สถาบันทางการ

สำนักหอสมุด

รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2

MULTIPURPOSE CART PART 2

นายณัฐพล หาแก้ว รหัส 55360376

นายอนุสรณ์ โพธิ์ทอง รหัส 55360581

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 27 ธ.ค. 2561
เลขทะเบียน 1723866
เลขเรียกหนังสือ ปร
ฉ 3425
2558

1723866

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2558

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	รถเข็นเอนกประสงค์ รุ่น 2	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐพล หาแก้ว	รหัส 55360376
	นายอนุสรณ์ โพธิ์ทอง	รหัส 55360581
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2558	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล)

.....กรรมการ

(รศ.ดร กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ

(ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายณัฐพล หาแก้ว	รหัส 55360376
	นายอนุสรณ์ โพธิ์ทอง	รหัส 55360581
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2558	

.....

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการเก็บ การห่อ การตัดแต่งกิ่ง การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง และการบรรทุกผลไม้ของชาวสวนยังเป็นปัญหาที่สร้างความลำบากใจให้แก่ชาวสวนมาก โดยสาเหตุหนึ่งของปัญหาเหล่านี้เกิดมาจากการที่ชาวสวนนำพาหนะขนส่งเข้าถึงจุดที่ต้องการได้ยาก ทางคณะผู้ดำเนินโครงงานจึงได้มีแนวคิดที่จะต่อยอดรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้ เพื่อพัฒนาให้รถเข็นอเนกประสงค์มีการทำงานที่หลากหลาย ได้ใช้หลักการวิศวกรรมคุณค่า และจุดคุ้มทุนมาช่วยในการพัฒนารถเข็นอเนกประสงค์รุ่น 2 รวมถึงโครงสร้างที่จะมีน้ำหนักเบากว่า ยกกระเช้าได้สูงกว่ารถคันเดิม มีค่าใช้จ่ายที่ลดลง โดยรถเข็นอเนกประสงค์รุ่น 2 มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนของฐานรับน้ำหนัก ส่วนของกระเช้า และส่วนของแม่แรง

จากการสร้างและทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์รุ่น 2 พบว่า รถเข็นอเนกประสงค์มีน้ำหนักเพียง 150 กิโลกรัม สามารถทำงานได้ที่ความสูงถึง 3.5 เมตร ยังไม่รวมความสูงของคน ซึ่งสูงกว่ารถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า และมีความแข็งแรงมากกว่า จากการทดสอบปฏิบัติงานในสวนผลไม้โดยได้ให้เจ้าของสวนได้ทำแบบสอบถาม ปรากฏว่า ได้ผลประเมินออกมาเป็นที่น่าพอใจในระดับที่ดีจากเจ้าของสวนที่ได้ทำการทดสอบ

Project title	Multipurpose Cart Part 2	
Name	Mr. Nattapon Hakaew	ID. 55360376
	Mr. Anuson Pothong	ID. 55360581
Project advisor	Mr. Visaka Chaosakul	
Major	Industrial Engineering	
Department	Industrial Engineering	
Academic year	2015	

Abstract

The purpose of this study is to develop multipurpose cart from original one to second series by the tool of value engineering. The new second series of multipurpose cart will respond all Gardener needs seem as spraying pesticides and fertilizers, wrapping all the fruits, pruning the tree, changing neon lighting, etc.

The result of multipurpose cart developing is that new second series multipurpose cart can work more practically higher than the original. (3.5 maters high from the floor) it is 180 kilogram of weight which is lighter than the original and also easier for transportation and safety than the original. The performance test evaluation from three farmers is in good satisfactory level.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 ประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้นต้องขอขอบคุณ อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำโครงงานนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณอาจารย์และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำ ตักเตือนและดูแลให้ความเอาใจใส่เป็นอย่างดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในการทำงาน และขอบคุณเพื่อน พี่และน้อง ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกคนที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขบนเส้นทางแห่งการสร้างวิศวกรสายนี้

คณะผู้ดำเนินโครงงาน
นายณัฐพล หาแก้ว
นายอนุสรณ์ โพธิ์ทอง

เมษายน 2559

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญรูป ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 1
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 4
2.1 โครงสร้าง 4
2.2 ระบบขับเคลื่อน 5
2.3 แบบสอบถาม 5
2.4 ระบบไฮโดรลิกส์ 11
2.5 คาน 14
2.6 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ 22
2.7 กระบวนการออกแบบ 27
2.8 หลักการวิศวกรรมคุณค่า 28
2.9 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน 30
2.10 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน....39

3.1 ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบรถเข็นอเนกประสงค์....39

3.2 ออกแบบรถเข็นอเนกประสงค์.... 40

3.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์.... 41

3.4 สร้างรถเข็นอเนกประสงค์.... 42

3.5 ทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์.... 43

3.6 ปรับปรุงและแก้ไข.... 43

3.7 จัดทำคู่มือรถเข็นอเนกประสงค์.... 43

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน....45

4.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล....45

4.2 การออกแบบ....45

4.3 การสร้างรถเข็นอเนกประสงค์....53

4.4 การทดลองรถเข็นอเนกประสงค์....61

4.5 การนำหลักวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้กับรถเข็นอเนกประสงค์....64

4.6 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์....87

4.7 ผลการทดลองจากแบบประเมิน....91

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....93

5.1 บทสรุป....93

5.2 ข้อเสนอแนะ....94

เอกสารอ้างอิง....95

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษารถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้....96

ภาคผนวก ข ใบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้....102

ภาคผนวก ค แบบรถเข็นเอนกประสงค์....110

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แรงที่กระทำเป็นจุด....15

2.2 แรงที่กระจายสม่ำเสมอ....16

2.3 แรงที่กระจายไม่สม่ำเสมอ....16

2.4 แรงคู่ควบหรือโมเมนต์....16

2.5 แรงรวม....17

2.6 การพิจารณาเครื่องหมายกรณีของแรงเฉือน....18

2.7 โมเมนต์ดัดของคานช่วงเดียว....18

2.8 โมเมนต์ของคานยื่น....19

2.9 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคาน....19

2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน โมเมนต์ดัดและน้ำหนัก....21

2.11 ค่าใช้จ่ายคงที่รวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ....30

2.12 ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ....31

2.13 ค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ....31

2.14 แสดงรายรับรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ....32

2.15 แสดงจุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง....33

2.16 แสดงจุดคุ้มทุนกรณีสองทางเลือก....34

2.17 แสดงจุดคุ้มทุน....35

2.18 รถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้....37

2.19 รถเข็นวัสดุก่อสร้าง....38

3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงาน....44

4.1 แสดงในส่วนของการออกแบบหน้าที่ใช้สอย....46

4.2 แสดงขาค้ำยันรถเข็นอเนกประสงค์....46

4.3 ประตูเปิด – ปิดกระเช้า....47

4.4 แสดงเหล็กกลมและเหล็กกล่อง....47

4.5 แสดงการพับเก็บแม่แรง....48

4.6 ขาค้ำพับเก็บได้....48

4.7 สีของตัวรถเข็น....49

4.8 ล้อหน้าขนาด 12 นิ้ว....49

4.9 ส่วนของระบบแม่แรงและคานยกกระเช้า....50

4.10 ส่วนล้อรถเข็น....50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.11 โครงสร้างรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 51

4.12 การขึ้นรูปตัวกระเช้า 51

4.13 วิธีการเคลื่อนย้ายโดยรถกระบะ 52

4.14 ด้ามจับที่ใช้ลากจูง 52

4.15 ส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 53

4.16 ที่ค้ำฐานด้านหน้า 53

4.17 ล้อที่ใช้บังคับทิศทาง 54

4.18 ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อ 54

4.19 แม่แรงไฮโดรลิกส์ 55

4.20 แสดงการประกอบแม่แรงไฮโดรลิกส์กับฐานรับแรง 55

4.21 ตัวกระเช้า 56

4.22 ส่วนของบันได 59

4.23 ขาค้ำยัน 59

4.24 การพับเก็บขาค้ำยัน 60

4.25 รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 แบบสมบูรณ์ 60

4.26 รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 แบบยกกระเช้า 61

4.27 การบรรทุกขึ้นรถกระบะ 61

4.28 แสดงการลากรถเข็นอเนกประสงค์ไปยังจุดที่ต้องการ 62

4.29 รูปการติดตั้งขาค้ำยัน 62

4.30 การปรับระดับกระเช้า 63

4.31 การตัดแต่งกิ่งผลไม้ 63

4.32 รถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า 65

4.33 รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 74

4.34 เปรียบเทียบรถคันเก่าและคันใหม่ 86

4.35 กราฟแสดงจุดคุ้มทุน 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

2.1 แสดงรายละเอียดแม่แรงกระปุกทรงสูง 5

3.1 วิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง ของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า 39

4.1 ข้อดี ข้อเสียของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า 66

4.2 แสดงต้นทุนค่าวัสดุของชุดประกอบ 66

4.3 คำจำกัดความหน้าที่ 68

4.4 สรุปการประเมินหน้าที่ 70

4.5 การประเมินเชิงตัวเลข 70

4.6 การกระจายต้นทุนหน้าที่ 71

4.7 การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์ 74

4.8 ข้อดี ข้อเสียของรถเข็นอเนกประสงค์คันใหม่ 75

4.9 แสดงต้นทุนค่าวัสดุของชุดประกอบ 75

4.10 คำจำกัดความหน้าที่ 77

4.11 การประเมินหน้าที่ 79

4.12 การประเมินเชิงตัวเลข 79

4.13 การกระจายต้นทุนหน้าที่ 80

4.14 การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์ 82

4.15 การประเมินผลความคิด 82

4.16 VI และส่วนต่างของต้นทุน 83

4.17 แสดงการกระจายต้นทุนตามหน้าที่ 84

4.18 การประเมินเชิงตัวเลข 84

4.19 การประเมินผลการออกแบบ 85

4.20 การคำนวณการประหยัดได้ 86

4.21 รายการค่าใช้จ่ายในการผลิตรถเข็นอเนกประสงค์ 87

4.22 ราคามะม่วงน้ำดอกไม้ ปี 2558 88

4.23 เปรียบเทียบสมบัติระหว่างรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 กับรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า 90

4.24 สรุปผลการประเมิน จากใบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้ 92

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากในการปฏิบัติงานทั่วไปที่มีลักษณะงานที่มีระยะความสูงจากพื้นขึ้นไปทำให้มีความยากลำบากต่อการทำงานเป็นอย่างยิ่ง เช่น การห่อผลไม้ในสวนผลไม้ การแต่งกิ่งผลไม้ในสวนผลไม้ และการทำงานในพื้นที่ที่สำนักงานที่อยู่บนความสูง เป็นต้น จากปัญหาข้างต้นคณะนิสิตผู้จัดทำโครงงาน จึงมีแนวคิดต่อยอดรถเข็นอเนกประสงค์เดิมให้มีการใช้งานที่สะดวกสบายยิ่งขึ้น และสามารถยกในระดับความสูงที่มากขึ้นจากเดิมเป็นระยะ 3.5 เมตรขึ้นไปนับจากแนวราบพื้นดินจนถึงปลายกระเช้า เพื่อช่วยผ่อนแรงระหว่างการทำงาน และช่วยให้การทำงานเป็นไปได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อต่อยอดและออกแบบปรับปรุงรถเข็นอเนกประสงค์เพื่อให้มีการใช้งานที่สะดวกขึ้น

1.2.2 เพื่อต่อยอดและออกแบบปรับปรุงรถเข็นอเนกประสงค์เพื่อให้มีการยกได้ที่ระดับความสูงสุดที่ 3.5 เมตร รวมถึงสามารถขนส่งโดยใส่ท้ายรถกระบะได้สะดวก

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 มีระยะความสูงที่เพิ่มขึ้นนับจากพื้นราบจนถึงพื้นกระเช้า คันเดิม เท่ากับ 1.30 เมตร คันใหม่ 2.50 เมตร

1.3.2 กระเช้า คันเดิม กระเช้ามีขนาดเล็ก คันใหม่ กระเช้ามีขนาดใหญ่ขึ้นและมีพื้นที่ใส่เป้ฉีดยา

1.3.3 การขับเคลื่อน คันเดิม มีด้ามจับในการลากจูก คันใหม่ มีด้ามจับในการลากจูงและถอดล้อต่อพ่วงรถไถได้

1.3.4 การขนส่ง คันเดิม ใส่ท้ายรถกระบะได้แต่มีส่วนท้ายมีการยื่นออกมาจากตัวรถ คันใหม่ ใส่ท้ายรถกระบะโดยปิดท้ายกระบะได้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcomes)

1.4.1 รถเข็นอเนกประสงค์มีการพัฒนาและปรับปรุงหน้าที่การทำงานเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน

