวยงาม

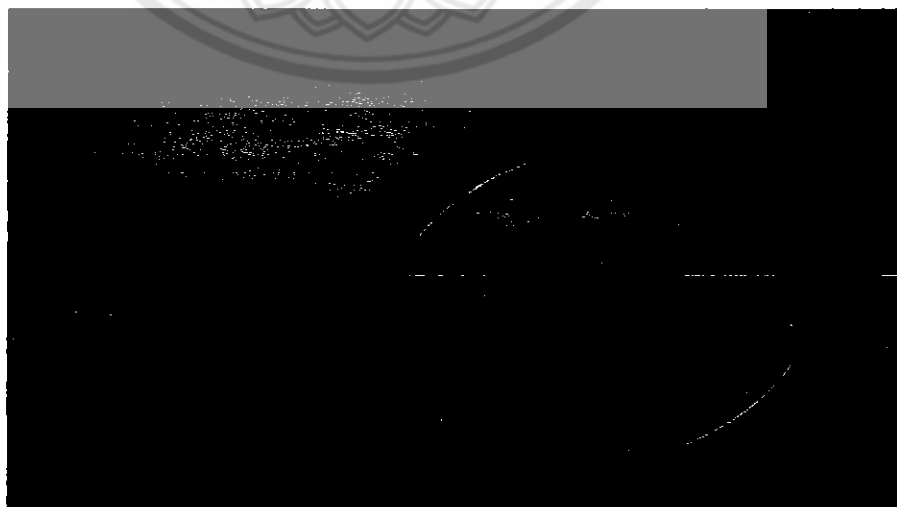
ด้านความสวยงามเราจะเลือกใช้สีส้มเป็นสีตัวรถ จะทำให้รถเข็นมีสีสันสดใสสามารถมองเห็นได้ชัดเจน



รูปที่ 4.7 สีของตัวรถเข็น

4.2.6 ราคาพอสมควร

ในด้านราคาเราจะเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างและการใช้งาน อย่างเช่น การเลือกใช้เหล็กจะเลือกใช้เหล็กที่มีขนาดสอดคล้องกับการใช้งาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของวัสดุใน ส่วนของล้อหน้าที่ใช้ในการบังคับทำการเลือกใช้เป็นล้อรถมอเตอร์ไซด์ที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว



รูปที่ 4.8 ล้อรถมอเตอร์ไซด์

4.2.7 การซ่อมแซมง่าย

การซ่อมแซมจะหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นส่วนที่สามารถเสียได้ง่ายหรือมีราคาแพง อย่างเช่น การเลือกใช้เหล็กกลม ในการแทนตลับลูกปืนในส่วนของตัวคานยกกระเช้า และเลือกใช้ล้อรถเข็นที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด



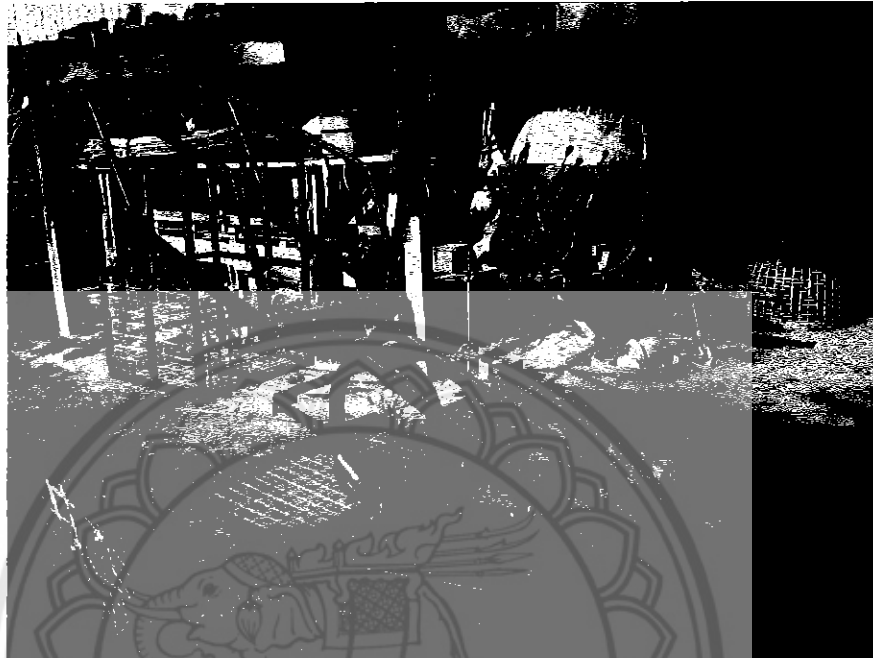
รูปที่ 4.9 ส่วนของระบบแม่แรงและคานยกกระเช้า



รูปที่ 4.10 ล้อรถเข็น

4.2.8 วัสดุและวิธีการผลิต

จะเลือกใช้วัสดุส่วนใหญ่เป็นหลักและชิ้นส่วนบางอย่างสามารถหาซื้อได้โดยการผลิตจะ
ใช้การเชื่อมเป็นส่วนใหญ่



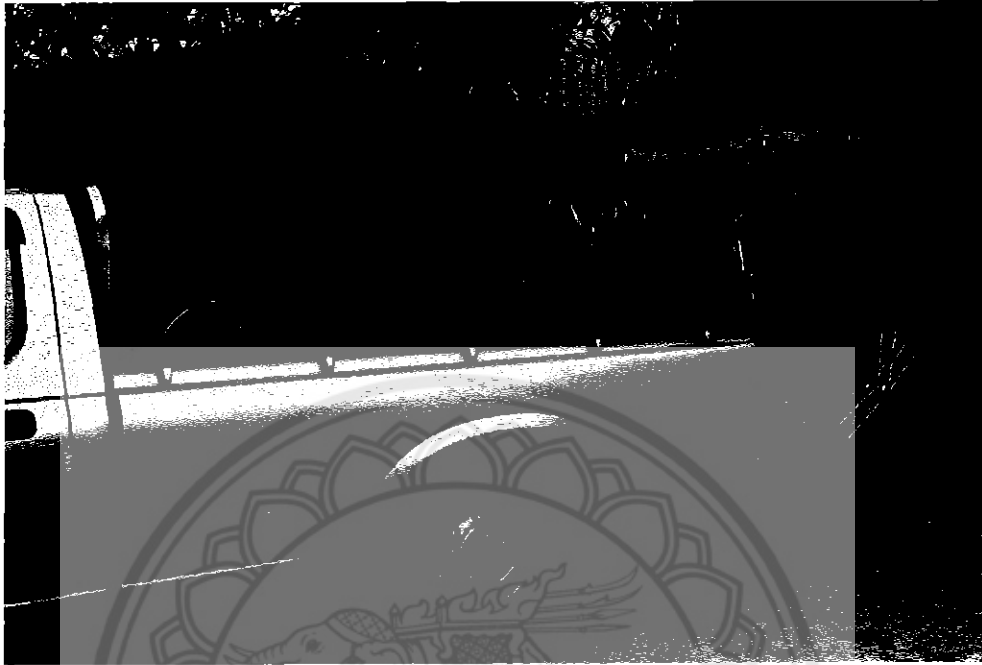
รูปที่ 4.11 โครงสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้



รูปที่ 4.12 การขึ้นรูปตัวกระเช้า

4.2.9 การขนส่ง

การเคลื่อนย้ายสามารถทำได้โดยการบรรทุกขึ้นรถกระบะ หรือด้วยวิธีลากจูงรถ



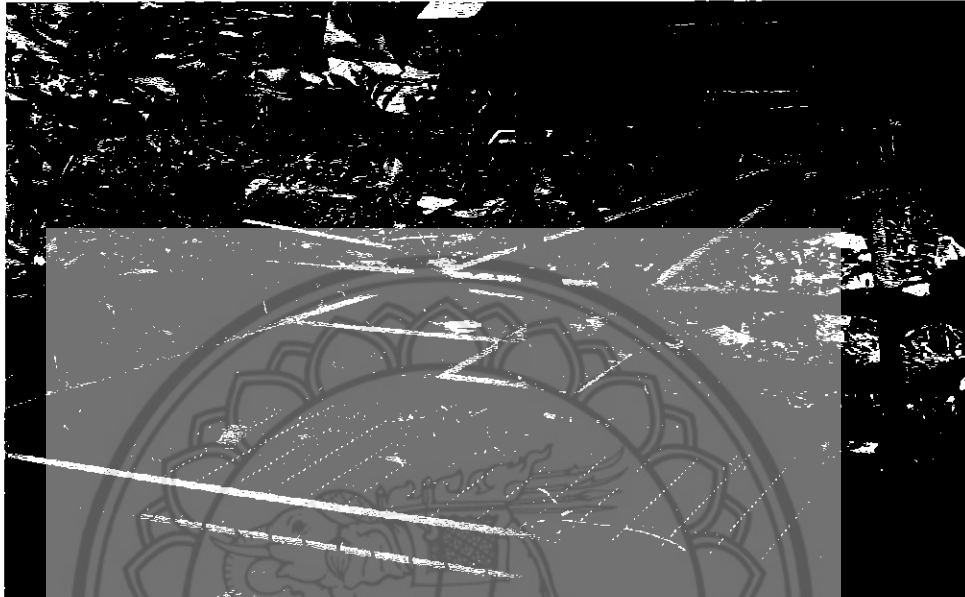
รูปที่ 4.13 วิธีการเคลื่อนย้ายโดยรถกระบะ



รูปที่ 4.14 ด้ามจับที่ใช้ลากจูง

4.3 การสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

4.3.1 ส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้และตะแกรงบรรทุกผลไม้
(สามารถดูแบบได้ ในภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.15 ส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้



รูปที่ 4.16 ตะแกรงที่สำหรับบรรทุกผลไม้

4.3.2 ส่วนของการบังคับทิศทางและการเคลื่อนที่ (สามารถดูแบบในภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.17 ล้อรถที่ใช้บังคับทิศทาง ได้ 60 องศา

รูปที่ 4.18 ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อ

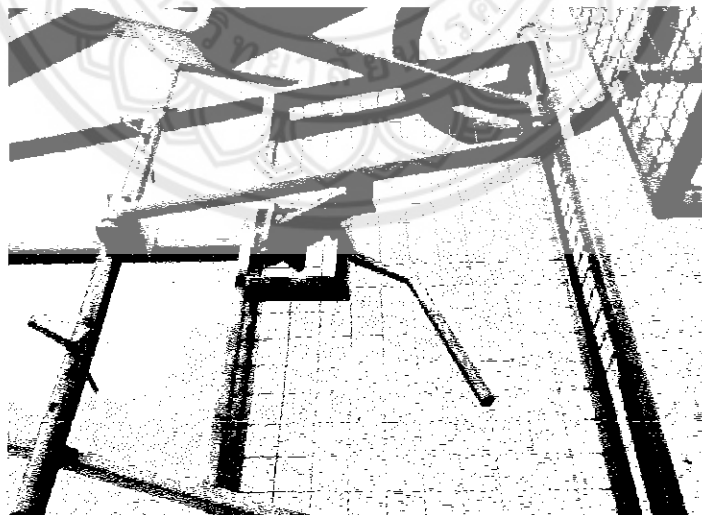
4.3.3 ระบบแม่แรงไฮดรอลิก (สามารถดูแบบในภาคผนวก ง)

4.3.3.1 ทำการจัดซื้อแม่แรงไฮดรอลิกขนาด 1 ตัน



รูปที่ 4.19 แม่แรงไฮดรอลิก

4.3.3.2 ทำการติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิกกับส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ ในสวนผลไม้ที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว



รูปที่ 4.20 รูปแสดงการประกอบแม่แรงไฮดรอลิกกับฐานรับแรง

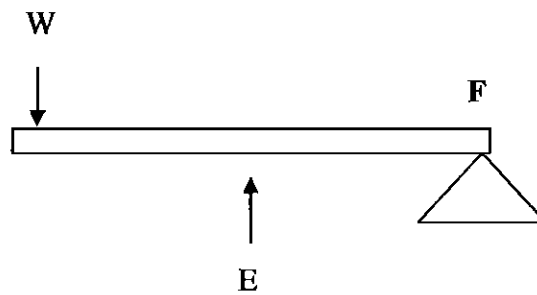
4.3.4 ส่วนของกระเช้าและบันได (สามารถดูแบบในภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.21 ตัวกระเช้า