1.4.2 รถเข็นอเนกประสงค์สามารถทำงานได้จริงตามเกณฑ์ชี้วัดผลงานในข้อที่ 1.3

1.4.3 ผ่านการประเมินโดยการทดลองใช้งานจากเกษตรกรชาวสวนผลไม้ หรือเจ้าหน้าที่สำนักงานโดยให้เกษตรกรและเจ้าหน้าที่สำนักงานโดยใช้เครื่องมือแบบสอบถาม

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 รถเข็นอเนกประสงค์สามารถเพิ่มการยกระดับความสูงเป็น 3.5 เมตร โดยสามารถปรับระดับต่ำสุดที่ 1.5 เมตร สูงสุดที่ 3.5 เมตร

1.5.2 รถเข็นอเนกประสงค์สามารถปฏิบัติงานในสวนผลไม้หรือสำนักงานต่างๆ ได้

1.5.3 ศึกษาทดลองการใช้งาน และเก็บข้อมูลการใช้งานของรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้ หรือสำนักงาน

1.5.4 วิเคราะห์จุดคุ้มทุนของรถเข็นอเนกประสงค์ กับระยะเวลาต้นทุนของเกษตรกร

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

อาคารปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และสวนผลไม้และสำนักงานไม่ต่ำกว่า 3 แห่ง

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม 2558 ถึง เดือนเมษายน 2559

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา								
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1	การศึกษาและรวบรวมข้อมูล	←	—	→						
1.8.2	การออกแบบโครงสร้างแต่ละส่วน				←	—	→			
1.8.3	จัดหาวัสดุและวัสดุอุปกรณ์					←	—	→		
1.8.4	การสร้างรถเข็นอเนกประสงค์						←	—	→	
1.8.5	การทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์							←	→	

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา								
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.6	การปรับปรุงรถเข็นอเนกประสงค์								↔	
1.8.7	การจัดทำคู่มือรถเข็นอเนกประสงค์								↔	→
1.8.8	การสรุปผลการดำเนินการวิจัย								↔	→
1.8.9	การจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์								↔	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 โครงสร้าง

รถเข็นอเนกประสงค์ จะมีการออกแบบโครงสร้างเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมซึ่งจะมีส่วนประกอบภายนอกหลักๆ ดังนี้

2.1.1 โครงรถ

โครงรถจะเป็นรูปสามเหลี่ยมซึ่งมีความกว้างประมาณ 145 – 180 เซนติเมตร ยาวประมาณ 220 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการขนย้ายระยะไกลด้วยการบรรทุกโดยรถกระบะ ซึ่งโครงสร้างตัวรถจะทำจากเหล็กกล่อง ข้อดี คือ ป้องกันการกักขังของน้ำ ซึ่งจะลดอัตราการเกิดสนิมและวัสดุสามารถหาได้ง่ายราคาถูก

2.1.2 คานยก

คานยกจะใช้เป็นเหล็กสี่เหลี่ยมตันเป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของคาน และกระเช้ามีลักษณะเป็นแท่งเหล็กตรง ซึ่งต้องมีความมั่นคงและแข็งแรงดังนั้นเหล็กที่ใช้เป็นคานจะต้องมีการคำนวณหาแรงที่จะต้องรองรับ เพื่อหาขนาดของเหล็กที่เหมาะสมกับคานยก เมื่อยกสูงสุดจะมีความสูงประมาณ 2.5 – 3 เมตร ซึ่งเมื่อรวมกับความสูงของผู้ปฏิบัติงานจะมีความสูงเพิ่มขึ้นอีกตามส่วนสูงของผู้ที่ปฏิบัติงาน

2.1.3 กระเช้า

กระเช้าเป็นส่วนที่เชื่อมต่อเข้ากับปลายคาน กระเช้าตัวนี้จะมีความกว้างประมาณ 75 เซนติเมตร และสูงประมาณ 85 เซนติเมตร วัสดุที่ใช้จะเป็นเหล็กกลม และตาข่ายเหล็กมีประตูเปิดปิดเพื่อป้องกันอันตรายจากการตกกระเช้าขณะปฏิบัติงาน

2.1.4 แม่แรง

แม่แรงจะเลือกใช้แม่แรงกระปุกทรงสูงสองช่วงทำหน้าที่ในการยกและปรับระดับที่คานหรือกระเช้า และแม่แรงสองช่วงจะช่วยเพิ่มความสูงของกระเช้าอีกด้วย รายละเอียดแม่แรงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดแม่แรงกระปุกทรงสูง

ความจุ (ตัน)	ความสูงต่ำสุด (มิลลิเมตร)	ระยะยก (มิลลิเมตร)	ส่วนขยายความสูงของสกรู (มิลลิเมตร)	ความสูงสูงสุด (มิลลิเมตร)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
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 : วุฒิฮาร์ดแวร์ เครื่องมือช่าง

2.2 ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนโดยใช้ 3 ล้อ มีข้อดี คือ ลดขั้นตอนในส่วนของการสร้างและออกแบบโครงสร้างการขับเคลื่อนประเภท 3 ล้อ ล้อที่อยู่ด้านหน้าเพียงล้อเดียวจะเป็นตัวบังคับทิศทางในการเลี้ยวซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับระบบขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อ จะมีความซับซ้อนกว่ามากในส่วนของการออกแบบโครงสร้างการบังคับเลี้ยว ซึ่งระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อนี้ ที่ใช้ในรถเข็นจะทำให้ผู้ใช้สะดวกในการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีพ่วง หรือลากจูง โดยการขับเคลื่อนส่วนใหญ่มักจะใช้ระบบขับเคลื่อน 4 ล้อ แต่เนื่องจากการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์เหมาะที่จะใช้การขับเคลื่อนด้วยระบบ 3 ล้อ มากกว่าเนื่องมาจากสภาพพื้นผิวถนนความกว้างของเส้นทางในสวนผลไม้ และที่สำคัญรถเข็นอเนกประสงค์ไม่ได้ใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แต่ใช้การขับเคลื่อนด้วยแรงคน การใช้ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

2.3 แบบสอบถาม (Questionnaire)

แบบสอบถามเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดเห็นต่างๆ หรือวัดความจริงที่ไม่ทราบ อันจะทำให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีต ปัจจุบัน และการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคตส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคำถามเป็นชุดๆ เพื่อวัดสิ่งที่ต้องการวัด โดยมีคำถามเป็นตัวกระตุ้นเร่งเร้า ให้บุคคลตอบออกมา นับว่าเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้วัดทางด้านจิตพิสัย (Affective Domain)

2.3.1 โครงสร้างของแบบสอบถาม

โครงสร้างของแบบสอบถาม ประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้

2.3.1.1 หนังสือนำหรือคำชี้แจง โดยมากมักจะอยู่ส่วนแรกของแบบสอบถาม อาจมีจดหมายนำอยู่ด้านหน้าพร้อมคำขอบคุณ โดยคำชี้แจงมักจะระบุถึงจุดประสงค์ที่ให้ตอบแบบสอบถาม การนำคำตอบที่ได้ไปใช้ประโยชน์ คำอธิบายลักษณะของแบบสอบถาม วิธีการตอบแบบสอบถาม พร้อมตัวอย่าง ชื่อ และที่อยู่ของผู้วิจัย ประเด็นที่สำคัญคือการแสดงข้อความที่ทำให้ผู้ตอบมีความมั่นใจว่า ข้อมูลที่จะตอบไปจะไม่ถูกเปิดเผยเป็นรายบุคคล จะไม่มีผลกระทบต่อผู้ตอบ และมีการพิทักษ์สิทธิของผู้ตอบด้วย

2.3.1.2 คำถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ เป็นต้น การที่จะถามข้อมูลส่วนตัวอะไรบ้างนั้นขึ้นอยู่กับกรอบแนวความคิดในการวิจัย โดยดูว่าตัวแปรที่สนใจจะศึกษานั้นมีอะไรบ้างที่เกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัว และควรถามเฉพาะข้อมูลที่จำเป็นในการวิจัยเท่านั้น โดยคำถามเกี่ยวกับลักษณะหรือตัวแปรที่จะวัด เป็นความคิดเห็นของผู้ตอบในเรื่องของลักษณะ หรือตัวแปรนั้น

2.3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถาม

การสร้างแบบสอบถามประกอบไปด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

2.3.2.1 ศึกษาลักษณะที่จะวัด

การศึกษาลักษณะอาจดูได้จาก วัตถุประสงค์ของการวิจัย กรอบแนวความคิด หรือสมมติฐานการวิจัย จากนั้นจึงศึกษาลักษณะ หรือตัวแปรที่จะวัดให้เข้าใจอย่างละเอียดทั้งเชิงทฤษฎีและนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.3.2.2 กำหนดประเภทของข้อคำถาม

ข้อคำถามในแบบสอบถามอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. คำถามปลายเปิด (Open Ended Question) เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบสามารถตอบได้อย่างเต็มที่ ซึ่งคาดว่าน่าจะได้คำตอบที่แน่นอน สมบูรณ์ ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้มากกว่าคำตอบที่จำกัดวงให้ตอบ คำถามปลายเปิดจะนิยมใช้กันมากในกรณีที่ผู้วิจัยไม่สามารถคาดเดาได้ล่วงหน้าว่าคำตอบจะเป็นอย่างไร หรือใช้คำถามปลายเปิดในกรณีที่ต้องการได้คำตอบเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างคำถามปลายปิด แบบสอบถามแบบนี้มีข้อเสียคือ มักจะถามได้ไม่มากนัก การรวบรวมความคิดเห็นและการแปลผลมักจะมีความยุ่งยาก

ข. คำถามปลายปิด (Close Ended Question) เป็นคำถามที่ผู้วิจัยมีแนวคำตอบไว้ให้ผู้ตอบเลือกตอบจากคำตอบที่กำหนดไว้เท่านั้น คำตอบที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ล่วงหน้ามักได้มาจากการทดลองใช้คำถามในลักษณะที่เป็นคำถามปลายเปิด หรือการศึกษากรอบแนวความคิด สมมติฐานการวิจัย และนิยามเชิงปฏิบัติการ คำถามปลายเปิดมีวิธีการเขียนได้หลายๆ แบบ เช่น แบบให้

เลือกตอบอย่างใดอย่างหนึ่ง แบบให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แบบผู้ตอบจัดลำดับความสำคัญหรือแบบให้เลือกคำตอบหลายคำตอบ

2.3.2.3 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 ส่วนคำถามสำคัญๆ ไม่ควรเรียงไว้ตอนท้ายของแบบสอบถาม เพราะความสนใจในการตอบของผู้ตอบอาจจะน้อยลง ทำให้ตอบอย่างไม่ตั้งใจ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการวิจัยมาก

จ. ลักษณะของข้อความที่ดี ข้อคำถามที่ดีของแบบสอบถามนั้น ควรมีลักษณะดังนี้

จ.1 ข้อคำถามไม่ควรยาวจนเกินไป ควรใช้ข้อความสั้น กะทัดรัด 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 เพื่อให้ได้คำตอบที่ชัดเจนและตรงจุดซึ่งจะง่ายต่อการนำมาวิเคราะห์

จ.9 คำตอบหรือตัวเลือกในข้อคำถามควรมีมากพอ หรือให้เหมาะสมกับข้อคำถามนั้น แต่ถ้าไม่สามารถระบุได้หมดก็ให้ใช้ว่า อื่นๆ

จ.10 ควรหลีกเลี่ยงคำถามที่เกี่ยวกับค่านิยมที่จะทำให้ผู้ตอบไม่ตอบตามความเป็นจริงทั้งหมด

จ.11 คำตอบที่ได้จากแบบสอบถาม ต้องสามารถนำมาแปลงออกมาในรูปของปริมาณและใช้สถิติอธิบายข้อเท็จจริงได้ เพราะปัจจุบันนี้นิยมใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นแบบสอบถามควรคำนึงถึงวิธีการประมวลข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วย

2.3.2.4 การปรับปรุงแบบสอบถาม

หลังจากที่สร้างแบบสอบถามเสร็จแล้ว ผู้วิจัยควรนำแบบสอบถามนั้นมาพิจารณาทบทวนอีกครั้งเพื่อหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข และควรให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตรวจสอบแบบสอบถามนั้นด้วยเพื่อที่จะได้นำข้อเสนอแนะและข้อวิพากษ์วิจารณ์ของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

2.3.2.5 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 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินเนื้อหาของข้อถามเป็นรายข้อ

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

ก.3 ความตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบสอบถามที่สามารถวัดได้ตรงตามโครงสร้างหรือทฤษฎี ซึ่งมักจะมีในแบบวัดทางจิตวิทยาและแบบวัดสติปัญญา สถิติที่ใช้วัดความเที่ยงตรงตามโครงสร้างมีหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) การตรวจสอบในเชิงเหตุผล เป็นต้น

ข. ความเที่ยง (Reliability) หมายถึง เครื่องมือที่มีความคงเส้นคงวา นั่นคือ เครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผลการวัดที่แน่นอนคงที่จะวัดกี่ครั้งผลจะได้เหมือนเดิม สถิติที่ใช้ในการหาค่าความเที่ยงมีหลายวิธีแต่นิยมใช้กันคือ ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของ คอนบาร์ช (Conbach's Alpha Coefficient: α Coefficient) ซึ่งจะใช้สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งระดับการวัดแบบประมาณค่า (Rating Scale)

2.3.2.6 ปรับปรุงแบบสอบถามให้สมบูรณ์

ผู้วิจัยจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้จากผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถาม และตรวจสอบความถูกต้องของถ้อยคำหรือสำนวน เพื่อให้แบบสอบถามมีความสมบูรณ์และมีคุณภาพผู้ตอบอ่านเข้าใจได้ตรงประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการ ซึ่งจะทำให้ผลงานวิจัยเป็นที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

2.3.2.7 จัดพิมพ์แบบสอบถาม

จัดพิมพ์แบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วเพื่อนำไปใช้จริงในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย โดยจำนวนที่จัดพิมพ์ควรไม่น้อยกว่าจำนวนเป้าหมายที่ต้องการเก็บรวบรวมข้อมูล และควรมีการพิมพ์สำรองไว้ในกรณีที่แบบสอบถามเสียหรือสูญหายหรือผู้ตอบไม่ตอบกลับ แนวทางในการจัดพิมพ์แบบสอบถามมีดังนี้

ก. การพิมพ์แบ่งหน้าให้สะดวกต่อการเปิดอ่านและตอบ

ข. เว้นที่ว่างสำหรับคำถามปลายเปิดไว้เพียงพอ

ค. พิมพ์อักษรขนาดใหญ่ชัดเจน

ง. ใช้สีและลักษณะกระดาษที่เอื้อต่อการอ่าน

2.3.3 หลักการสร้างแบบสอบถาม

2.3.3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย

2.3.3.2 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับผู้ตอบ

2.3.3.3 ใช้ข้อความที่สั้น กะทัดรัด ได้ใจความ

2.3.3.4 แต่ละคำถามควรมีนัย เพียงประเด็นเดียว

2.3.3.5 หลีกเลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธซ้อน

2.3.3.6 ไม่ควรใช้คำย่อ

2.3.3.7 หลีกเลี่ยงการใช้คำที่เป็นนามธรรมมาก

2.3.3.8 ไม่ชี้นำการตอบให้เป็นไปแนวทางใดแนวทางหนึ่ง

2.3.3.9 หลีกเลี่ยงคำถามที่ทำให้ผู้ตอบเกิดความลำบากใจในการตอบ

2.3.3.10 คำตอบที่มีให้เลือกต้องชัดเจนและครอบคลุมคำตอบที่เป็นไปได้

2.3.3.11 หลีกเลี่ยงคำที่สื่อความหมายหลายอย่าง

2.3.3.12 ไม่ควรเป็นแบบสอบถามที่มีจำนวนมากเกินไปไม่ควรให้ผู้ตอบใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามนานเกินไป

2.3.3.13 ข้อคำถามควรถามประเด็นที่เฉพาะเจาะจงตามเป้าหมายของการวิจัย

2.3.3.14 คำถามต้องน่าสนใจสามารถกระตุ้นให้เกิดความอยากตอบ

2.3.4 เทคนิคการใช้แบบสอบถาม

วิธีใช้แบบสอบถามมี 2 วิธี คือ การส่งทางไปรษณีย์ กับการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งไม่ว่ากรณีใดต้องมีจดหมายระบุวัตถุประสงค์ของการเก็บข้อมูล ตลอดจนความสำคัญของข้อมูลและผลที่คาดว่าจะได้รับ เพื่อให้ผู้ตอบตระหนักถึงความสำคัญและสละเวลาในการตอบแบบสอบถาม การทำให้อัตราตอบแบบสอบถามสูงเป็นเป้าหมายสำคัญของผู้วิจัย ข้อมูลจากแบบสอบถามจะเป็นตัวแทนของประชากรได้เมื่อมีจำนวนแบบสอบถามคืนมามากกว่าร้อยละ 90 ของจำนวนแบบสอบถามที่ส่งไป แนวทางที่จะทำให้ได้รับแบบสอบถามกลับคืนในอัตราที่สูง มีวิธีการดังนี้

2.3.4.1 มีการติดตามแบบสอบถามเมื่อให้เวลาผู้ตอบไประยะหนึ่ง ระยะเวลาที่เหมาะสมในการติดตามคือ 2 สัปดาห์ หลังครบกำหนดส่ง อาจจะติดตามมากกว่าหนึ่งครั้ง

2.3.4.2 วิธีการติดตามแบบสอบถาม อาจใช้จดหมาย ไปรษณีย์ โทรศัพท์ เป็นต้น

2.3.4.3 ในกรณีที่ข้อคำถามอาจจะถามในเรื่องของส่วนตัว ผู้วิจัยต้องให้ความมั่นใจว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นความลับ

2.3.5 ข้อเด่นและข้อด้อยของการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม

การใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีข้อเด่นและข้อด้อยที่ต้องพิจารณาประกอบในการเลือกใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

2.3.5.1 ข้อเด่นของการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม มีดังนี้

ก. ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ วิธีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม จะเป็นวิธีการที่สะดวกและประหยัดกว่าวิธีอื่น

ข. ผู้ตอบมีเวลาตอบมากกว่าวิธีการอื่น

ค. ไม่จำเป็นต้องฝึกอบรมพนักงานเก็บข้อมูลมากเหมือนกับวิธีการสัมภาษณ์หรือวิธีการสังเกต

ง. ไม่เกิดความลำเอียงอันเนื่องมาจากการสัมภาษณ์หรือการสังเกต เพราะผู้ตอบเป็นผู้ตอบข้อมูลเอง

จ. สามารถส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบทางไปรษณีย์ได้

ช. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล

2.3.5.2 ข้อด้อยของการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม มีดังนี้ คือ

ก. ในกรณีที่ส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบทางไปรษณีย์ มักจะได้แบบสอบถามกลับคืนมาน้อย และต้องเสียเวลาในการติดตาม อาจทำให้ระยะเวลาการเก็บข้อมูลล่าช้ากว่าที่กำหนด

ข. การเก็บข้อมูลโดยวิธีการใช้แบบสอบถามจะใช้ได้เฉพาะกับกลุ่มประชากรเป้าหมายที่อ่านและเขียนหนังสือได้เท่านั้น

ค. จะได้ข้อมูลจำกัดเฉพาะที่จำเป็นจริงๆ เท่านั้น เพราะการเก็บข้อมูลโดยวิธีการใช้แบบสอบถามจะต้องมีคำถามจำนวนน้อยข้อที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ง. การส่งแบบสอบถามไปทางไปรษณีย์ หน่วยตัวอย่างอาจไม่ได้เป็นผู้ตอบแบบสอบถามเองก็ได้ ทำให้คำตอบที่ได้มีความคลาดเคลื่อนไม่ตรงกับความจริง

จ. ถ้าผู้ตอบไม่เข้าใจคำถามหรือเข้าใจคำถามผิด หรือไม่ตอบคำถามบางข้อหรือไม่ไตร่ตรองให้รอบคอบก่อนที่จะตอบคำถาม ก็จะทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยที่ผู้วิจัยไม่สามารถย้อนกลับไปสอบถามหน่วยตัวอย่างนั้นได้อีก

ช. ผู้ที่ตอบแบบสอบถามกลับคืนมาทางไปรษณีย์ อาจเป็นกลุ่มที่มีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มผู้ที่ไม่ตอบแบบสอบถามกลับคืนมา ดังนั้นข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะมีความลำเอียงอันเนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างได้

2.4 ระบบไฮโดรลิกส์

ระบบไฮโดรลิกส์ เป็นการเปลี่ยนพลังงานการไหลเป็นพลังงานกล โดยผ่านกลไกสำคัญต่างๆ อันประกอบไปด้วย ลูกสูบไฮโดรลิกส์ กระบอกสูบไฮโดรลิกส์ มอเตอร์ไฮโดรลิกส์ และใช้หลักการตามทฤษฎีของ แบลช ปัสกาล (Blaise Pascal) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส

ระบบไฮโดรลิกส์ เป็นระบบที่มีการส่งถ่ายพลังงาน (Transmission) ของของไหลให้เป็นพลังงานกล โดยผ่านตัวกระทำ (Actuators) เช่น กระบอกสูบ (Cylinder) มอเตอร์ไฮโดรลิกส์ (Hydraulic Motor) ในอุตสาหกรรมนิยมใช้น้ำมันไฮโดรลิกเป็นตัวกลาง ในการถ่ายพลังงาน เพราะน้ำมันไฮโดรลิกส์ มีสมบัติที่สำคัญ คือ ไม่สามารถยุบตัวได้จึงทำให้การถ่ายพลังงานมีประสิทธิภาพมาก

2.4.1 น้ำมันไฮโดรลิกส์

2.4.1.1 หน้าที่ของน้ำมันไฮโดรลิกส์ (Functions of Hydraulic Fluids)

หน้าที่ของน้ำมันไฮโดรลิกส์มี 4 ประการ คือ

ก. การส่งผ่านกำลังงาน (Power Transmission) น้ำมันไฮโดรลิกส์ มีหน้าที่เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในระบบเพื่อเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล ซึ่งถ้าจะให้เป็นอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว น้ำมันไฮโดรลิกส์ที่ไหลในทางจะต้องไหลไปอย่างราบรื่น แต่ถ้าเกิดมีความต้านทานการไหลมากๆ ก็จะทำให้สูญเสียกำลังงาน

ข. การหล่อลื่น (Lubrication) น้ำมันไฮโดรลิกส์จะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นและลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีการเคลื่อนที่ โดยที่น้ำมันไฮโดรลิกส์จะมีสภาพเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ กั้นระหว่างผิวสัมผัสของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ที่เสียดสีกัน

ค. การซีล (Sealing) น้ำมันไฮโดรลิกจะทำหน้าที่เป็นซีลด้วยเพื่อให้มีการรั่วน้อยที่สุดภายในชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในระบบไฮโดรลิกส์เมื่อมีความดันเกิดขึ้น

ง. การระบายความร้อน (Cooling) การไหลเวียนของน้ำมันไฮโดรลิกส์ในระบบขณะการทำงานจะช่วยถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ต่างๆ อันเนื่องมาจากการสูญเสียกำลังงานในระบบ ความร้อนนี้ก็จะถูกพาออกไปโดยน้ำมันและไหลลงสู่ถังพัก แล้วแผ่กระจายความร้อนผ่านผนังของถังพักได้

2.4.1.2 ชนิดของน้ำมันไฮโดรลิกส์

ก. น้ำมันปิโตรเลียม (Petroleum Base Fluids) เป็นน้ำมันที่นิยมใช้กับระบบไฮโดรลิกส์ เพราะมีสมบัติในการหล่อลื่นดีเยี่ยม โดยเฉพาะน้ำมันดิบบางชนิดมีสมบัติในการต้านทานความสึกกร่อน ต้านทานการเกิดสนิม ในอุณหภูมิสูงๆ มีดัชนีความหนืดสูง และมีความสามารถในการซีลดีมาก อย่างไรก็ตามข้อเสียที่สำคัญของน้ำมันปิโตรเลียมก็คือเป็นน้ำมันที่ติดไฟง่าย ดังนั้นจึงไม่เหมาะจะใช้กับงานที่อยู่ใกล้กับเปลวไฟ ซึ่งน้ำมันไฮโดรลิกส์ที่ผลิตจากปิโตรเลียมนี้สามารถแบ่งชนิดได้ ดังนี้

ก.1 น้ำมันไฮโดรลิกส์ทั่วไป

ก.2 น้ำมันเทอร์ไบน์

ก.3 น้ำมันไฮโดรลิกส์ชนิดพิเศษ

ข. น้ำมันทนไฟ (Fire Resistance Fluids) น้ำมันไฮโดรลิกส์ชนิดนี้จะใช้ในกรณีที่ระบบต้องทำงานในที่ที่มีอุณหภูมิสูง หรือในที่ที่อาจมีการติดไฟได้ง่ายเมื่อมีการรั่วซึมของน้ำมันไฮโดรลิกส์ แบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