4.3.4.1 การคำนวณหาแรงที่กระเช้าและคานรับน้ำหนักได้สูงสุด



เป็นคานที่มีแรงความพยายาม (E) อยู่ระหว่างแรงความต้านทาน (W) และจุดหมุน (F)

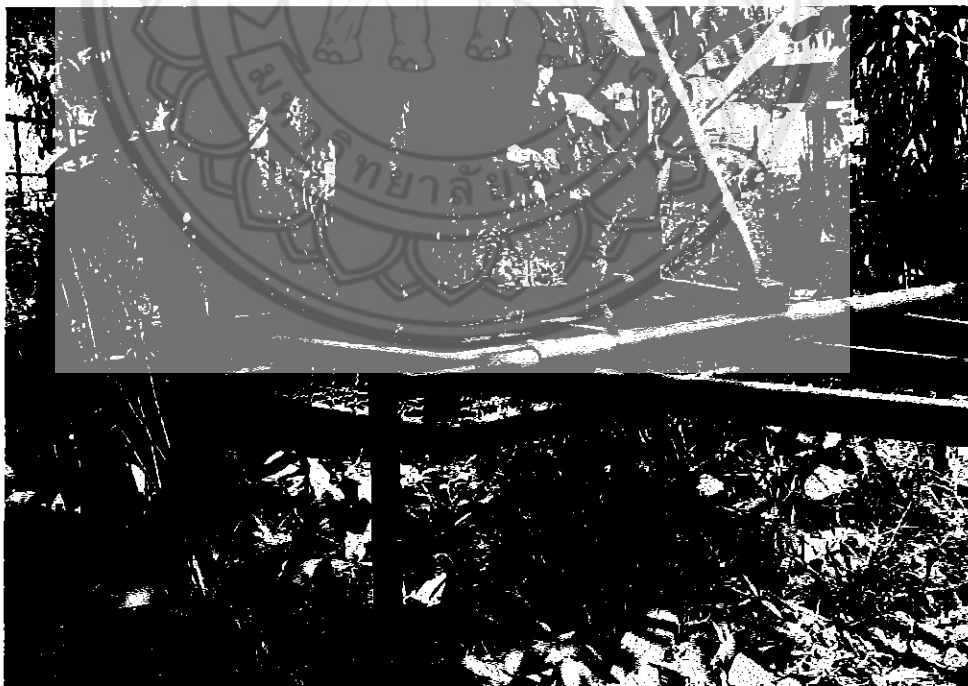
จาก	โมเมนต์ตาม	=	โมเมนต์ทวน
	$E \times 1.1\text{m}$	=	$W \times 2.1\text{ m}$
	$E=1000\text{ kg} \times 9.81$	=	9810N
	9810×1.1	=	$W \times 2.1$
	$10791/2.1$	=	W
	W	=	5138.5 N
	W	=	$5138.5\text{ N}/9.81\text{ kg}$
	W	=	523.8 kg

ดังนั้น คานและกระเช้าจะรับน้ำหนักได้สูงสุด 523.8 กิโลกรัม



รูปที่ 4.22 ส่วนของบันได

4.3.5 ส่วนของซาค้ายัน



รูปที่ 4.23 ซาค้ายัน



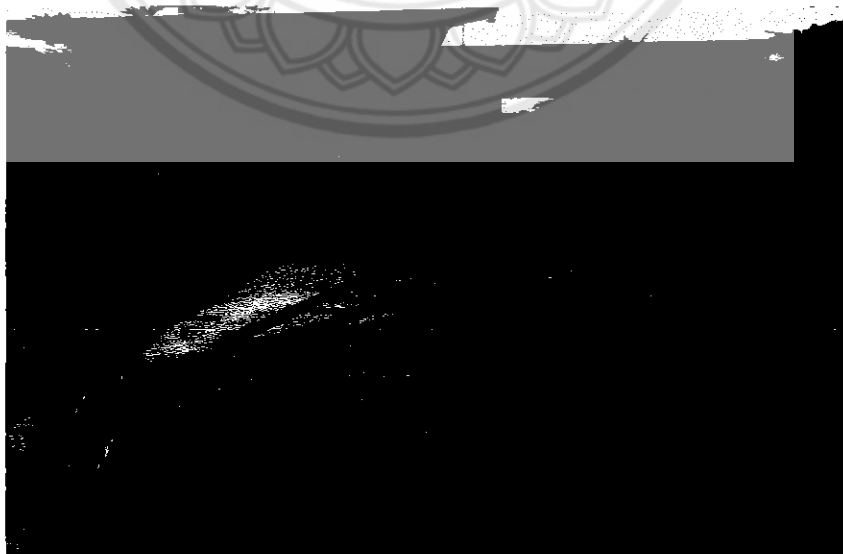
รูปที่ 4.24 การพับเก็บขาค้ำยัน

4.3.6 ส่วนของการเก็บรายละเอียดของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้

4.3.6.1 ทำการขัดและเจียรลบมุมส่วนที่เกิน

4.3.6.2 ทำการพ่นสีเพื่อความเรียบร้อยและสวยงาม

4.3.7 รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้แบบสมบูรณ์ (สามารถดูแบบในภาคผนวก ก)



รูปที่ 4.25 รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้แบบสมบูรณ์



รูปที่ 4.26 รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้แบบสมบูรณ์ แบบยกกระเช้า

4.4 การทดลองรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

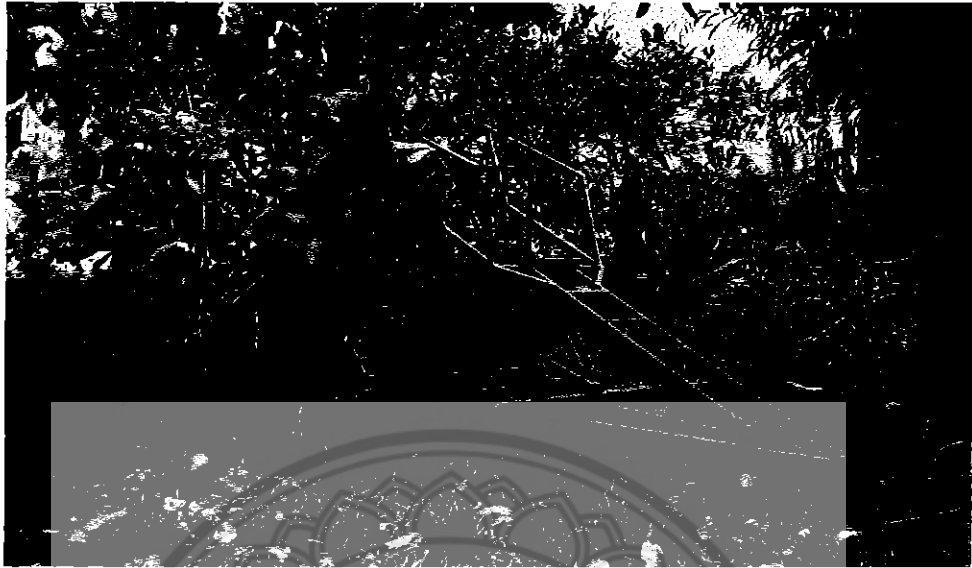
ทำการทดสอบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ตามสวนต่างๆ ดังนี้

4.4.1 บรรทุกรถเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ไปยังสวนผลไม้



รูปที่ 4.27 การบรรทุกขึ้นรถกระบะ

4.4.2 ลากรดเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ไปยังต้นไม้ที่จะทำการทดสอบ



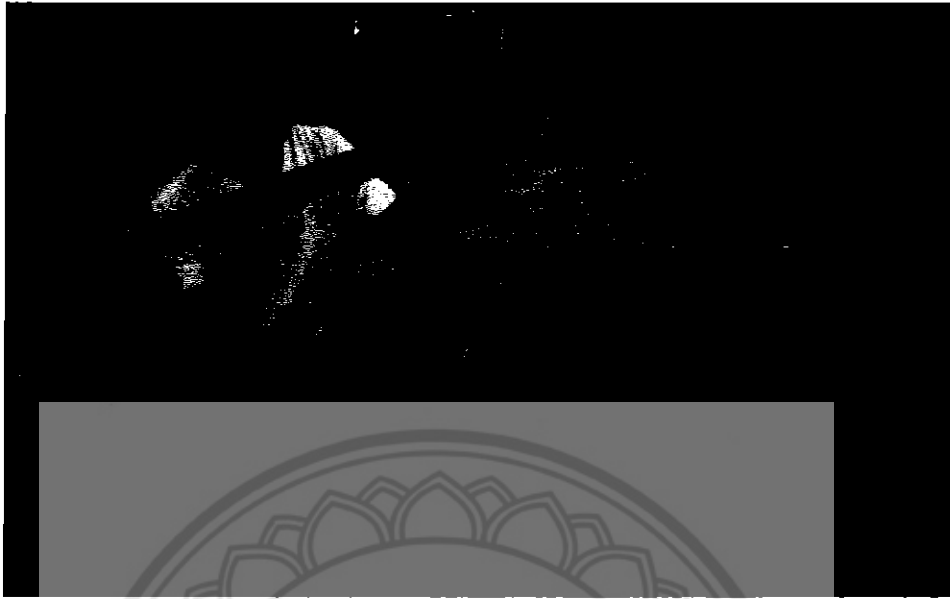
รูปที่ 4.28 แสดงการลากรดเข็นเอนกประสงค์ไปยังจุดที่ต้องการ

4.4.3 ทำการติดตั้งขาค้ำยัน เพื่อความปลอดภัยและมั่นคงของตัวรถเข็น



รูปที่ 4.29 รูปการติดตั้งขาค้ำยัน

4.4.4 ทำการโยกย้ายโยกแม่แรงขึ้น - ลง เพื่อปรับระดับกระเช้าให้สูงขึ้นตามความต้องการ