ข.1 ประเภทผลิตจากสารเคมีสังเคราะห์ (Synthetic Fluids) ซึ่งสารเคมีสังเคราะห์มีอยู่ 2 ประเภท คือ ฟอสเฟตเอสเตอร์ (Phosphate Esters) และโพลีเออร์เอสเตอร์ (Polyor Esters) สมบัติของน้ำมันชนิดนี้คือใช้ได้ดีในอุณหภูมิสูงๆ โดยไม่ทำให้สารประกอบระเหยไปและใช้ได้ดีในระบบที่มีความดันสูงๆ น้ำมันชนิดนี้มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงที่สุด ดังนั้น จึงต้องระวังท่อดูดของปั๊มให้อยู่ในสภาพดี น้ำมันชนิดนี้มีค่าดัชนีความหนืดต่ำ จึงควรใช้ในระบบที่มีอุณหภูมิในการทำงานค่อนข้างคงที่

ข.2 ประเภทน้ำมันที่มีน้ำผสมอยู่ (Water Containing Fluids) น้ำมันประเภทนี้แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

ข.2.1 น้ำมันประเภทน้ำผสมกลีซอล น้ำมันประเภทนี้ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 35-40 เพื่อเป็นสารต่อต้านการติดไฟ กลีซอลและสารประกอบจากน้ำที่เป็นยางเหนียวเพื่อทำ

ให้เกิดความหนืด นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นที่ช่วยป้องกันการเกิดฟอง การเกิดสนิม การผุกร่อน และช่วยในการหล่อลื่น

ข.2.2 น้ำมันประเภทมีน้ำผสมอยู่น้อยกว่าน้ำมัน โดยทั่วไปมีน้ำผสมอยู่ร้อยละ 40 แต่เมื่อใช้ในระบบอาจเติมน้ำอีกได้เพื่อช่วยรักษาค่าความหนืดให้คงที่ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นที่ช่วยป้องกันการเกิดฟอง การเกิดสนิม การผุกร่อน

ข.2.3 น้ำมันประเภทมีน้ำมันผสมอยู่น้อยกว่าน้ำ น้ำมันชนิดนี้ต้านทานการลุกไหม้ได้ดี มีความหนืดต่ำ และมีสมบัติในการหล่อเย็นดีมาก นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอื่นที่ช่วยป้องกันการเกิดฟอง การเกิดสนิม การผุกร่อน และช่วยในการหล่อลื่น

2.4.1.3 คุณภาพที่ต้องการในน้ำมันไฮโดรลิกส์ (Quality Requirement)

ก. มีความหนืดพอเหมาะและดัชนีความหนืดสูง น้ำมันไฮโดรลิกส์ที่ดีจะต้องมีค่าความหนืดคงที่แม้ว่าอุณหภูมิในการทำงานจะเปลี่ยนแปลง

ข. มีจุดข้นแข็งต่ำ น้ำมันไฮโดรลิกส์ควรมีจุดข้นแข็งต่ำกว่าอุณหภูมิที่ระบบไฮโดรลิกส์ทำงาน และจุดข้นแข็งนี้จะมีปัญหาก็ต่อเมื่อระบบไฮโดรลิกส์ต้องทำงานในที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติ

ค. คุณภาพของน้ำมันจะต้องไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงถึงแม้อุณหภูมิในการทำงานจะค่อนข้างสูง

ง. มีคุณภาพการหล่อลื่นที่ดี

จ. ต้านทานการเกิดออกไซด์ได้ดีเยี่ยม

ฉ. ต้านทานการเกิดสนิม

ช. ช่วยป้องกันการกัดกร่อนโลหะ น้ำมันไฮโดรลิกจะต้องไม่มีฤทธิ์ของความเป็นกรดซึ่งจะมีอันตรายต่ออุปกรณ์ได้

ซ. สามารถเข้ากับยาง ซีล ปะเก็น และสีได้เป็นอย่างดี

ฌ. ต้านทานต่อการเกิดฟอง

ญ. มีความสามารถแยกตัวจากน้ำได้ดี

ฎ. ทนไฟ

ฏ. ไม่ยุบตัวตามความดัน

ฐ. ไม่จับตัวเป็นก้อนหรือยางเหนียว

2.4.2 การบำรุงรักษาระบบไฮโดรลิกส์

เนื่องจากสิ่งสกปรกที่เป็นอนุภาคของแข็งไม่ว่าจะเป็นเศษโลหะ ชิ้นส่วน เศษผง ตลอดจนความชื้นและอากาศ ที่เล็ดลอดเข้าไปปะปนในน้ำมันไฮโดรลิกส์ สามารถก่อให้เกิดการสึกกร่อนของปั๊มไฮโดรลิกส์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่มักพบอยู่บ่อยๆ ดังนั้นจึงควรระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอในเรื่องความสะอาดของน้ำมันไฮโดรลิกส์ โดย

2.4.2.1 ฟลัชล้างทำความสะอาดระบบด้วยน้ำมันไฮโดรลิกส์ ก่อนเดินเครื่องจักรใหม่หรือเครื่องจักรที่มีการถอดซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งอาจมีเศษสี โลหะ สนิม ตลอดจนฝุ่นและทรายที่ติดค้างอยู่ในระบบ

2.4.2.2 ควรระมัดระวังในเรื่องเกี่ยวกับความสะอาดของน้ำมันเป็นอย่างมาก โดยดูแลภาชนะ ปั๊มดูด ถังเก็บ ให้สะอาดอยู่เสมอ นอกจากนี้ต้องหมั่นทำความสะอาดระบบกรองน้ำมัน หรือเปลี่ยนเมื่อไส้กรองชำรุด เมื่อล้างไส้กรองควรสังเกตดูสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ตามไส้กรองว่าเป็นอะไร หากมีเศษโลหะมากแสดงว่าระบบมีการสึกหรอ ชนิดของสิ่งสกปรกอาจใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการชำรุดสึกหรอและจะใช้เป็นแนวทางในการป้องกันต่อไป

2.4.2.3 หมั่นตรวจตราการทำงานของระบบไฮโดรลิกส์ตลอดจนเสียงที่ดังผิดปกติซึ่งอาจบ่งบอกถึงอาการที่มีการรั่วของอากาศตามข้อต่อ หรือซีล หรือการเกิดโพรงอากาศภายในเรือนปั๊ม

2.5 คาน

คาน หมายถึง ส่วนต่างๆ ของโครงสร้างที่ถูกกระทำด้วยแรงหรือน้ำหนักตามขวางที่มีทิศทางตั้งฉากกับแนวแกนของท่อนวัสดุหรือโมเมนต์ของแรงคู่ควบที่อยู่ในระนาบเดียวกัน

2.5.1 ชนิดของคาน

2.5.1.1 คานช่วงเดียวหรือคานแบบง่าย (Simple Beam or Simply Supported)

คานช่วงเดียวหรือคานแบบง่าย คือ คานที่มีจุดรองรับที่ปลายทั้งสองเป็นแบบยึดหมุน โดยด้านหนึ่งเป็นแบบลูกกลิ้งและปลายอีกด้านหนึ่งเป็นแบบหมุด (คมมีด) ที่จุดรองรับแต่ละแห่งของคานจะเกิดแรงปฏิกิริยาเท่านั้น แต่จะไม่มีโมเมนต์เกิดขึ้น

2.5.1.2 คานยื่น (Cantilever Beam)

คานยื่น คือ คานที่มีปลายด้านหนึ่งเป็นอิสระ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งมีจุดรองรับแบบฝังแน่นหรือยึดแน่นจนกระทั่งไม่สามารถจะหมุนได้ ฉะนั้นปลายที่ถูกยึดแน่นนั้นจะเกิดทั้งแรงปฏิกิริยาและโมเมนต์ขึ้น

2.5.1.3 คานช่วงเดียวปลายยื่น (Overhanging Beam)

คานช่วงเดียวปลายยื่น คือ คานที่วางอยู่บนจุดรองรับทั้งสองคล้ายคานช่วงเดียว แต่จะมีส่วนที่ยื่นออกจากจุดรองรับโดยจะยื่นออกข้างเดียวหรือทั้งสองข้างก็ได้

2.5.1.4 คานยึดแน่น (Fixed-Ended Beam)

คานยึดแน่น คือ คานที่มีปลายทั้งสองของคานเป็นแบบยึดแน่นหรือฝังแน่น ทำให้แต่ละข้างเคลื่อนที่หรือหมุนไปจากสภาพเดิมไม่ได้

2.5.1.5 คานแบบปลายหนึ่งยึดแน่นอีกปลายหนึ่งยึดหมุน (Propped Beam)

คานแบบปลายหนึ่งยึดแน่นอีกปลายหนึ่งยึดหมุน คือ คานยื่นที่ปลายอิสระของคานจะมีจุดรองรับอยู่ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น

2.5.1.6 คานต่อเนื่อง (Continuous Beam)

คานต่อเนื่อง คือ คานที่มีจุดรองรับมากกว่าสองแห่งขึ้นไปจะมีช่วงของคานตั้งแต่สองช่วงขึ้นไป

คานทั้ง 6 ชนิดดังที่กล่าวมาแล้วยังสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

ก. คานแบบหาค่าได้ทางสถิตยศาสตร์ (Statically Determinate Beam)

คานที่สามารถหาค่าแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่าได้ โดยการใช้สมการของการสมดุลอย่างเดียวก็หาค่าได้ คานแบบนี้ได้แก่ คานช่วงเดียว คานยื่น และคานช่วงเดียวปลายยื่น

ข. คานแบบหาค่าไม่ได้ทางสถิตยศาสตร์ (Statically Indeterminate Beam)

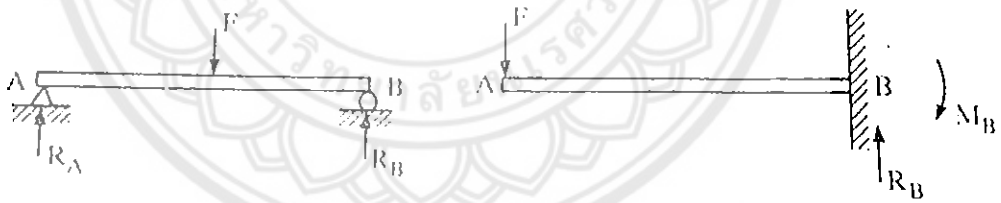
คานที่ไม่สามารถหาค่าแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่าได้ โดยการใช้สมการของการสมดุลเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องใช้สมการอื่นเข้ามาช่วยจึงจะหาแรงปฏิกิริยาของคานนั้นได้ตามต้องการ คานแบบนี้ได้แก่ คานแบบมีปลายข้างหนึ่งยึดแน่นอีกปลายหนึ่งยึดหมุน คานแบบมีปลายทั้งสองยึดแน่น และคานต่อเนื่อง เป็นต้น

2.5.2 ชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคาน

เราสามารถแบ่งการพิจารณาชนิดของแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนคานได้เป็น 4 แบบคือ

2.5.2.1 แรงที่กระทำเป็นจุด (Concentrated Lode or Point Load)

แรงที่กระทำเป็นจุด เป็นแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนพื้นที่ที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งถือได้ว่าเป็นจุดได้ ดังรูปที่ 2.1



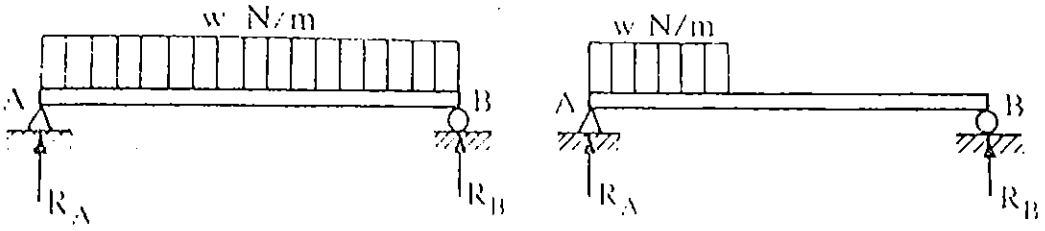
รูปที่ 2.1 แรงที่กระทำเป็นจุด

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

2.5.2.2 แรงที่กระทำบนคานแบบกระจาย (Distributed Load)

แรงที่กระทำบนคานแบบกระจาย เป็นแรงหรือน้ำหนักที่กระทำบนพื้นที่หนึ่งหรือทั้งหมดของคานนั้น แบ่งการพิจารณาได้เป็น 2 แบบ คือ

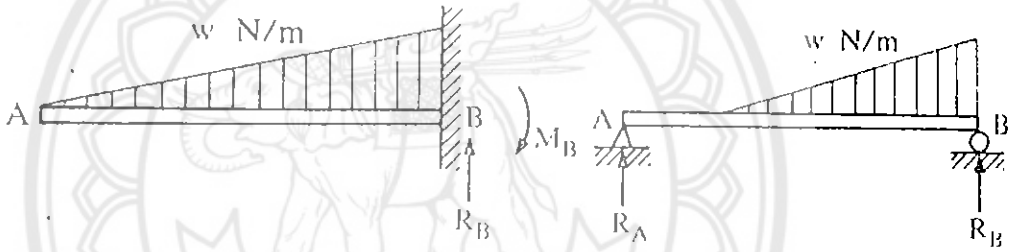
ก. แรงที่กระจายสม่ำเสมอ (Uniformly Distributed Load) เขียนย่อว่า UDL โดยแรงนี้จะกระทำอย่างสม่ำเสมอหรือกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่นั้น ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แรงที่กระจายสม่ำเสมอ