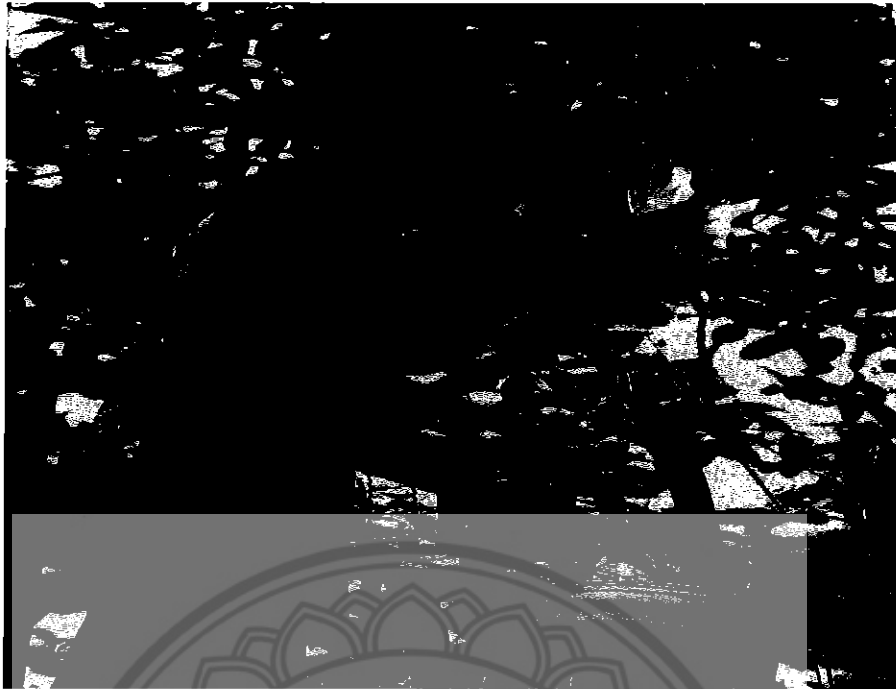


รูปที่ 4.30 การปรับระดับกระเช้า

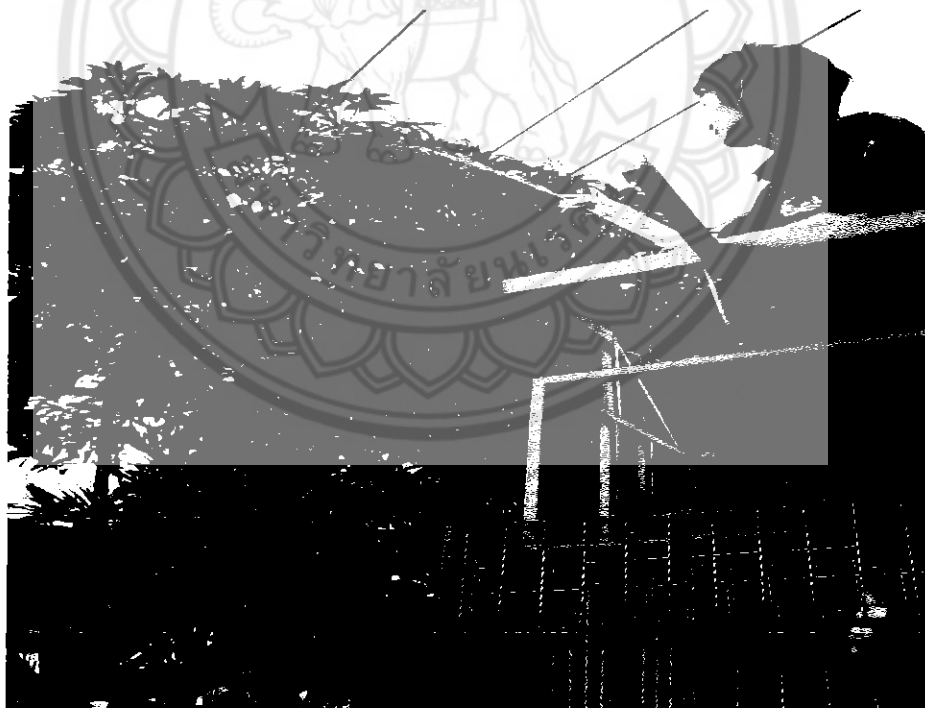
4.4.5 ขึ้นบนกระเช้าเพื่อทำการทดลองตัดแต่งกิ่ง ท่อผลไม้ ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง



รูปที่ 4.31 การตัดแต่งกิ่งผลไม้



รูปที่ 4.32 รูปการทอ ผลไม้



รูปที่ 4.33 การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง

4.4.6 ให้เจ้าของสวนทำการกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจที่ได้ออกแบบขึ้นมา

4.5 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ประกอบด้วยรายการต่างๆดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 รายการค่าใช้จ่ายในการผลิตรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

ลำดับ	รายการ	ราคา(บาท)
1	ล้อรถเข็น 2 ล้อ ขนาด 36 นิ้ว	1,200
2	ล้อรถมอเตอร์ไซค์ มือ สอง	300
3	เพลาล้อรถ	220
4	ลวดหยิก 3 กิโลกรัม	135
5	แม่แรงไฮดรอลิก 1 คัน	900
6	เหล็กกล่องเหลี่ยม 2x1 2 mm ยาว 12 เมตร	670
7	เหล็กกล่องเหลี่ยม 2x1 1.6 mm ยาว 12 เมตร	560
8	เหล็กกล่องเหลี่ยม 1x1 1.6 mm ยาว 18 เมตร	510
9.	เหล็กแบนยาว 1 เมตร	95
10	สีกันสนิม	190
11	สกรู+น็อต	140
12	เหล็กกลมสตร็ิมแดง 3/4 ยาว 1.5 เมตร	110
13	เหล็กกลมสตร็ิมแดง 1 1/4 ยาว 1.5 เมตร	200
14	เหล็กกลมสตร็ิมแดง 1 ยาว 1 เมตร	95
15	เหล็กกลมสตร็ิมแดง 1 1/2 ยาว 60 เซนติเมตร	45
16	ค่าแรงงาน , ค่าไฟ , ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2100
	รวม	7470

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ เท่ากับ 7470 บาท
ต่อรถเข็นเอนกประสงค์ 1 คัน จากข้อมูลเบื้องต้นนำไปวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของรถเข็นเอนกประสงค์
ในสวนผลไม้

4.5.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ราคาขายส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ เมื่อทำการซื้อจากสวนผลไม้

ตารางที่ 4.2 ราคามะม่วงน้ำดอกไม้ ปี 2554

	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
ม.ค.	-	-	-	ก.พ.	4.00	4.00	4.00	มี.ค.	4.00	4.00	4.00
เม.ย.	8.33	10.00	7.00	พ.ค.	3.43	4.00	2.00	มิ.ย.	4.50	7.00	4.00
ก.ค.	3.78	4.00	3.00	ส.ค.	6.87	8.00	4.00	ก.ย.	8.62	10.00	6.00
ต.ค.	8.67	12.00	6.00	พ.ย.	-	-	-	ธ.ค.	12.83	15.00	10.00

ที่มา : <http://www.phtnet.org>

ราคาเฉลี่ย: 5.00 บาท/กิโลกรัม ราคาสูงสุด: 10.00 บาท/กิโลกรัม ราคาต่ำสุด 4.00 บาท/กิโลกรัม

กำหนดให้

- ก. ราคาขายมะม่วงต่อกิโลกรัม เท่ากับ 5 บาท
- ข. ต้นทุน คงที่ของมะม่วง เท่ากับ 2 บาท
- ค. การผลิตที่คุ้มทุน เท่ากับ Q กิโลกรัม

จากสมการ $TC = R$

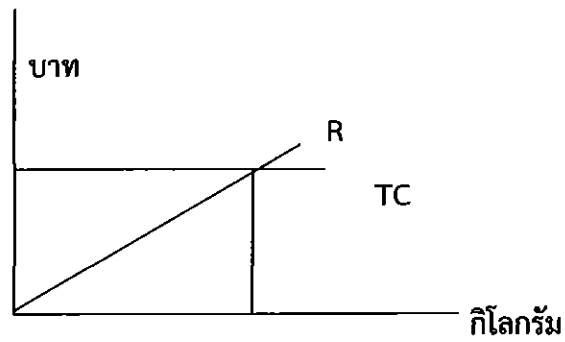
ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตรถเข็น+ค่าแรงในการผลิตรถเข็น = (ราคาขายของมะม่วง-ต้นทุน)

$$5,370 + 2,100 = (5-2) Q$$

$$7470 = 3Q$$

$$Q = 2490$$

$$Q = 2490 \text{ กิโลกรัม}$$



$$Q = 2490 \text{ กิโลกรัม ต่อ คัน}$$

รูปที่ 4.34 กราฟแสดงจุดคุ้มทุน

ดังนั้น จำนวนการเก็บมะม่วงที่คุ้มทุนต่อการผลิตรถเข็นเอนกประสงค์ ใน 1 คันเท่ากับ 3157 กิโลกรัม

ตัวอย่างสวน นายสำเภา บัวผัน

จำนวนการเก็บมะม่วงที่คุ้มทุนต่อการผลิตรถเข็น 1 คัน	2490	กิโลกรัม
นายสำเภา บัวผัน ใน 1 ปีสามารถเก็บมะม่วงได้ประมาณ	2800	กิโลกรัม
นำค่าที่ได้มาคิดคำนวณจะได้	0.88	ปี/คัน

ดังนั้นนายสำเภา บัวผันสามารถได้เงินคืนจากการซื้อรถเข็นเอนกประสงค์ อย่างช้าที่สุดภายในระยะเวลาประมาณ 0.9 ปี

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ กับรถกระเช้าตัดแต่งกิ่งลำไย (ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติ		
รายละเอียดรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	รถกระเช้าตัดแต่งกิ่งลำไย
ขนาดรถ (กว้าง x ยาว x สูง)	130 x 210 x 230	-
ขนาดกระเช้า(กว้าง x ยาว x สูง)	50 x 50 x 80	-
กระเช้ายกได้สูงจากพื้น	2.30 เมตร	1 - 6 เมตร
กระเช้ารับน้ำหนักได้	500 Kg	-
ควบคุมการยก	แม่แรง 1 ต้น แบบ 2 ช่วง	กระบอกไฮดรอลิก
ล้อข้างหน้า	24 นิ้ว	7 - 16
ล้อหลัง	36 นิ้ว	7 - 16
มีขาหยั่งกันล้ม	2 ด้าน	-
ที่ใส่อุปกรณ์	ตัวรถ บนกระเช้า	-
รัศมีวงเลี้ยว	3.10 เมตร	3.03 เมตร
น้ำหนักรถเข็น	110 Kg	1050 Kg
ตัวรถ	สามเหลี่ยม	สามเหลี่ยม
ระบบขับเคลื่อน	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ
การเคลื่อนย้าย	ลากจูง	เครื่องยนต์
ราคา	7,470	161,043
ความเหมาะสมการใช้งาน	สวนขนาดเล็ก	สวนขนาดใหญ่
ระยะเวลาคืนทุน	0.91 ปี	1.24 ปี

วิเคราะห์ รถเข็นเอนกประสงค์มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบากว่ารถตัดแต่งกิ่งลำไยมีระยะเวลาคืนทุนที่ไวกว่าเนื่องจากราคาถูกกว่า ซึ่งรถเข็นเอนกประสงค์นั้นจะเหมาะกับการทำงานในสวนที่มีขนาดเล็กและมีปริมาณการเก็บผลผลิตปานกลาง

4.6 ผลการทดลองจาก แบบประเมิน

แบบประเมินเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อวัดความพึงพอใจของเจ้าของสวนที่ได้ทำการทดสอบรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ (ในภาคผนวก ข)

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง	4.51 – 5.00	หมายความว่า	ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง	3.51 – 4.50	หมายความว่า	ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี
ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง	2.51 – 3.50	หมายความว่า	ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง	1.51 – 2.51	หมายความว่า	ความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง	1.00 – 1.50	หมายความว่า	ความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

จากแบบประเมินจากเจ้าของสวนผลไม้ทั้ง 3 สวน (ในภาคผนวก ข) ได้ทำการสรุปเพื่อหาคะแนนเฉลี่ย ตามหัวข้อของแบบประเมิน ได้คะแนนเฉลี่ย แต่ละหัวข้อดังตารางที่ 4.4



ตารางที่ 4.4 สรุปผลการประเมิน จากใบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	หมายความว่า
หมวดที่ 1 ส่วนของรูปลักษณ์ภายนอก		
1. รูปร่างของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	3	ระดับปานกลาง
2. ความสวยงามของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	3.66	ระดับดี
3. น้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4.33	ระดับดี
4. ความแข็งแรงของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4.33	ระดับดี
หมวดที่ 2 ส่วนการใช้งาน		
1. ความง่ายในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4.33	ระดับดี
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4.33	ระดับดี
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	3	ระดับปานกลาง
4. การลากจูง ของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4.33	ระดับดี
5. การรับน้ำหนักคล่องตัวในการเลี้ยวของของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4.33	ระดับดี
6. ความรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	3.66	ระดับดี
7. ความปลอดภัยในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้	4	ระดับดี
8. การมีเสถียรภาพในการยึนขณะใช้งาน	5	ระดับดีมาก
หมวดที่ 3 ภาพรวมทั้งหมด		
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร	4	ระดับดี
คะแนนรวมเฉลี่ย	4.02	ระดับดี

(คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป หมายถึงเป็นที่พอใจ ถ้าต่ำกว่า 3 คะแนน หมายถึงควรปรับปรุง
สรุปแบบสอบถามความพึงพอใจของรถเข็นเอนกประสงคิ อยู่ในระดับดี)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้ เป็นรถเข็นขนาด 3 ล้อ ซึ่งเหมาะกับการแทรกตัวเข้าไปในสภาพพื้นที่แคบ หรือในส่วนที่ต้องการเข้าไปใกล้กับจุดที่ต้องการปฏิบัติงาน เคลื่อนตัวรถด้วยการลากจูงมีแขนลากพร้อมคันส่งหันเลี้ยวล้อหน้า ให้อินตามทิศทางของแขนจูง กระเช้ายกขึ้น-ลง ด้วยระบบแม่แรง ชุดควบคุมกระเช้าประกอบไปด้วยคันโยกแม่แรงซึ่งติดอยู่กับตัวแม่แรง การลดระดับทำได้ด้วยการปรับมุมวาล์วที่ตัวแม่แรง สามารถเคลื่อนย้ายได้ขณะมีคนอยู่บนกระเช้า เหมาะสำหรับทำงานในที่สูงเช่นการตัดแต่งกิ่งผลไม้ การห่อผลไม้ หรือการฉีดพ่นสารเคมีต่างๆ และยังให้ความปลอดภัย

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณลักษณะจำเพาะของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

รายละเอียดรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	
ขนาดรถ (กว้าง x ยาว x สูง)	130 x 210 x 230
ขนาดกระเช้า(กว้าง x ยาว x สูง)	50 x 50 x 80
กระเช้ายกได้สูงจากพื้น	2.30 เมตร
กระเช้ารับน้ำหนักได้	500 Kg
ควบคุมการยก	แม่แรง 1 ตัน แบบ 2 ช่วง
ล้อข้างหน้า	24 นิ้ว
ล้อข้างหลัง	36 นิ้ว
มีขาหยั่งกันล้ม	2 ด้าน
ที่ใส่อุปกรณ์	มี
รัศมีวงเลี้ยว	3.10 เมตร
น้ำหนักรถเข็น	110 Kg
ตัวรถ	สามเหลี่ยม
ระบบขับเคลื่อน	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ
การเคลื่อนย้าย	ลากจูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 กระเข้าน่าจะมีความสูงกว่าเดิมเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน
- 5.2.2 ทำให้รถเข็นมีน้ำหนักน้อยลงกว่าเดิม
- 5.2.3 เปลี่ยนจากการใช้แม่แรงยกกระเข้าเป็นระบบไฮโดลิก
- 5.2.4 ทำราวจับตรงบันได



บรรณานุกรม

กานต์ สี่วัฒนายิ่งยง. (2549). เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลันนเรศวร.

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอขวัญ ต้นตีกุล. รถกระเช้าตัดแต่งกิ่งลำไย. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและ
อาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

กฤษ สุเลียมมา, ประพาส เปี่ยมฤกษ์ และเศรษฐสิทธิ์ มาตาเป้า รถตัดหญ้าอเนกประสงค์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลันนเรศวร.

ฉัตรชัย มาอ่อน และนายฐิติพงษ์ มงคลทิพย์ สร้างรถเกษตรอเนกประสงค์
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาลันนเรศวร.

การออกแบบผลิตภัณฑ์ สืบค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2554

<http://www.kkw.ac.th/kkwweb/teacherhead/thepnarin/page2.htm>

การเชื่อมโลหะ สืบค้นเมื่อ 22 สิงหาคม 2554 <http://th.wikipedia.org/wiki>





ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา
รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

มหาวิทยาลัยนเรศวร

คู่มือการใช้งานและการบำรุงรักษา รถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้

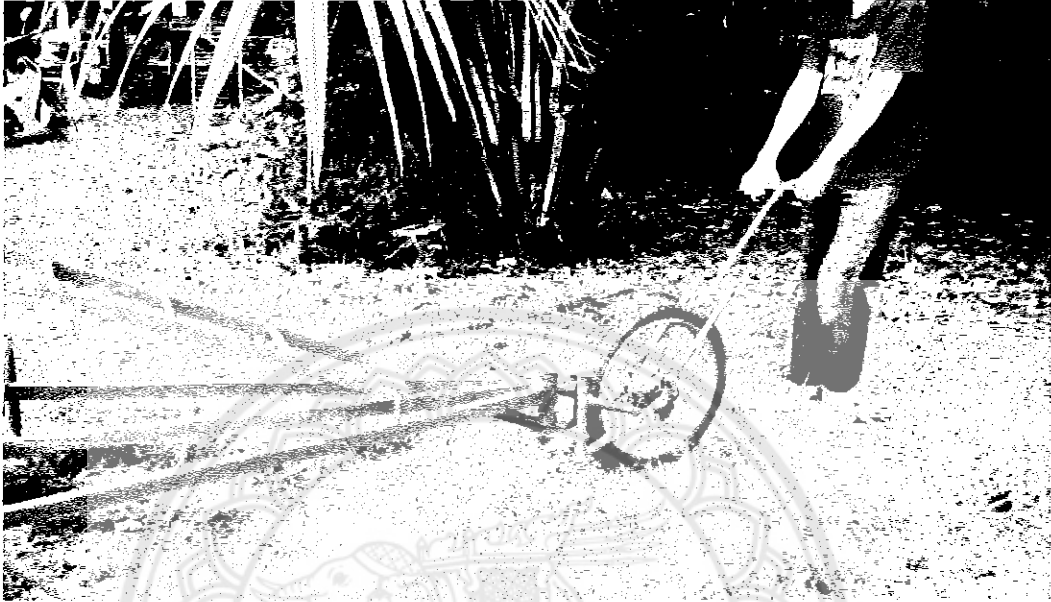
ข้อควรปฏิบัติก่อนการใช้งาน

1. ควรตรวจสอบ ลมยางว่าอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้หรือไม่
2. ควรตรวจสอบจุดเชื่อมต่อต่าง ของรถเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้ดูแลอย่าให้เกิดสนิม
3. ตรวจสอบเช็คจุดต่างๆที่เป็นนื้อตว่ามีความหลวมหรือไม่
4. ตรวจสอบเช็คแม่แรงไฮโดรลิกว่าสามารถใช้การได้หรือไม่
5. หากพบความผิดปกติควรทำการซ่อมแซมก่อนนำไปใช้งาน
6. ควรถอดอุปกรณ์ต่างๆเพื่อทำความสะอาดหลังการปฏิบัติงาน
7. ควรอ่านคู่มือการใช้งานก่อนการใช้งานเพื่อความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน



ขั้นตอนในการทำงาน

1. ลากรดเข็นเอนกประสงคิไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน



รูปที่ ก.1 แสดงการลากรดเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้

2. ทำการลือกล้อรด เพื่อป้องกันการไหล



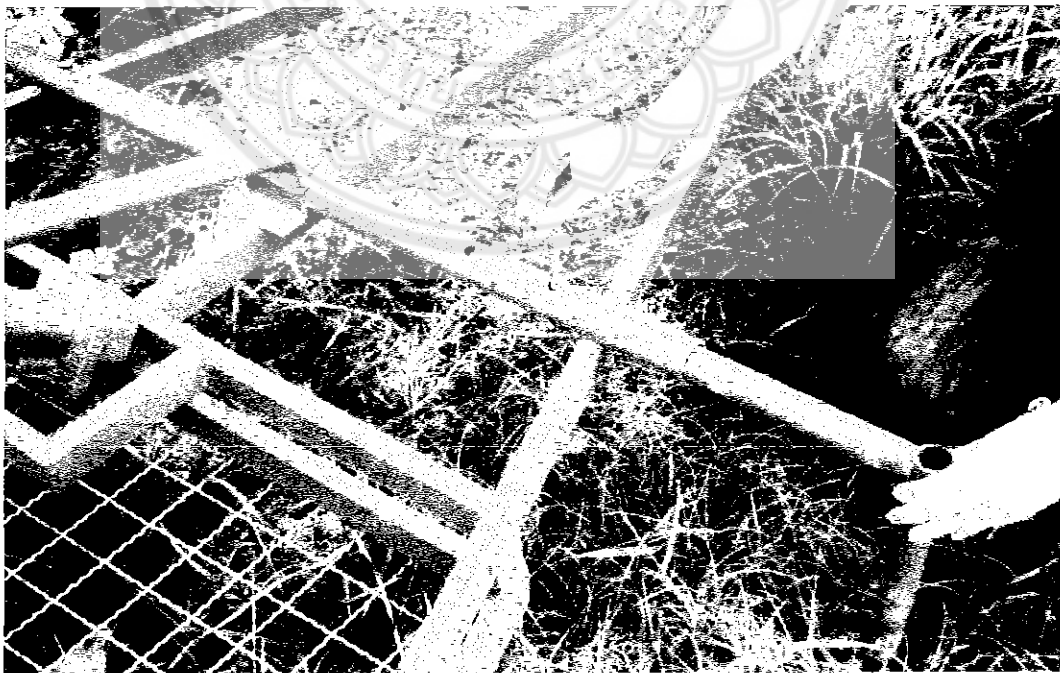
รูปที่ ก.2 การลือกล้อรดเข็นเอนกประสงคิในสวนผลไม้

3. ทำการติดตั้งตัวค้ำยัน เพื่อป้องกันการล้ม



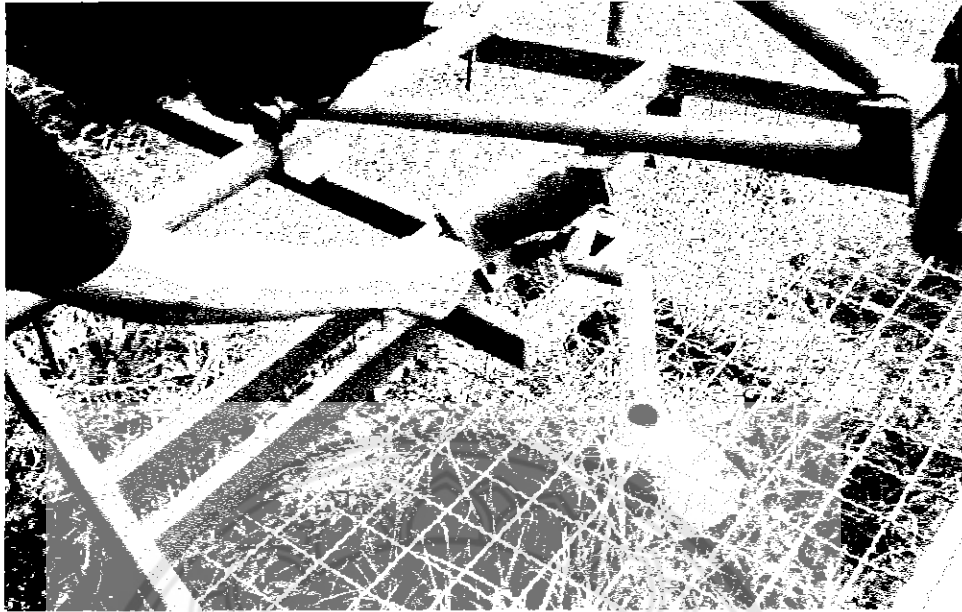
รูปที่ ก.3 การติดตั้งตัวค้ำยัน รถเข็นเอนกประสงคในสวนผลไม้

4. ใส่สกรู ยึดเพื่อป้องกัน



รูปที่ ก.4 การใส่สกรู

5. ทำการปิดวาล์วแม่แรงไฮดรอลิก



รูปที่ ก.5 การปิดวาล์วแม่แรงไฮดรอลิก

6. ทำการโยกคันโยกเพื่อยกกระเช้า ให้สูงขึ้นตามที่ต้องการ



รูปที่ ก.6 ทำการโยกคันโยกเพื่อยกกระเช้า



รูปที่ ก.7 กระเช้าที่ยกสูงขึ้น

7. ทำการขึ้นไปบนกระเช้า และปิดเหล็กกันเพื่อความปลอดภัย



รูปที่ ก.8 ขึ้นไปบนกระเช้าแล้วปิดเหล็กกันเพื่อความปลอดภัย

**8. ปฏิบัติงานตามต้องการ เมื่อทำงานแล้วควรทำความสะอาด ก่อนเก็บ
การบำรุงรักษาน้ำมันไฮดรอลิก**

เนื่องจากน้ำมันไฮดรอลิกเป็นน้ำมันที่มีราคาแพงจึงควรดูแลน้ำมันให้อยู่ในสภาพปกติเสมอ ซึ่งจะได้ไม่ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดอุปกรณ์ทั้งหมดควรเปลี่ยนน้ำมันไฮดรอลิกเมื่อมีสภาพดังนี้

1. เมื่อน้ำมันเปลี่ยนสภาพไปจากเดิม
2. เมื่อน้ำมันมีสิ่งสกปรกปะปนมาก
3. เมื่อมีน้ำปะปนอยู่ในน้ำมัน