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

ข. แรงที่กระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniformly Distributed Load) พิจารณาดังรูปที่ 2.3

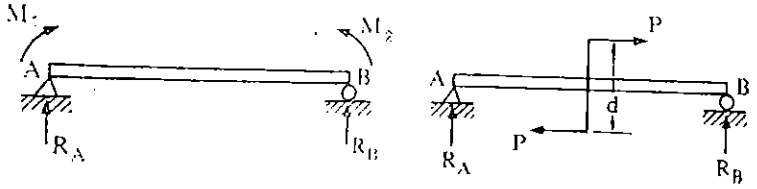


รูปที่ 2.3 แรงที่กระจายไม่สม่ำเสมอ

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

2.5.2.3 แรงคู่ควบหรือโมเมนต์ (Couple or Moment)

เป็นแรงที่พยายามจะทำให้เกิดการหมุนบนคานนั้น ดังรูปที่ 2.4

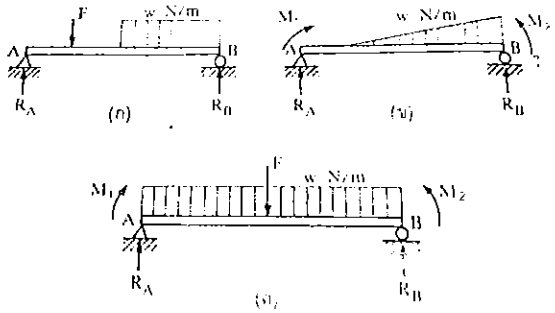


รูปที่ 2.4 แรงคู่ควบหรือโมเมนต์

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

2.5.2.4 แรงรวม (Combined Load)

เป็นแรงที่รวมกันระหว่างแรงเป็นจุดกับแรงกระจายที่กระทำบนคาน หรือแรงคู่ควบ หรือโมเมนต์ หรือแรงทั้งสามประเภทรวมกันก็ได้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แรงรวม

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

2.5.3 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคาน

เมื่อคานถูกกระทำด้วยแรงหรือน้ำหนักและโมเมนต์ดัดภายนอก จะทำให้เกิดความเค้นขึ้นภายในคาน ในการที่จะหาขนาดของความเค้นที่หน้าตัดใดๆ ของคาน จึงจำเป็นที่จะต้องสามารถคำนวณหาแรงและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่หน้าตัดนั้นให้ได้เสียก่อนโดยการใช้สมการของการสมดุลทางสถิตยศาสตร์

2.5.3.1 แรงเฉือน (Shearing Force)

แรงเฉือน คือ แรงที่จะทำให้คานที่รับแรงนี้ถูกเฉือนขาดในแนวดิ่งปกติแล้วแรงเฉือนนี้จะมีผลต่อการเฉือนขาดของวัสดุที่ใช้ทำคานในงานโครงสร้างต่างๆ มาก

2.5.3.2 โมเมนต์ดัด (Bending Moment)

โมเมนต์ดัด คือ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากแรงเฉือนที่กระทำต่อคาน โมเมนต์ดัดนี้เองที่จะพยายามให้คานที่รับแรงเฉือนนั้นโค้งงอจนไม่สามารถที่จะใช้งานต่อไปได้อีก

2.5.3.3 ไดอะแกรมของแรงเฉือน (Shear Force Diagram)

ไดอะแกรมของแรงเฉือน เขียนย่อว่า SFD คือ แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับความยาวของคาน โดยมีจุดทางด้านซ้ายมือของคานเป็นจุดเริ่มต้น ค่าทางแกน x จะเป็นระยะทางที่วัดไปตามความยาวของคานนั้น ตั้งแต่ทางด้านซ้ายมือจนถึงทางด้านขวามือสุดของคานนั้น และค่าทางแกน y จะเป็นค่าของแรงเฉือนในแนวดิ่งที่หน้าตัดใดๆ ของคานนั้น

2.5.3.4 ไดอะแกรมของโมเมนต์ดัด (Bending Moment Diagram)

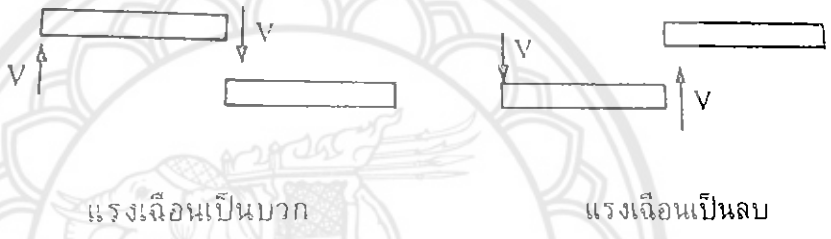
ไดอะแกรมของโมเมนต์ดัด เขียนย่อว่า BMD คือ แผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดกับความยาวของคานนั้น โดยที่มีจุดทางด้านซ้ายมือสุดของคานเป็นจุดเริ่มต้น ค่า

ไปตามความยาวของคานนั้น ตั้งแต่ทางด้านซ้ายมือจนถึงทางด้านขวามือสุดของคานนั้น และค่าทางแกน y จะเป็นค่าของโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดใดๆ ของคานนั้น

2.5.4 เครื่องหมาย (Sing Convention)

2.5.4.1 กรณีของแรงเฉือน

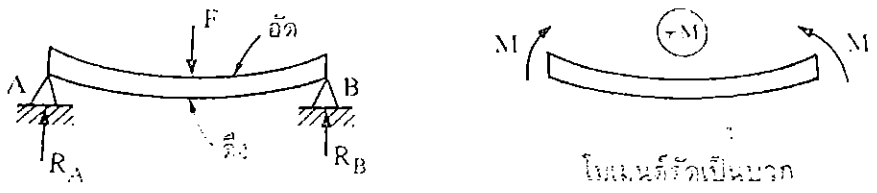
ในการพิจารณาให้พิจารณาคานทางด้านซ้ายมือสุดเป็นจุดเริ่มต้น แล้วคิดไปทางด้านขวามือของคาน แรงใดที่มีทิศทางขึ้น เช่น แรงปฏิกิริยาของคานช่วงเดียวนั้น ให้มีเครื่องหมายเป็นบวก (+) และแรงใดที่มีทิศทางลงล่าง เช่น น้ำหนักหรือแรงที่กระทำกับคาน ให้มีเครื่องหมายเป็นลบ (-) เครื่องหมายเหล่านี้จะกลับกันถ้าหากการพิจารณาเริ่มจากทางด้านขวามือไปทางด้านซ้ายมือ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การพิจารณาเครื่องหมายกรณีของแรงเฉือน
ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

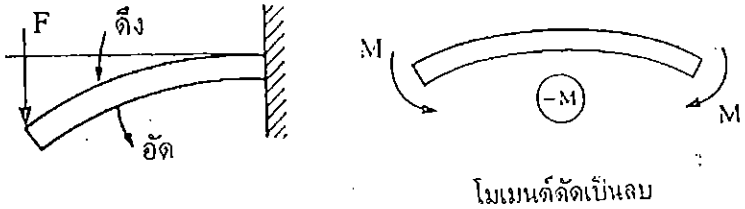
2.5.4.2 กรณีของโมเมนต์ดัด

ในการพิจารณาเครื่องหมายของโมเมนต์ดัดนั้น เราจะพิจารณาได้โดยให้โมเมนต์ดัดใดก็ตามที่ทำให้คานเกิดการแอ่นหรือโก่งงอลงด้านล่าง คือเกิดอาการถูกดึงไปทางด้านล่างของคาน หรือเกิดอาการถูกอัดทางด้านบนของคาน ให้เป็นโมเมนต์ดัดบวก (+) ได้แก่ โมเมนต์ดัดของคานช่วงเดียว ดังรูปที่ 2.7 เป็นต้น



รูปที่ 2.7 โมเมนต์ดัดของคานช่วงเดียว
ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

และถ้าโมเมนต์ดัดใดๆ ก็ตามที่ทำให้คานนั้นโก่งงอขึ้นด้านบน คือเกิดอาการถูกดึงทางด้านบนของคาน หรือเกิดอาการถูกอัดทางด้านล่างของคานให้เป็นโมเมนต์ดัดลบ (-) ได้แก่ โมเมนต์ของคานยื่น ดังรูปที่ 2.8 เป็นต้น

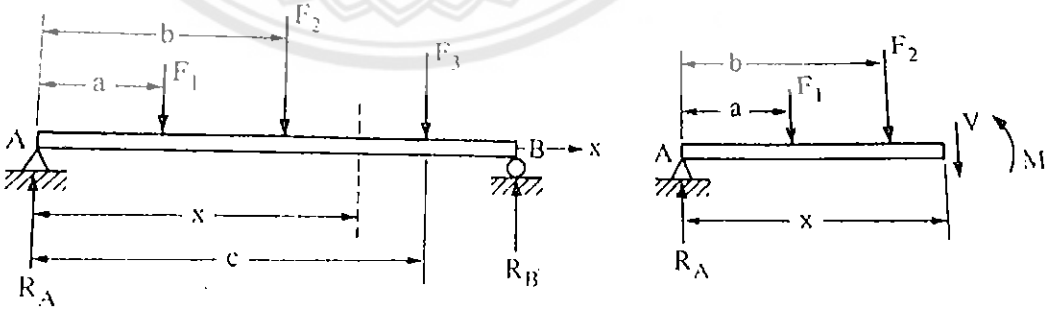


รูปที่ 2.8 โมเมนต์ของคานยื่น

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

2.5.5 แผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคาน

การที่จะหาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานที่รองรับแบบคาน**ช่วงเดียวปลายยื่นนั้น**จำเป็นจะต้องหาแรงปฏิกิริยาที่รองรับของคานก่อนเสมอ ดังนั้นค่าแรงปฏิกิริยา**ที่คำนวณได้จะต้อง**เป็นค่าที่ถูกต้อง มิฉะนั้นจะทำให้การหาค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของคาน**นั้นผิดพลาดตามไปด้วย** ส่วนคานแบบคานยื่นนั้นไม่จำเป็นจะต้องหาค่าแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ในกรณี**ของคานช่วงเดียวหรือ**คานช่วงเดียวปลายยื่น แรงปฏิกิริยาแต่ละตัวจะหาได้โดยการหาโมเมนต์รอบ**จุดรองรับ** [$\sum M = 0$] **แล้วใช้ผลรวมของแรงปฏิกิริยาเท่ากับแรงที่กระทำกับคานหรือน้ำหนักที่กระทำกับคน** [$\sum Fy = 0$] ก็**จะหาค่าแรงปฏิกิริยาที่กระทำกับจุดรองรับของคานได้ตามต้องการ ซึ่งจะสามารถหาแรงเฉือนและ**โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่หน้าตัดนั้นได้โดยใช้สมการสถิตยศาสตร์ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดภายในคาน

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

พิจารณาคานซึ่งถูกกระทำด้วยแรง F_1 F_2 และ F_3 ตามรูปที่ 2.9 (ก) โดยแรง R_A และ R_B เป็นแรงปฏิกิริยา ณ ที่จุดรองรับ ซึ่งเราสามารถที่จะหาได้จากสมการ $\sum M = 0$ และ $\sum Fy = 0$

ให้ V คือ แรงเฉือน และ M คือ โมเมนต์ดัดที่หน้าตัดระยะทาง x จากที่จุดรองรับ A ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการจะหา โดยให้คานถูกตัดออกที่หน้าตัดนั้นซึ่งจะทำให้เกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดขึ้นดังรูป Free Body ในรูปที่ 2.9 (ข) ในการที่คานนี้จะอยู่ในสภาพสมดุลได้ แรงรวมตามแนวดิ่งจะต้องเป็นศูนย์ ดังสมการที่ 2.1 และ 2.2

$$V + F_1 + F_2 - R_A = 0$$

$$\therefore V = R_A - F_1 - F_2 \qquad (2.1)$$

$$M + F_1(x-a) + F_2(x-b) - R_A x = 0$$

$$\therefore M = R_A x - F_1(x-a) - F_2(x-b) \qquad (2.2)$$

ค่าของแรงเฉือน V และโมเมนต์ดัด M จากสมการ 2.1 และ 2.2 นี้สำหรับอยู่ในช่วง $b < x < c$ เท่านั้น ถ้าต้องทราบค่าของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดอื่นซึ่งจำนวนแรงที่มากระทำต่อคานก็จะเปลี่ยนไป ก็ให้ตัด Free Body ที่หน้าตัดนั้นแล้วจึงใช้สมการการสมดุลทางสถิตยศาสตร์อีก

เมื่อได้ค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดของแต่ละช่วงแล้วก็สามารถนำไปเขียนกราฟของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดได้ โดยให้แกน x แทนตำแหน่งของหน้าตัดคาน ส่วนขนาดของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดจะแทนได้ด้วยแกน y ฉะนั้นแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดจึงเป็นการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงขนาดของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดใดๆ ไปตามความยาวของคาน จากแผนภาพของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่ได้ก็จะทำให้ทราบค่าสูงสุดของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานนั้น ตลอดจนตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุดเหล่านี้ด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการที่จะคำนวณหาความเค้นดัดและความเค้นเฉือนในคานต่อไป

2.5.5.1 ตำแหน่งรับแรงเฉือนมากที่สุด

ในการหาค่าและตำแหน่งของแรงเฉือนสูงสุดนั้นจะต้องสร้างแผนภาพของแรงเฉือน ทั้งนี้เพราะไม่มีวิธีการคำนวณวิธีใดที่จะบอกได้ว่าแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้นจะเกิด ณ ที่ใดของคานนั้น แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะเกิดขึ้นที่บริเวณจุดรองรับของคานนั้นเป็นส่วนใหญ่

2.5.5.2 ตำแหน่งรับโมเมนต์ดัดสูงสุด

ในการที่จะหาความเค้นดัดในคานมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่มีขนาดสูงสุด (ค่าเป็นบวกหรือลบมากที่สุด) ตำแหน่งที่ขนาดของโมเมนต์ดัดสูงสุด อาจจะหาได้โดยการใช้ข้อสังเกตดังต่อไปนี้

ก. ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดจะเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่มีค่าของแรงเฉือนเปลี่ยนจากบวกมาเป็นลบ

ข. ค่าโมเมนต์ดัดต่ำสุดจะเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่มีค่าของแรงเฉือนเปลี่ยนไปจากลบมาเป็นบวก

ค. ในกรณีที่สมการของโมเมนต์ดัดเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องของ x ตลอดทั้งคาน ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดและโมเมนต์ดัดต่ำสุด ดังสมการที่ 2.3

$$V = 0 \left[\frac{dM}{dM} = 0 \right] \qquad (2.3)$$

ง. ในกรณีที่มีแรงกระทำเป็นจุดอยู่ด้วย ขนาดสูงสุดของโมเมนต์ดัดจะเกิดขึ้น ณ ที่ใดที่หนึ่งของแรงที่กระทำเป็นจุด ทั้งนี้ยกเว้นคานแบบยื่น

จ. ขนาดสูงสุดของโมเมนต์ในคานแบบยื่น จะเกิดที่ปลายของคานซึ่งถูกยึดแน่น

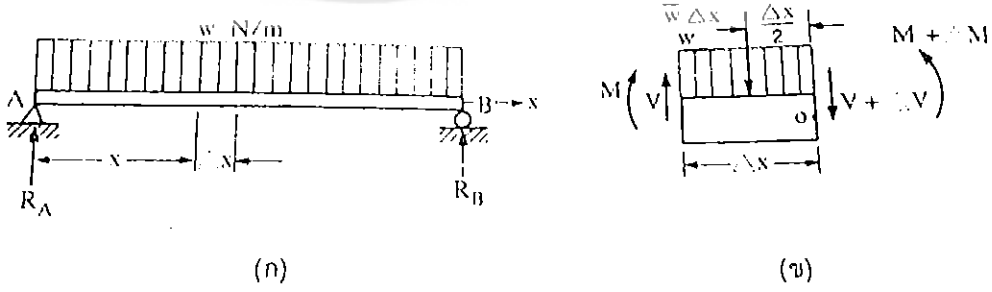
2.5.6 จุดดัดกลับ (Point of Inflection)

จุดดัดกลับในคานคือจุดบนเส้นโค้งอีลาสติก ที่โมเมนต์ดัดเปลี่ยนเครื่องหมายซึ่งจะตรงกับจุดที่ตัดกับแกน x ของแผนภาพของโมเมนต์ดัด

จุดดัดกลับจะเกิดขึ้นเมื่อคานนั้นถูกกระทำทั้งโมเมนต์ดัดชนิดบวกและชนิดลบ ซึ่งได้แก่ คานช่วงเดียวปลายยื่น สำหรับคานช่วงเดียวและคานยื่นจะไม่มีจุดดัดกลับเกิดขึ้น

2.5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน (V) โมเมนต์ดัด (M) และน้ำหนัก (W)

ในคานที่มีแรงหรือน้ำหนักที่ยุ่งยากมากขึ้น การคำนวณและการสร้างแผนภาพของแรงเฉือนและของโมเมนต์ดัดจะยุ่งยากและเสียเวลามาก ดังนั้น ถ้ารู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงหรือน้ำหนักบนคาน แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ก็นับว่าสะดวกและเป็นประโยชน์มากต่อการสร้างแผนภาพและการระบุตำแหน่งหน้าตัดของคานที่มีค่าโมเมนต์ดัดสูงสุดด้วย



(ก) (ข)

รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน (V) โมเมนต์ดัด (M) และน้ำหนัก (W)

ที่มา : กลศาสตร์ของแข็ง สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์

จากรูปที่ 2.10 (ก) ให้พิจารณาคาน AB ซึ่งเป็นคานช่วงเดียว และมีแรงกระทำเท่ากับ w N/m ถ้าตัดส่วนหนึ่งของคานออกมาขนาดยาว Δx แรงที่กระทำต่อส่วนนี้ของคานได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.10 (ข)

เนื่องจากคานนี้อยู่ในสภาพสมดุล ผลรวมทางแนวดิ่งของแรงจึงเท่ากับศูนย์

$$[\sum FV = 0] \; ; \; -(V+\Delta V) - \bar{W}\Delta x + V = 0$$

$$-V - \Delta V - \bar{W}\Delta x + V = 0$$

$$-\Delta V = \bar{W}\Delta x$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta x} = -\bar{W}$$

ให้ limit Δx เข้าใกล้ศูนย์ ดังสมการที่ 2.4

$$\frac{dV}{dx} = -w \tag{2.4}$$

และผลรวมของโมเมนต์ก็จะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย

$$[\sum M0 = 0] \; ; \; (M+\Delta M) + \bar{W}(\Delta x)\left(\frac{\Delta x}{2}\right) - M - V(\Delta x) = 0$$

$$M + \Delta M + \bar{W}\frac{\Delta x^2}{2} - M - V\Delta x = 0$$

$$\Delta M = V\Delta x - \bar{W}\frac{\Delta x^2}{2}$$

$$\frac{\Delta M}{\Delta x} = V - \bar{W}\frac{\Delta x^2}{2}$$

ให้ limit Δx เข้าใกล้ศูนย์ ดังสมการที่ 2.5

$$\frac{dM}{dx} = V \tag{2.5}$$

2.6 หลักออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบ หมายถึง การถ่ายทอดรูปแบบจากความคิดออกมาเป็นผลงานที่ผู้อื่นสามารถมองเห็นรับรู้ หรือสัมผัสได้เพื่อให้มีความเข้าใจในผลงานร่วมกัน ความสำคัญของการออกแบบมีอยู่หลายประการ ดังนี้

2.6.1 การวางแผนการทำงาน

การวางแผนการทำงาน ของงานออกแบบจะช่วยให้ การทำงานเป็นไปตามขั้นตอนอย่างเหมาะสมและประหยัดเวลา ดังนั้น อาจถือว่าการออกแบบ คือ การวางแผนการทำงานก็ได้

2.6.2 การนำเสนอผลงาน

การนำเสนอผลงาน ผลงานของการออกแบบจะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความเข้าใจตรงกันอย่างชัดเจน ดังนั้นความสำคัญในด้านนี้ คือ เป็นตัวสื่อความหมายให้เข้าใจระหว่างกัน เป็นสิ่งที่อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับงาน โดยงานบางประเภทอาจมีรายละเอียดมากมายซับซ้อน ผลงานออกแบบจะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องและผู้พบเห็นมีความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ผลงานการออกแบบ คือ ตัวแทนความคิดของผู้ออกแบบได้ทั้งหมด

2.6.3 ความสำคัญของแบบ

ในกรณีที่นักออกแบบกับผู้สร้างงานหรือผู้ผลิตเป็นคนละคนกัน เช่น นักออกแบบกับผู้ผลิตในโรงงาน หรือถ้าจะเปรียบไปแล้วนักออกแบบก็เหมือนคนเขียนบทละครนั่นเอง

ในการสร้างงานออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการออกแบบเช่นกัน โดยการจัดสัดส่วนของการออกแบบให้มีความเหมาะสม ซึ่งพิจารณาจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ 9 ประการ คือ

2.6.3.1 **การคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยของตัวผลิตภัณฑ์**

หน้าที่ใช้สอยถือเป็นหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญที่สุด เป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึงผลิตภัณฑ์ทุกชนิด ต้องมีหน้าที่ใช้สอยถูกต้องตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกสบาย ผลิตภัณฑ์นั้นถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) แต่ถ้าหากผลิตภัณฑ์ใดไม่สามารถสนองความต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลิตภัณฑ์นั้นก็จะถือว่ามีประโยชน์ใช้สอยไม่ดีเท่าที่ควร (Low Function)

สำหรับคำว่าประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) นั้น ดลต์รัตนทัศนีย์ (2528 : 1) ได้กล่าวไว้ว่า เพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจขอให้ดูตัวอย่างการออกแบบมีดหั่นผัก แม้ว่ามีดหั่นผักจะมีประสิทธิภาพในการหั่นผักให้ขาดได้ตามความต้องการ แต่จะกล่าวว่า มีดนั้นมีประโยชน์ใช้สอยดี (High Function) ยังไม่ได้ จะต้องมีองค์ประกอบอย่างอื่นร่วมอีก เช่น ด้ามจับของมีดนั้นจะต้องมีความโค้งเว้าที่สัมพันธ์กับขนาดของมือผู้ใช้ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดความสะดวกสบายในการหั่นผักด้วย และภายหลังจากการใช้งานแล้วยังสามารถทำความสะอาดได้ง่าย การเก็บและบำรุงรักษาจะต้องง่ายและสะดวกด้วย ประโยชน์ใช้สอยของมีดจึงจะครบถ้วนและสมบูรณ์

เรื่องหน้าที่ใช้สอยนับว่าเป็นสิ่งที่ละเอียดอ่อนซับซ้อนมาก ผลิตภัณฑ์บางอย่างมีประโยชน์ใช้สอยตามที่ผู้คนทั่วๆ ไปทราบเบื้องต้นว่า มีหน้าที่ใช้สอยแบบนี้ แต่ความละเอียดอ่อนที่นักออกแบบได้คิดออกมานั้นได้ตอบสนองความสะดวกสบายอย่างเต็มที่ เช่น มีดในครัวมีหน้าที่หลักคือ ใช้ความคมช่วยในการหั่น สับ แต่เราจะเห็นได้ว่ามีการออกแบบมีดที่ใช้ในครัวอยู่มากมายหลาย

แบบหลายชนิด ตามความละเอียดในการใช้ประโยชน์เป็นการเฉพาะที่แตกต่าง เช่น มีดสำหรับปอกผลไม้ มีดแล่เนื้อสัตว์ มีดสับกระดูก มีดบะช่อ มีดหั่นผัก เป็นต้น ซึ่งก็ได้มีการออกแบบลักษณะแตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน ถ้าหากมีการใช้มีดอยู่ชนิดเดียว แล้วใช้กันทุกอย่างตั้งแต่แล่เนื้อ สับบะช่อ สับกระดูก หั่นผัก ก็อาจจะใช้ได้ แต่จะไม่ได้ความสะดวกเท่าที่ควร หรืออาจได้รับอุบัติเหตุขณะที่ใช้ได้ เพราะไม่ใช่ประโยชน์ใช้สอยที่ได้รับการออกแบบมาให้ใช้เป็นการเฉพาะอย่าง