คู่มือการประเมิน

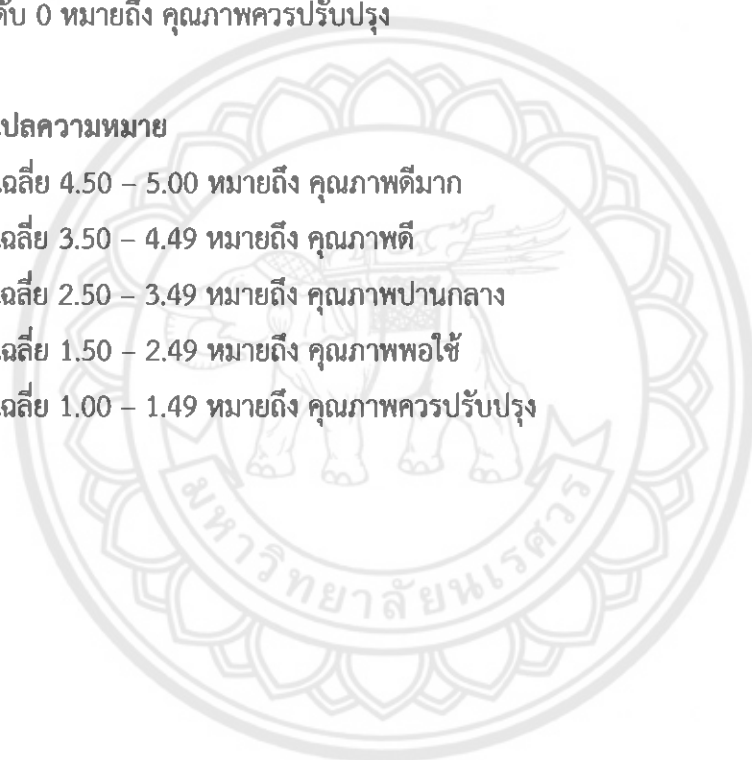
กำหนดประเด็นข้อคำถามของการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นมาตรฐาน ชนิด 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแปลความหมายตัวเลขในระดับต่าง ๆ ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน

- ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพดีมาก
- ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพดี
- ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพปานกลาง
- ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพพอใช้
- ระดับ 0 หมายถึง คุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การแปลความหมาย

- ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง คุณภาพดีมาก
- ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง คุณภาพดี
- ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง คุณภาพปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง คุณภาพพอใช้
- ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง คุณภาพควรปรับปรุง



แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

รุ่น NU 1

สถานที่ สวนผลไม้ อาจารย์วิสาข์ เจ้าสกุล วันที่ 4 มีนาคม พ.ศ.2554

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					หมายเหตุ
	5	4	3	2	1	
ส่วนของรูปลักษณะภายนอก						
1. รูปร่างของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้				✓		ความกว้างเกิน
2. ความสวยงามของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
3. น้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	✓					
4. ความแข็งแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
ส่วนการใช้งาน						
1. ความง่ายในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	✓					
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้			✓			
4. การลากจูง ของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	✓					
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
7. ความปลอดภัยในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
8. การมีเสถียรภาพในการยึนขณะใช้งาน	✓					
ภาพรวมทั้งหมด						
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร		✓				

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับลดขนาดของรถเข็น ควรมีขนาดอย่าใหญ่เกินขนาดของท้ายรถกระบะ
2. ระวังเรื่องความแข็งแรงของจุดเชื่อมต่อตรงคอล้อหน้า และจุดที่เชื่อมแม่แรงเชื่อมกับคานยก

ผู้ทดสอบ.....
(อ.วิสาข์ เจ่าสกุล)



แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

รุ่น NU 1

สถานที่ สวนผลไม้ นายพิษณุ อุไรเวช วันที่ 10 เมษายน พ.ศ. 2554

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					หมายเหตุ
	5	4	3	2	1	
ส่วนของรูปลักษณ์ภายนอก						
1. รูปร่างของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้			✓			
2. ความสวยงามของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
3. น้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
4. ความแข็งแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	✓					
ส่วนการใช้งาน						
1. ความง่ายในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้			✓			กระเช้าสูงกว่านี้
4. การลากจูง ของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
7. ความปลอดภัยในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
8. การมีเสถียรภาพในการยืนขณะใช้งาน	✓					
ภาพรวมทั้งหมด						
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร		✓				

ข้อเสนอแนะ

1. ปรับปรุงเรื่องความสูงของกระเช้าให้มีความสูงมากกว่าเดิม
2. บันไดควรมีราวจับเพื่อสะดวกในการเดินขึ้นลง
3. ควรเปลี่ยนจากแม่แรงเป็นระบบไฮดรอลิก เพื่อสะดวกรวดเร็วกว่าเดิม

ผู้ทดสอบ..... พิชณ อุไรเวช.....
(พิชณ อุไรเวช)



แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้

รุ่น NU 1

สถานที่ สวนผลไม้นายสำเภา บัวผัน วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2554

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
	5	4	3	2	1	หมายเหตุ
ส่วนของรูปลักษณะภายนอก						
1. รูปร่างของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
2. ความสวยงามของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้			✓			
3. น้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
4. ความแข็งแรงของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
ส่วนการใช้งาน						
1. ความง่ายในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	✓					
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้			✓			
4. การลากจูง ของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้	✓					
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้			✓			
7. ความปลอดภัยในการใช้งานของรถเข็นเอนกประสงค์ในสวนผลไม้		✓				
8. การมีเสถียรภาพในการย่นขณะใช้งาน	✓					
ภาพรวมทั้งหมด						
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร		✓				

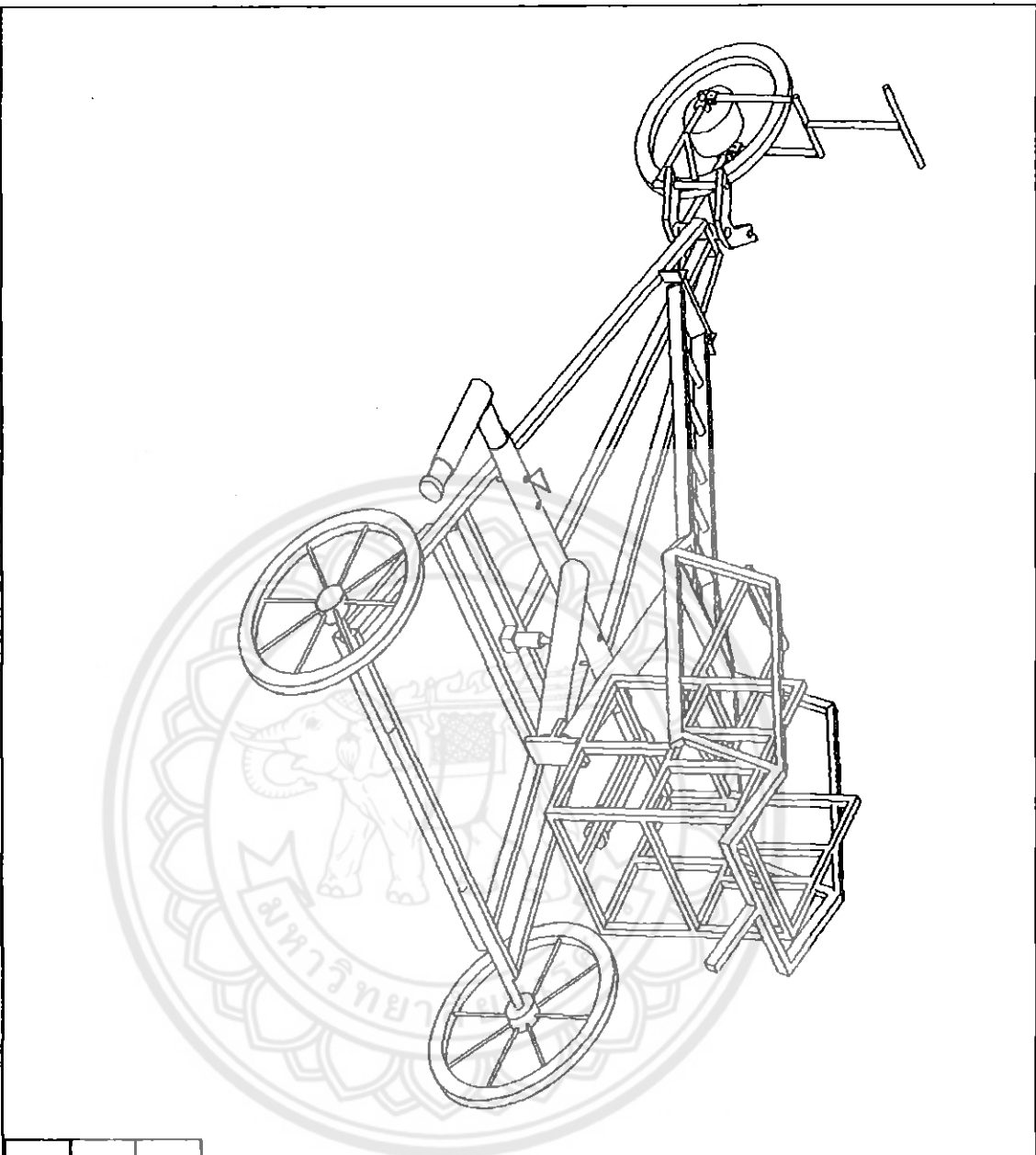
ข้อเสนอแนะ

1. พื้นที่เก็บอุปกรณ์และผลไม้ด้านหน้าจะมีมากกว่าเดิม
2. รอยขีดความมั่นคงเมื่อเดินขึ้นลงเท่าที่ควร

ผู้ทดสอบ.....กัญหยา ธีรัตน์.....
(สมพงษ์ เชื้ออิน)



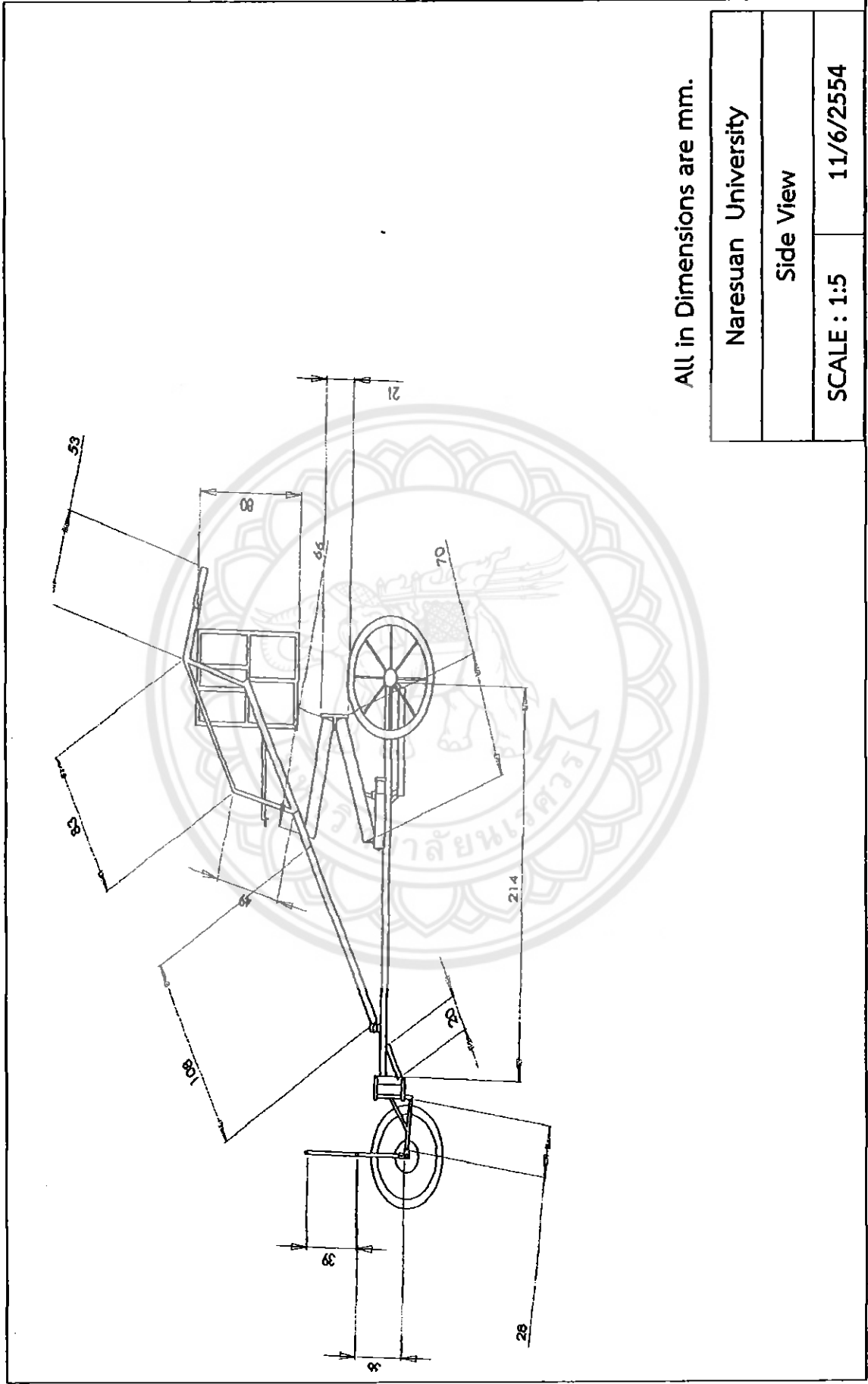




All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
รถเข็นเอนกประสงค์	
SCALE : 1:5	11/6/2554

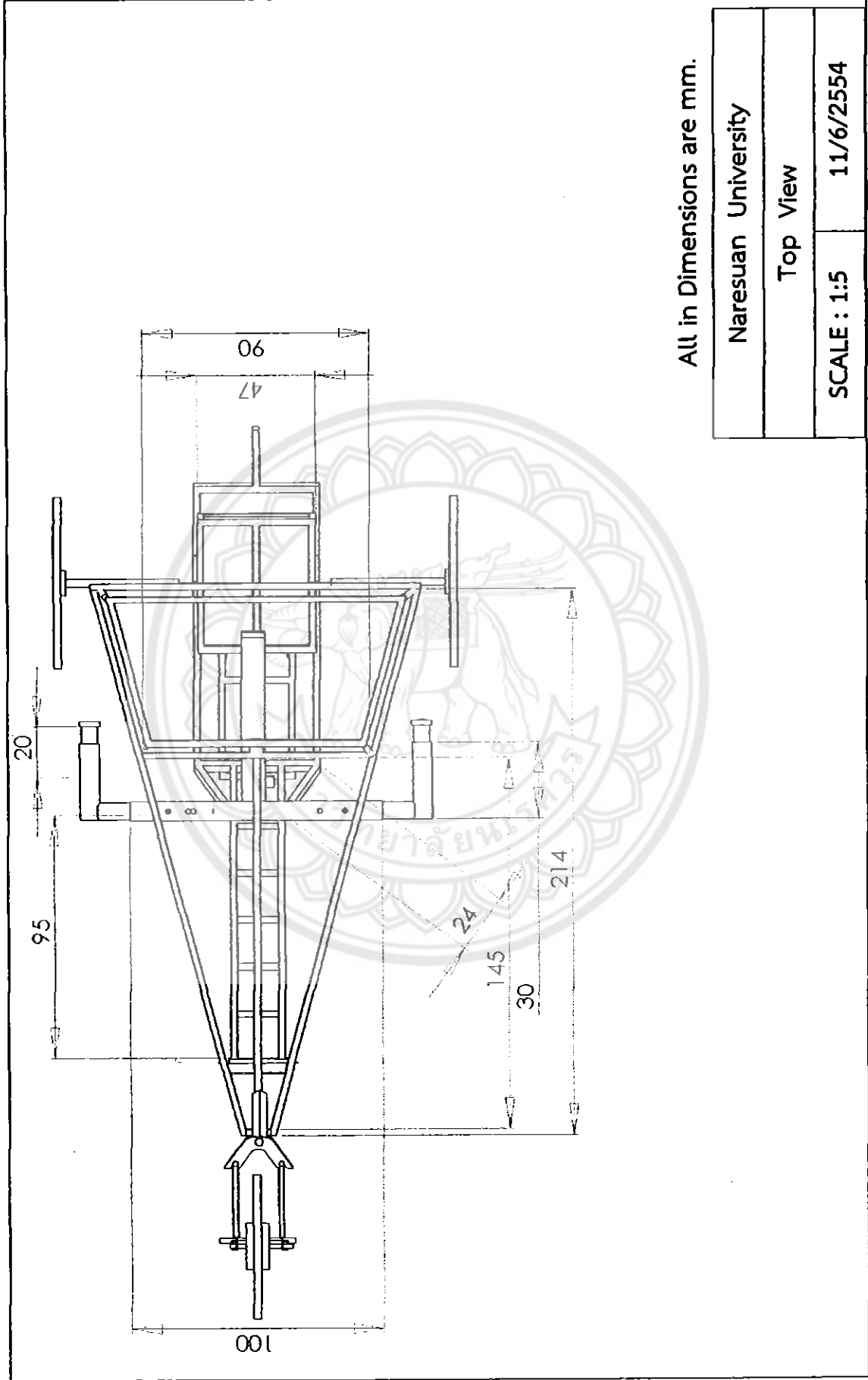
รูปที่ ก. 1 รถเข็นเอนกประสงค์



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
Side View	
SCALE : 1:5	11/6/2554

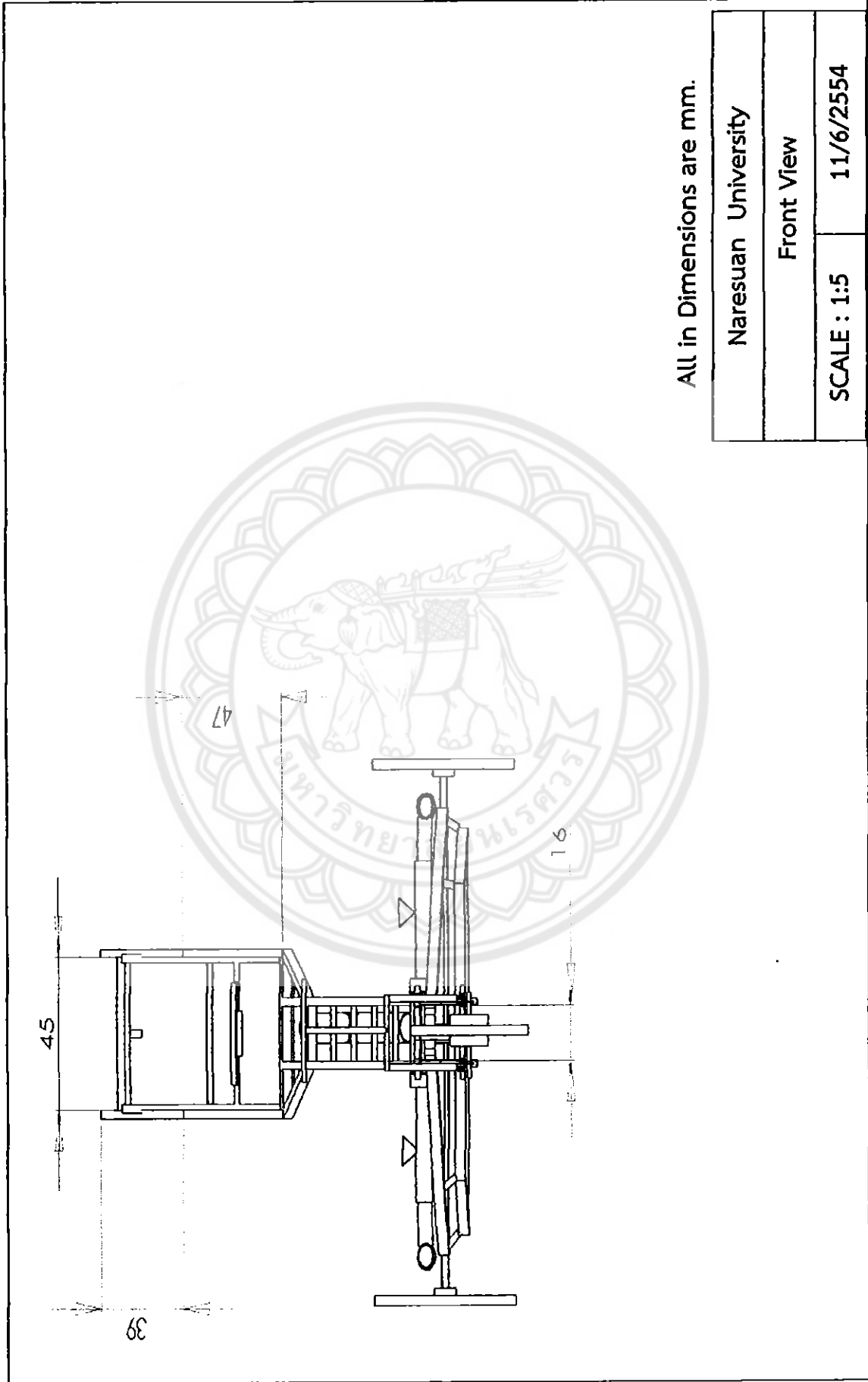
รูปที่ ก. 2 Side View



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
Top View	
SCALE : 1:5	11/6/2554

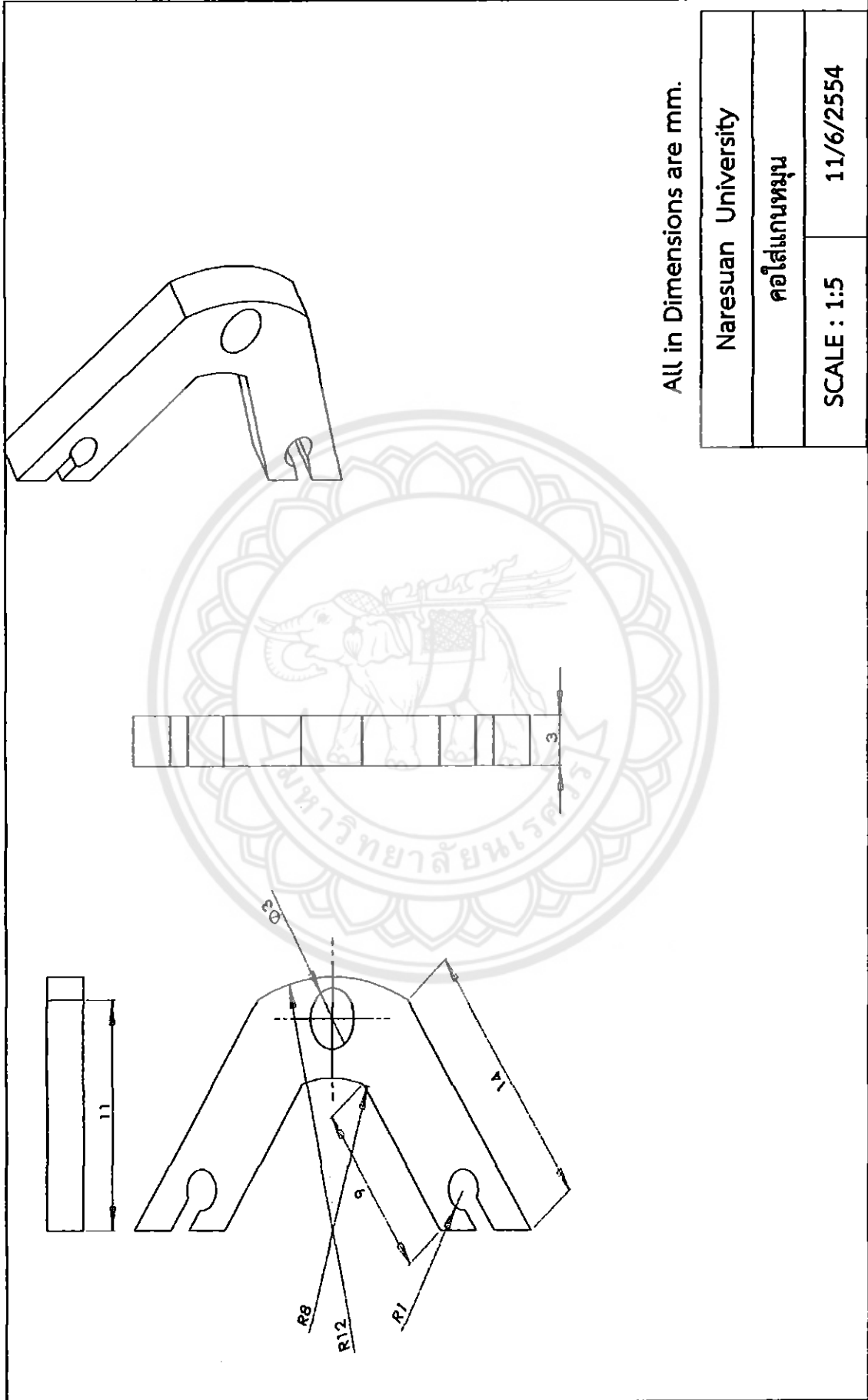
รูปที่ ก. 3 Top View



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
Front View	
SCALE : 1:5	11/6/2554