2.6.3.2 ความงามในตัวผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ในยุคปัจจุบันนี้ความสวยงาม นับว่ามีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าหน้าที่ใช้สอยเลย ดังนั้นความสวยงามจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อเพราะเกิดความประทับใจ ส่วนหน้าที่ใช้สอยจะดีหรือไม่ ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่ง คือ ใช้ไปเรื่อยๆ ก็จะเกิดข้อบกพร่องในหน้าที่ใช้สอยให้เห็นภายหลัง ผลิตภัณฑ์บางอย่างความสวยงามก็ คือ หน้าที่ใช้สอยนั่นเอง เช่น ผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกของโชว์ตกแต่งต่างๆ ซึ่งผู้ซื้อเกิดความประทับใจในความสวยงามของผลิตภัณฑ์ ความสวยงามจะเกิดมาจากสิ่งสองสิ่งด้วยกัน คือ รูปร่าง (Form) และสี (Color) การกำหนดรูปร่างและสีในงานออกแบบผลิตภัณฑ์ไม่เหมือนกับการกำหนดรูปร่างสีได้ตามความนึกคิดของจิตรกร ที่ต้องการแต่ในงานออกแบบผลิตภัณฑ์จะเป็นในลักษณะทำตามความชอบความรู้สึกนึกคิดของนักออกแบบไม่ได้จำเป็นต้องยึดข้อมูลและกฎเกณฑ์ผสมผสานรูปร่างและสีสันให้เหมาะสม ด้วยเหตุของความสำคัญของรูปร่างและสีที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ นักออกแบบจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาวิชาทฤษฎี หรือหลักการออกแบบและวิชาทฤษฎีสี ซึ่งเป็นวิชาทางด้านของศิลปะ แล้วนำมาประยุกต์ผสานใช้ให้เกิดความกลมกลืนกัน

2.6.3.3 ความถูกต้องตามหลักสรีรศาสตร์

นักออกแบบต้องศึกษาวิชากายวิภาคเชิงกล เกี่ยวกับสัดส่วนขนาด และขีดจำกัดที่เหมาะสมสำหรับอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายของมนุษย์ทุกเพศทุกวัย ซึ่งจะประกอบด้วยความรู้ทางด้านขนาดสัดส่วนมนุษย์ (Anthropometry) ด้านสรีรศาสตร์ (Physiology) จะทำให้ทราบขีดจำกัดความสามารถของอวัยวะส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบหรือศึกษาด้านจิตวิทยา (Psychology) ซึ่งความรู้ในด้านต่างๆ ที่กล่าวนี้จะทำให้นักออกแบบสามารถออกแบบและกำหนดขนาด (Dimensions) ส่วนโค้งส่วนเว้าส่วนตรงส่วนแคบของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อย่างพอเหมาะกับร่างกายหรืออวัยวะของมนุษย์ เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ก็จะเกิดความสะดวกสบายในการใช้ไม่เกิดอาการเมื่อยมือ หรือเกิดอาการล้าในขณะที่ใช้งานไปนานๆ ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาวิชา ดังกล่าว โดยเฉพาะหากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้ต้องใช้อวัยวะร่างกายไปสัมผัสเป็นเวลานาน เช่น เก้าอี้ด้าม เครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ หากผู้ใช้ผู้ใดได้เคยใช้มาแล้วเกิดความไม่สบายร่างกายขึ้น ก็แสดงว่าศึกษากายวิภาคเชิงกลไม่ดีพอ แต่ทั้งนี้ก็ต้องศึกษาผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ดีก่อนจะไปเหมาว่าผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดีไม่ได้ เพราะผลิตภัณฑ์บางชนิดผลิตมาจากประเทศตะวันตก ซึ่งออกแบบโดยใช้มาตรฐานผู้ใช้ของชาวตะวันตกที่มีรูปร่างใหญ่โตกว่าชาวเอเชีย เมื่อชาวเอเชียนำมาใช้

192.38666
25
สำนักหอสมุด
27 มี.ค. 2561

อาจจะไม่พอดีหรือหลวมไม่สะดวกในการใช้งาน นักออกแบบจึงจำเป็นต้องศึกษาสัดส่วนร่างกายของชนชาติหรือเผ่าพันธุ์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์

2.6.3.4 ความปลอดภัยในการใช้งาน

ผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่อำนวยความสะดวก หากมีประโยชน์ได้มากเพียงใดย่อมจะมีโทษเพียงนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ให้ความสะดวกต่างๆ ปัญหามักจะเกิดจากเครื่องจักรกลและเครื่องใช้ไฟฟ้า ดังนั้นการออกแบบควรคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้ ถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ต้องแสดงเครื่องหมายไว้ให้ชัดเจนหรือมีคำอธิบายไว้

ผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กต้องคำนึงถึงวัสดุที่เป็นพิษ เวลาเด็กเอาเข้าปากหรืออม นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ใช้เป็นสำคัญ มีการออกแบบบางอย่างต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่าแบบธรรมดา แต่คาดไม่ถึงช่วยในการให้ความปลอดภัย เช่น การออกแบบหัวเกลียววาล์วถังแก๊สหรือปุ่มเกลียวล็อกใบพัดของพัดลม จะมีการทำเกลียวเปิดให้ย้อนศรตรงกันข้ามกับเกลียวทั่วๆไป เพื่อความปลอดภัยสำหรับคนที่ไม่ทราบ หรือเคยมือไปหมุนเล่น คือ ยิ่งหมุนก็ยิ่งขันแน่นเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้

2.6.3.5 ราคาหรือต้นทุนในการผลิตกับการจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาขายนั้นย่อมต้องมีข้อมูลด้านผู้บริโภค และการตลาดที่ได้ค้นคว้าและสำรวจแล้วผลิตภัณฑ์ย่อมจะต้องมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมาย ที่จะใช้ว่าเป็นคนกลุ่มใด อาชีพฐานะเป็นอย่างไร มีความต้องการใช้สินค้า หรือผลิตภัณฑ์นี้เพียงใด นักออกแบบก็จะเป็นผู้กำหนดแบบผลิตภัณฑ์ประมาณราคาขายให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่จะซื้อได้ การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมกับผู้ซื้อนั้นก็อยู่ที่การเลือกใช้ชนิด หรือเกรดของวัสดุ และเลือกวิธีการผลิตที่ง่ายรวดเร็วเหมาะสมอย่างไรก็ดีถ้าประมาณการออกมาแล้วปรากฏว่าราคาค่อนข้างจะสูงกว่าที่กำหนดไว้ก็อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาองค์ประกอบด้านต่างๆ กันใหม่ แต่ก็ยังต้องคงไว้ซึ่งคุณค่าของผลิตภัณฑ์นั้น เรียกว่า เป็นวิธีการลดค่าใช้จ่าย

2.6.3.6 ความแข็งแรงทนทานในตัวผลิตภัณฑ์หรือความแข็งแรงของโครงสร้างผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์จะต้องมีความแข็งแรงในตัวของผลิตภัณฑ์ หรือโครงสร้างเป็นความเหมาะสม ในการที่นักออกแบบรู้จักใช้สมบัติของวัสดุ และจำนวนหรือปริมาณของโครงสร้างในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่จะต้องมีการรับน้ำหนัก เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ต้องเข้าใจหลักโครงสร้างและการรับน้ำหนัก อีกทั้งต้องไม่ทิ้งเรื่องของความสวยงามทางศิลปะ เพราะมีปัญหาว่าถ้าใช้โครงสร้างให้มาก เพื่อความแข็งแรงจะเกิดสวนทางกับความงาม นักออกแบบจะต้องเป็นผู้ดึงเอาสิ่งสองสิ่งนี้เข้ามาอยู่ในความพอดีให้ได้

ส่วนความแข็งแรงของตัวผลิตภัณฑ์เองนั้น ขึ้นอยู่ที่การออกแบบรูปร่างและการเลือกใช้วัสดุและประกอบกับการศึกษาข้อมูลการใช้ผลิตภัณฑ์ว่าผลิตภัณฑ์ ดังกล่าว ต้องรับน้ำหนักหรือกระทบกระแทกอะไรหรือไม่ ในขณะใช้งานก็คงต้องทดลองประกอบการออกแบบไปด้วย

แต่อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของโครงสร้าง หรือตัวผลิตภัณฑ์นอกจากเลือกใช้ประเภทของวัสดุโครงสร้างที่เหมาะสมแล้วยังต้องคำนึงถึงความประหยัดควบคู่กันไปด้วย

2.6.3.7 การดูแลและการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์จากการใช้งาน

หลักการนี้คงจะใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องจักรกลเครื่องยนต์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีกลไกภายในซับซ้อน อะไหล่บางชิ้นย่อมต้องมีการเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งาน หรือการใช้งานในทางที่ผิด นักออกแบบย่อมที่จะต้องศึกษาถึงตำแหน่งในการจัดวางกลไก แต่ละชิ้น ตลอดจนน็อตสกรูเพื่อที่จะได้ออกแบบส่วนของฝาครอบบริเวณต่างๆ ให้สะดวกในการถอดซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอะไหล่

2.6.3.8 วัสดุและการผลิต

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยวัสดุสังเคราะห์ อาจมีกรรมวิธีการเลือกใช้วัสดุและวิธีผลิตได้หลายแบบ แต่แบบหรือวิธีใดถึงจะเหมาะสมที่สุด ที่จะไม่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ประมาณฉะนั้น นักออกแบบคงจะต้องศึกษาเรื่องวัสดุ และวิธีผลิตให้ลึกซึ้ง โดยเฉพาะวัสดุจำพวกพลาสติก ในแต่ละชนิดจะมีสมบัติทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น มีความใส ทนความร้อน ผิวมันวาว ทนกรดด่างได้ดีไม่ลื่น เป็นต้น ก็ต้องเลือกให้สมบัติ ดังกล่าว ให้เหมาะสมกับสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่พึงมี ในยุคสมัยนี้มีการรณรงค์ช่วยกันพิทักษ์สิ่งแวดล้อมด้วยการใช้วัสดุที่นำกลับหมุนเวียนมาใช้ใหม่ ก็ยิ่งทำให้นักออกแบบย่อมต้องมีบทบาทเพิ่มขึ้นอีก คือ เป็นผู้ช่วยพิทักษ์สิ่งแวดล้อม ด้วยการเลือกใช้วัสดุที่หมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ที่เรียกว่า “รีไซเคิล”

2.6.3.9 การขนส่ง

นักออกแบบต้องคำนึงถึงการประหยัดค่าขนส่ง การขนส่งสะดวกหรือไม่ ระยะใกล้หรือระยะไกล กินเนื้อที่ในการขนส่งมากน้อยเพียงใด การขนส่งทางบก ทางน้ำหรือทางอากาศ ต้องทำการบรรจุหีบห่ออย่างไรถึงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดการเสียหายชำรุด ขนาดของตู้คอนเทนเนอร์บรรทุกสินค้าหรือเนื้อที่ที่ใช้ในการขนส่งมีขนาดกว้างยาวสูงเท่าไหร่ เป็นต้น หรือในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบมีขนาดใหญ่โตยาวมาก เช่น เตียงหรือพัดลมแบบตั้งพื้น นักออกแบบก็ควรที่จะคำนึงถึงเรื่องการขนส่ง ตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบกันเลย คือ ออกแบบให้มีชิ้นส่วนสามารถถอดประกอบได้ง่ายสะดวก เพื่อทำให้หีบห่อมีขนาดเล็กสุดสามารถบรรจุได้ในลังที่เป็นขนาดมาตรฐาน เพื่อการประหยัดค่าขนส่ง เมื่อผู้ซื้อซื้อไปก็สามารถที่จะขนส่งได้ด้วยตนเอง หรือนำกลับไปบ้านก็สามารถประกอบชิ้นส่วนให้เข้ารูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้โดยสะดวกด้วยตนเอง

เรื่องหลักการออกแบบที่ได้กล่าวมาทั้ง 9 ข้อนี้ เป็นหลักการที่นักออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงเป็นหลักการทางสากลที่ได้กล่าวไว้ในขอบเขตอย่างกว้างครอบคลุมผลิตภัณฑ์ไว้ทั่วทุกกลุ่มทุกประเภท ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดนั้นอาจจะไม่ต้องคำนึงหลักการดังกล่าวครบทุกข้อก็ได้ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ หรือผลิตภัณฑ์บางชนิดก็อาจจะต้องคำนึงถึงหลักการดังกล่าวครบถ้วนทุกข้อ เช่น ออกแบบผลิตภัณฑ์ไว้แขวนเสื้อ ก็คงจะเน้นหลักการด้านประโยชน์ใช้สอยความสะดวกในการใช้และความสวยงามเป็นหลัก คงจะไม่ต้องไปคำนึงถึงด้านการซ่อมแซม

เพราะไม่มีกลไกซับซ้อนอะไรหรือการขนส่ง เพราะขนาดจำกัดตามประโยชน์ใช้สอยบังคับ เป็นต้น ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บางอย่าง เช่น ออกแบบผลิตภัณฑ์รถยนต์ ก็จำเป็นที่นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ครบทั้ง 9 ข้อ เป็นต้น

หลักการดังกล่าวข้างต้นถือเป็นหัวใจของการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยที่ผู้ออกแบบต้องนำมาประยุกต์เข้ากับความต้องการและเกณฑ์ที่จำเป็นในการใช้งานของผู้ใช้กับตัวผลิตภัณฑ์ โดยจะมีค่าน้ำหนักในการนำมาใช้แตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการออกแบบ เพื่อการออกแบบในปัจจุบัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงวัฒนธรรมและอารมณ์ความรู้สึกของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเข้าถึงผู้บริโภคได้ดียิ่งขึ้น

การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ดี ผลิตภัณฑ์จะต้องสามารถสื่อสารกับผู้ใช้งานได้โดยตัวผลิตภัณฑ์เอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงความคิดความรู้สึกของผู้ใช้สู่ตัวผลิตภัณฑ์ เช่น การสร้างรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะการสื่อสารแบบตรงไปตรงมาระหว่างผู้ใช้กับตัวผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดความรู้สึกขบขันมีความสุขที่ได้รับจากการใช้งานผลิตภัณฑ์ โดยการออกแบบรูปร่างรูปทรง หรือการใช้ลักษณะพื้นผิวโดยใช้วัสดุใหม่ๆ มาสร้างงานออกแบบ ซึ่งผู้ใช้อาจเกิดอารมณ์ความรู้สึกจากการมองเห็นการสัมผัสเป็นประสบการณ์ใหม่ในการรับรู้เชื่อมโยงกับตัวผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่ผู้ที่พบเห็นหรือผู้ใช้ได้รับ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างไปจากสิ่งที่พบในชีวิตประจำวัน.