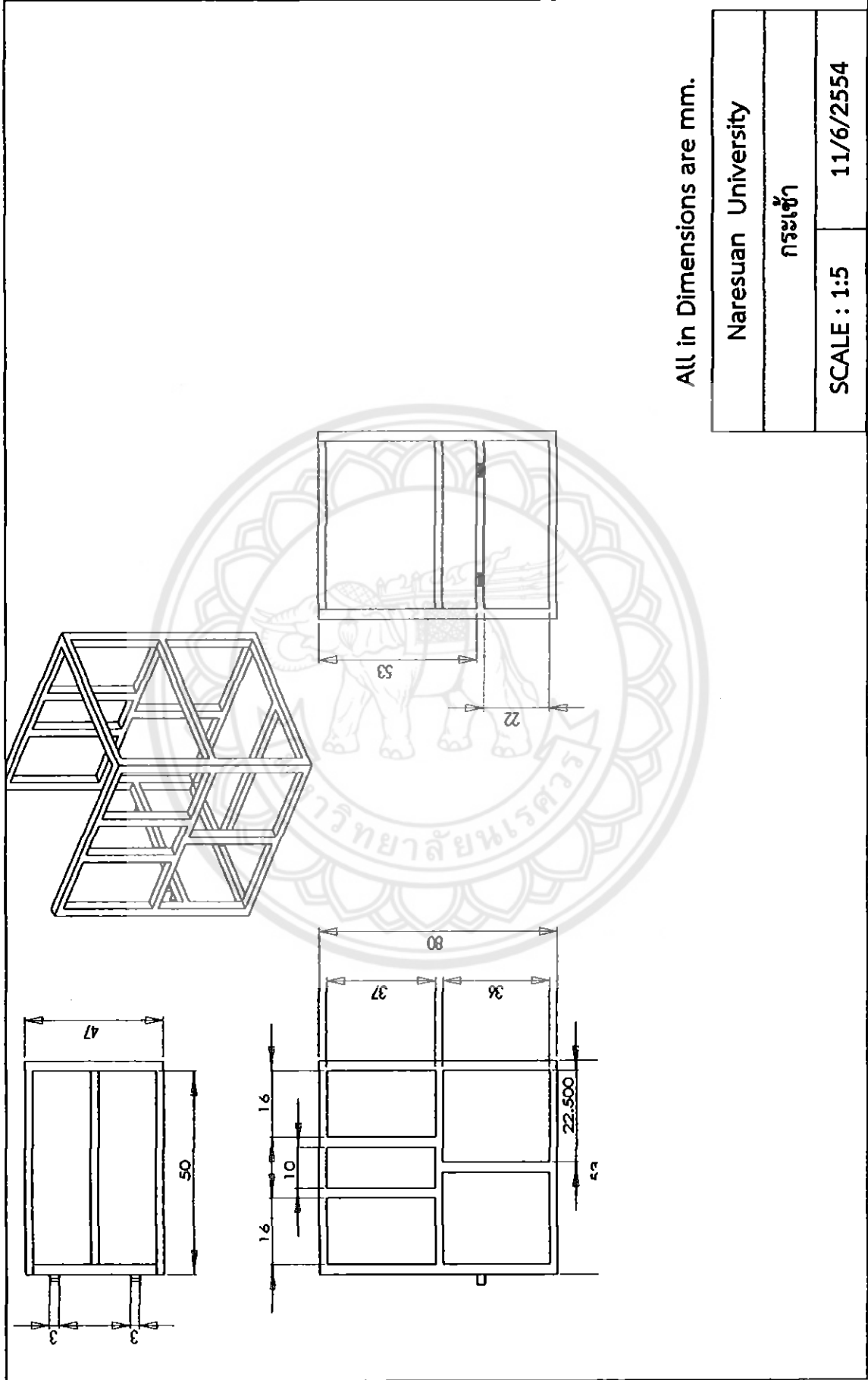
รูปที่ น. 4 Front View



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
คอใส่แกนหมุน	
SCALE : 1:5	11/6/2554

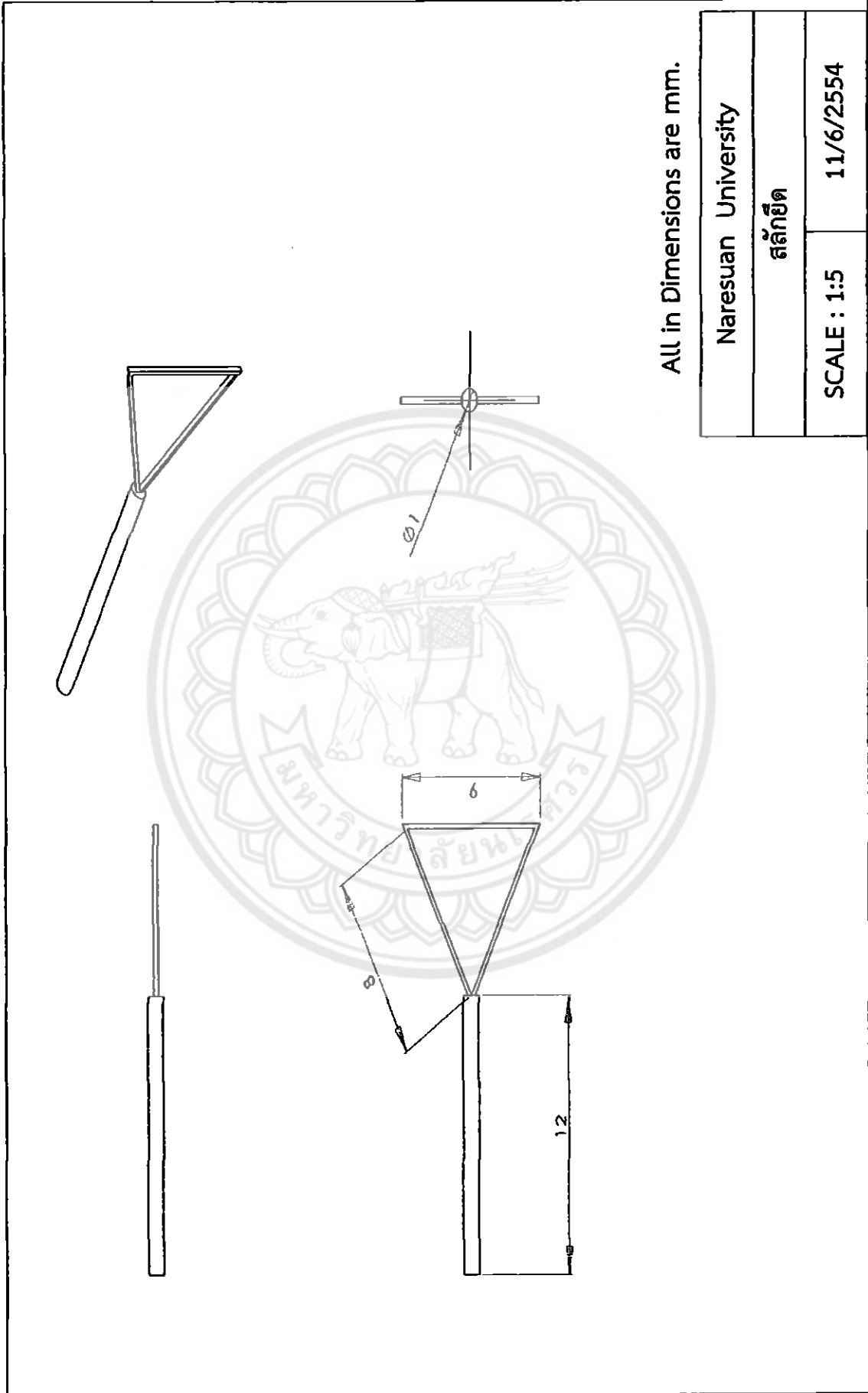
รูปที่ ก. 5 คอใส่แกนหมุน



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
กระเช้า	
SCALE : 1:5	11/6/2554

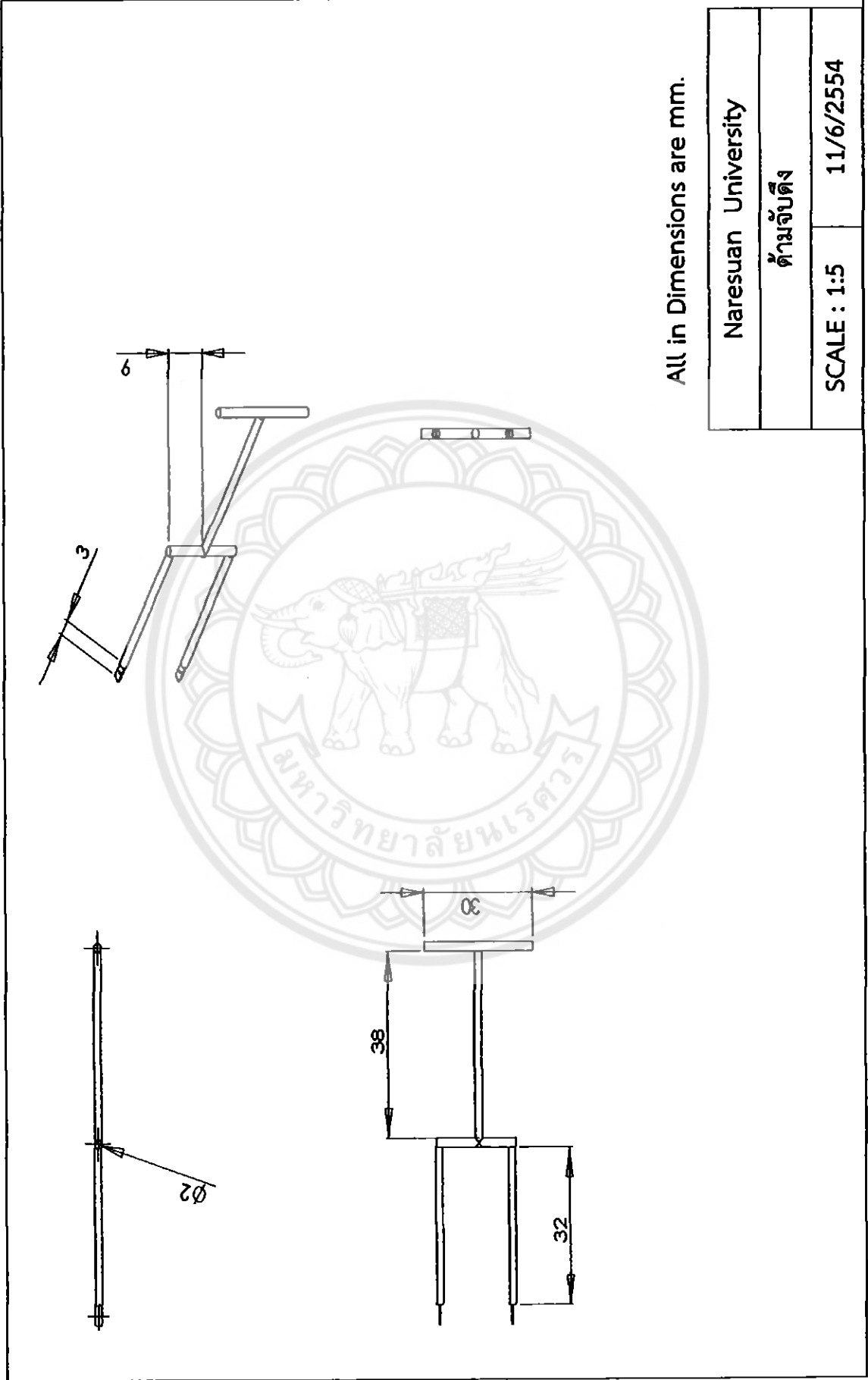
รูปที่ ก.6 กระเช้า



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
สลักยี่ด	
SCALE : 1:5	11/6/2554

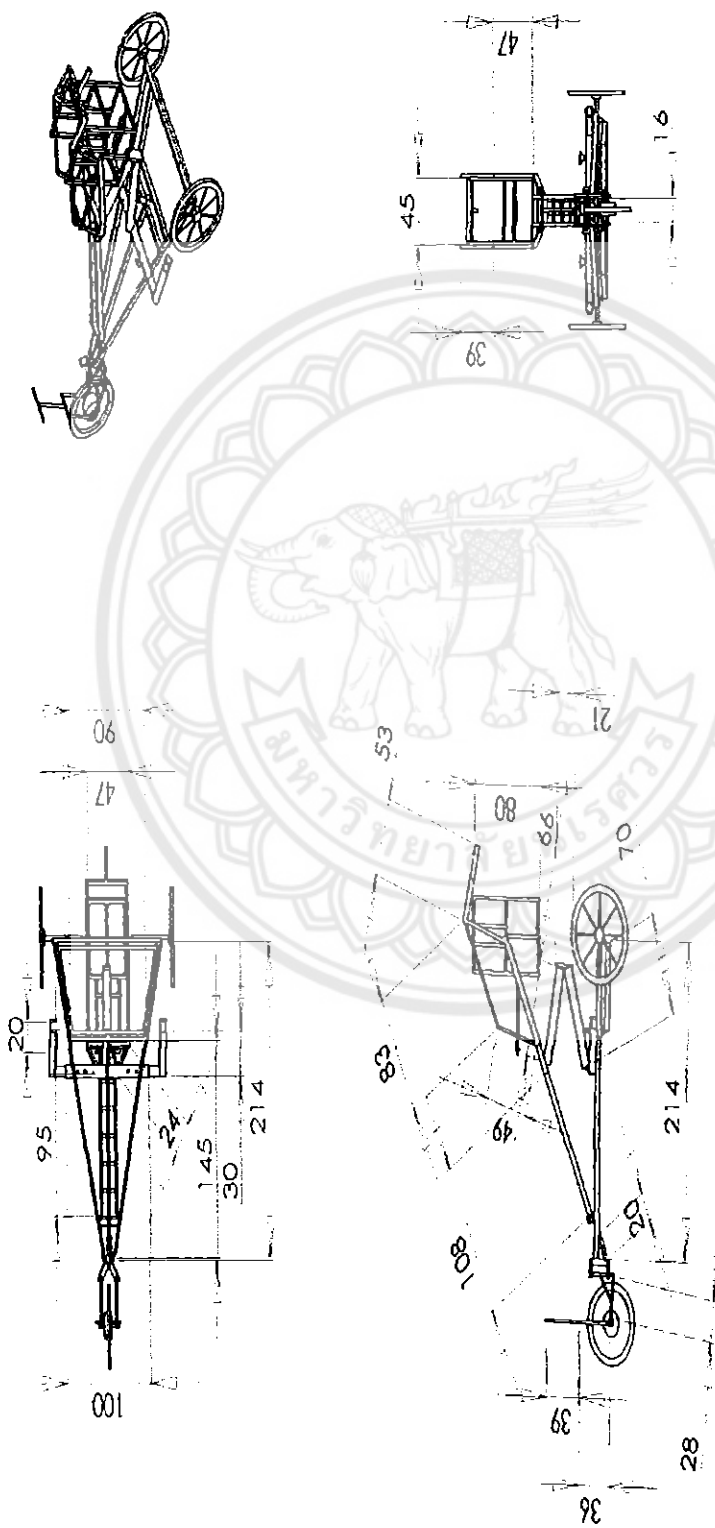
รูปที่ ก.7 สลักยี่ด



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
ด้ามจับตีดิ่ง	
SCALE : 1:5	11/6/2554

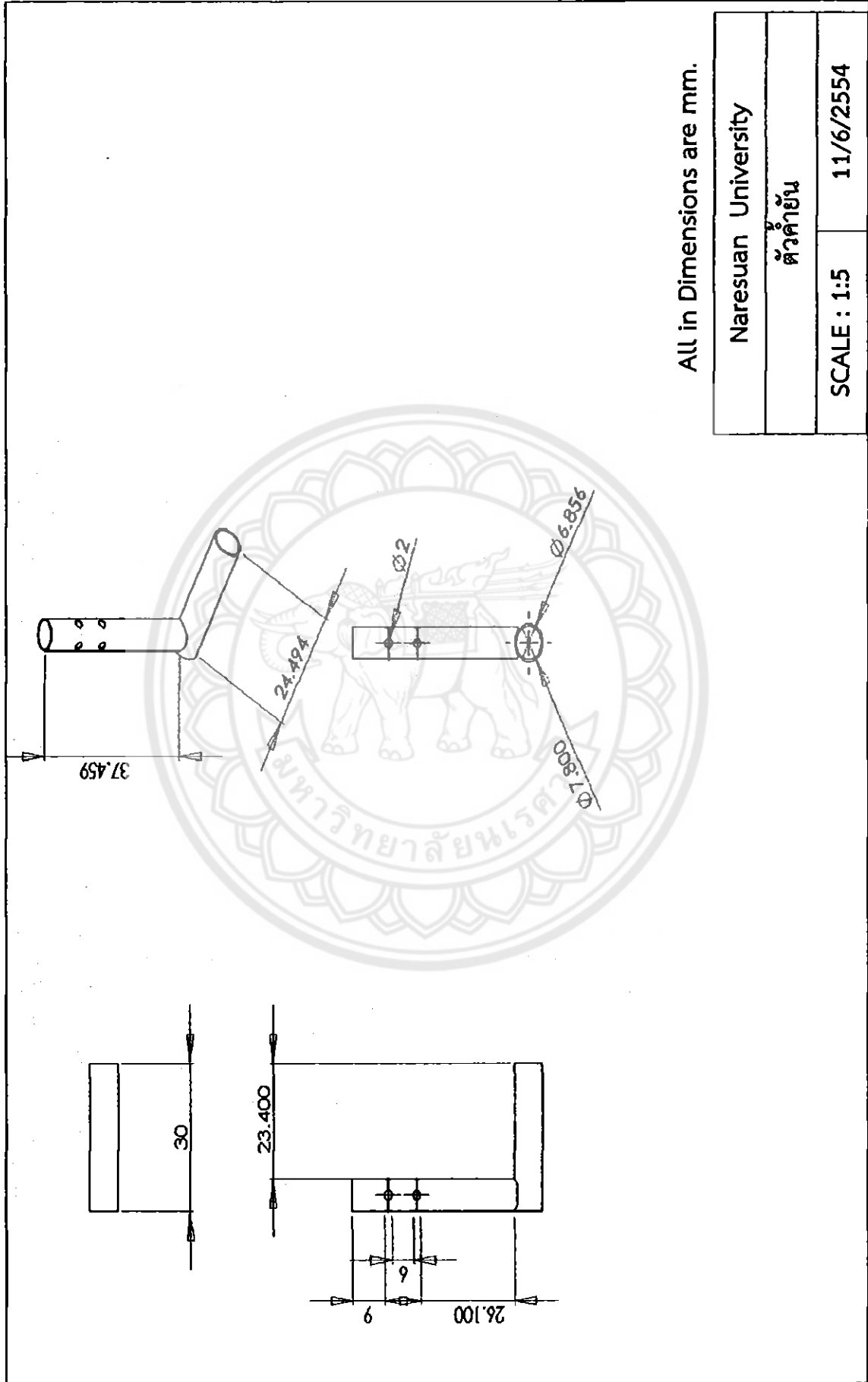
รูปที่ ก.8 ด้ามจับตีดิ่ง



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
แบบรวม	
SCALE : 1:5	11/6/2554

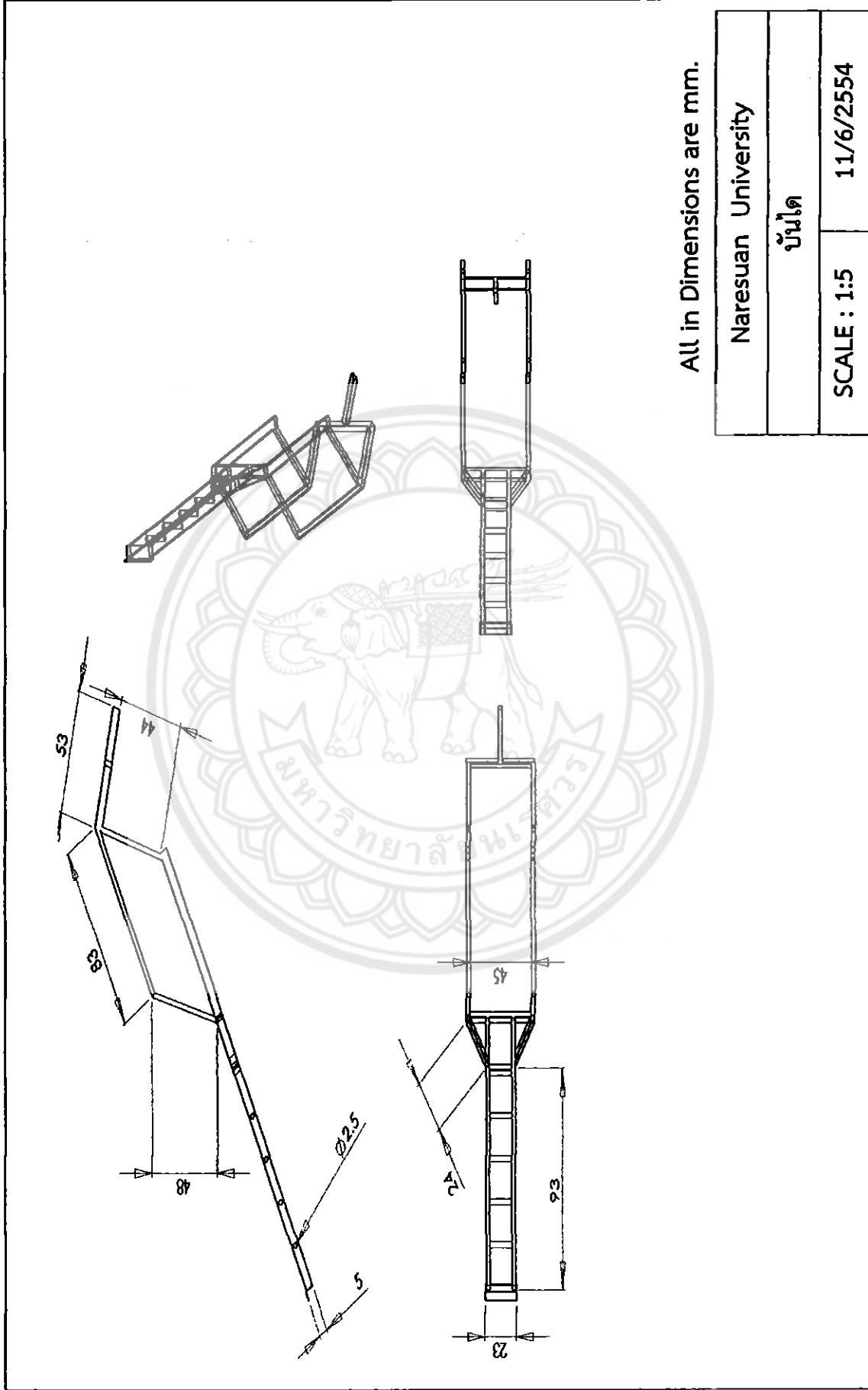
รูปที่ ก.9 แบบรวม



All in Dimensions are mm.

Naresuan University	
ตัวค้ำยัน	
SCALE : 1:5	11/6/2554

รูปที่ ก.10 ตัวค้ำยัน



รูปที่ ก.11 บันได