2.7 กระบวนการออกแบบ

2.7.1 ตีปัญหาเพื่อกำหนด Concept

ปัญหาเกี่ยวกับความต้องการเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ เช่น ปัญหาผลิตภัณฑ์เดิม ปัญหาต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือความต้องการใหม่ๆ ของผู้บริโภค ปัญหาเกี่ยวกับข้อบังคับหรือกฎเกณฑ์เช่นความต้องการของตลาด ซึ่งมีหลักเกณฑ์ประกอบด้วย อายุ รสนิยม รายได้ของผู้บริโภค สินค้า ขนาดรูปร่าง ความปลอดภัย น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ วิธีขาย การโฆษณา

2.7.2 คิด Idea เบื้องต้น

Idea เบื้องต้น คือ การคิดรูปแบบลักษณะวิธีการเบื้องต้น เพื่อเป็นคำตอบให้กับปัญหาที่เราคิดมาจากขั้นที่ 1 ดังนั้นขั้นตอนนี้อาจต้องอาศัยการขัดๆ เขียนๆ “ภาพร่าง” มาช่วย เพื่อจะสื่อสิ่งที่เราคิดไว้ออกมาให้เป็นรูปร่างหน้าตาใกล้เคียงมากที่สุด ดังนั้น Idea นี้อาจไม่ถูกต้องทั้งหมดอาจไม่ได้เป็นของใหม่ทั้งหมด อาจไม่ได้เป็นความคิดของเราเองทั้งหมด แต่เราสามารถนำสิ่งที่คิดว่า ใช่ของแต่ละแบบมาผสมผสานกัน เพื่อให้เกิดรูปแบบใหม่ได้

2.7.3 การกลั่นกรองการออกแบบ

หลังจากได้ Idea เบื้องต้นมาจำนวนมากพอแล้วจะต้องทำการเลือกแบบที่ใกล้เคียงกับ Concept ที่ตั้งไว้ให้มากที่สุด ในขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยอุปกรณ์ในการเขียนแบบเพื่อถ่ายทอดงานนั้นออกมา "Scale Drawing" ให้ได้สัดส่วนตามจริงที่สุดแล้วผลิตภัณฑ์ในความคิดจะปรากฏรูปร่างออกมา

2.7.4 วิเคราะห์การออกแบบ

สิ่งที่นำมาเป็นหลักพินิจพิเคราะห์สำคัญในการออกแบบ ดังนี้

2.7.4.1 Ergonomic เพราะการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ การสร้างสรรค์สิ่งใดๆ เพื่อรับใช้มนุษย์ให้ทุกอย่างกลมกลืน และเป็นไปตามธรรมชาติของมนุษย์ที่สุด

2.7.4.2 Marketing เพราะการผลิตนี้เพื่อขายแก่คนกลุ่มหนึ่ง ดังนั้น การตลาดจึงมีความสำคัญที่จะต้องวิเคราะห์ด้วยเสมอ เช่น แนวโน้มศักยภาพตลาด ช่องทางการตลาด ลักษณะดีเด่นเพื่อการขาย มูลเหตุจูงใจในการซื้อ แนวทางการโฆษณาขาย ต้นทุนการจำหน่ายรวมถึงการวิเคราะห์ด้านอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ข้างเคียงคู่แข่ง ประโยชน์ใช้สอย ผลต่อสิ่งแวดล้อม วิศวกรรม เป็นต้น

2.7.5 ตกลงใจในการออกแบบ

การตกลงใจในการออกแบบ คือ การสรุปและเลือกเอาแบบที่ดีตรงตาม Concept มากที่สุด โดยในขั้นตอนนี้จะสามารถผลิตชิ้นงานของจริงขึ้นมาได้ ทั้งนี้เราจะสามารถเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของผลิตภัณฑ์ได้ โดยพิจารณาจาก หน้าที่ใช้สอย ความปลอดภัย ความแข็งแรง ความสะดวกสบายในการใช้งาน ความสวยงามน่าใช้ ราคา การซ่อมแซมบำรุงรักษาวัสดุ กรรมวิธีการผลิต การขนส่ง เป็นต้น

2.7.6 ทำให้เป็นผลสำเร็จ

ทำให้เป็นผลสำเร็จ คือ การผลิตออกมาเป็นชิ้นงานจริงเพื่อนำมาจำหน่าย

2.8 หลักการวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)

วิศวกรรมคุณค่า หรือ VE คือ เทคนิคที่นำไปใช้วิเคราะห์ประโยชน์การใช้งานของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้มาซึ่งประโยชน์ในการใช้งานที่จำเป็นด้วยต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพตรงความต้องการของลูกค้าคำว่าคุณค่าก็คือความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงาน (Function) ที่ลูกค้าต้องการ และต้นทุน (Cost) ที่ทำให้เกิด Function นั้น โดยเขียนเป็นความสัมพันธ์ได้ ดังสมการที่ 2.6

$$V = \frac{F}{C} \quad (2.6)$$

เมื่อ V คือ คุณค่า F = หน้าที่การทำงาน ส่วน C = ต้นทุน

2.8.1 การเพิ่มคุณค่าได้จึง

มี 5 ทาง คือ

2.8.1.1 F เพิ่ม C คงที่

2.8.1.2 F เพิ่ม C ลด

2.8.1.3 F เพิ่ม C เพิ่ม โดยให้เพิ่ม F ในอัตราที่มากกว่า C

2.8.1.4 F คงที่ C ลด

2.8.1.5 F ลด C ลด โดยให้ลด F ในอัตราที่น้อยกว่า C

ที่ตั้งใจจะทำกันจริงๆ ก็จะเป็นข้อ 2 และข้อ 4

เมื่อเป็นเช่นนี้ การที่จะจัดการกับคุณค่าได้ก็ต้องรู้ F และ C ของสิ่งที่คุณจะหยิบมาทำ การที่จะทำให้รู้ได้ต้องวิเคราะห์มันออกมา

2.8.1 ตัวอย่างแนวคิดในการประยุกต์ใช้ วิศวกรรมคุณค่า กับการทำงานในสาขาต่างๆ

ฝ่ายขาย : สามารถลดต้นทุนการเดินทางไปลูกค้า เช่น ค่าน้ำมัน ค่าทางด่วน ได้โดยการวางแผนงานเดินทาง โดยอาจแบ่งกลุ่มของลูกค้าตามวัตถุประสงค์และความสำคัญ เช่น การแบ่งกลุ่มของลูกค้าที่มีเปอร์เซ็นต์ในการขายรวมกันแล้ว ร้อยละ 50 และแบ่งเป็นกลุ่มย่อยที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน แนวคิดนี้ คือ การจัดกลุ่มของลูกค้าที่มียอดขายสูงให้มีความสำคัญเป็นอันดับแรก ในเมื่อค่าน้ำมันต่อหนึ่งกิโลเมตรเท่ากัน แล้วทำไมเลือกที่ที่มันให้ผลตอบแทนสูงกว่าล่ะ ส่วนลูกค้าที่มียอดขายต่ำ กรณีอาจจะติดต่อด้วยวิธีอื่นที่มีต้นทุนต่ำกว่าก่อน เช่น โทรศัพท์ ส่งอีเมล์ เป็นต้น

ฝ่ายออกแบบ : ฝ่ายออกแบบเป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในการลดต้นทุนการผลิตได้อย่างหลากหลายเห็นภาพชัดเจนมากที่สุด แต่ก็ไม่ง่ายเลยที่เดียวนะครับสำหรับกระบวนการออกแบบ โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่มีกระบวนการซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงทุกอย่างต้องมีเหตุผลทางด้านวิศวกรรมประกอบ รวมทั้งต้องมีการทดลองหรือทดสอบเพื่อยอมรับผลการเปลี่ยนแปลงนั้น.

นอกจากปรับเปลี่ยนภายหน่วยงานหรือองค์กรแล้ว บางครั้งการเปลี่ยนแปลงด้านการออกแบบก็ยังเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดของลูกค้าด้วย ซึ่งการขออนุมัติการเปลี่ยนแปลงกับลูกค้านั้นค่อนข้างยาก แต่ก็ไม่ใช่ว่าจะทำไม่ได้เลยทีเดียว อาจจะมีการนำเสนอในแนวทางที่ว่า การเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ได้ทำให้คุณสมบัติในการทำงานของลูกค้าลดลง (มีผลการทดลองประกอบ)

ฝ่ายวางแผนการผลิต : การวางแผนการผลิตที่ดีจะต้องการหาระยะทางในการผลิตที่สั้นที่สุด ไม่มีการหยุดชะงักระหว่างการผลิต การนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในการวางแผนการผลิต เช่น การตัดกระบวนการที่ไม่จำเป็นออก การทำสต็อกสำหรับบางกระบวนการ เป็นต้น

ฝ่ายผลิต : เทคนิควิศวกรรมการผลิตช่วยให้สามารถแยกแยะสิ่งที่จำเป็นและไม่จำเป็นในกระบวนการผลิตได้ดี เช่น กระบวนการสนับสนุนการผลิตบางอย่างไม่ได้ก่อให้เกิดผลผลิตโดยตรง อาจจะสามารถตัดออกได้ เป็นต้น

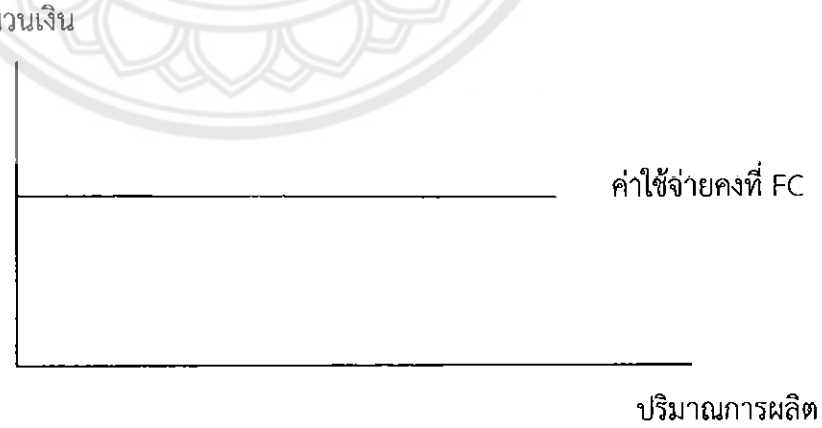
ฝ่ายคลังสินค้า : วิเคราะห์หาปริมาณการจัดเก็บและการสั่งซื้อที่ต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขว่าวัตถุดิบต้องมีเพียงพอต่อการผลิต การวาง Layout การจัดเก็บให้หาสินค้าได้ง่าย เพื่อความสะดวกในการควบคุมและการเบิกจ่าย เป็นต้น

2.9 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

จุดคุ้มทุน หมายถึง จุดที่รายรับมีค่าเท่ากับรายจ่าย หรือหมายถึงจุดที่ไม่เกิดกำไรและไม่ขาดทุน ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางเศรษฐศาสตร์ของสถานนะต่างๆ ในระยะสั้น และข้อมูลจะต้องค่อนข้างแน่นอน เพื่อการตัดสินใจที่ถูกต้อง ดังนั้น จุดคุ้มทุนจึงแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

2.9.1 ส่วนค่าใช้จ่าย (Total Cost; TC)

2.9.1.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost; FC) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรผันตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าที่ดิน ค่าเช่า ค่าใช้จ่ายรายปี เป็นต้น



รูปที่ 2.11 แสดงค่าใช้จ่ายคงที่รวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

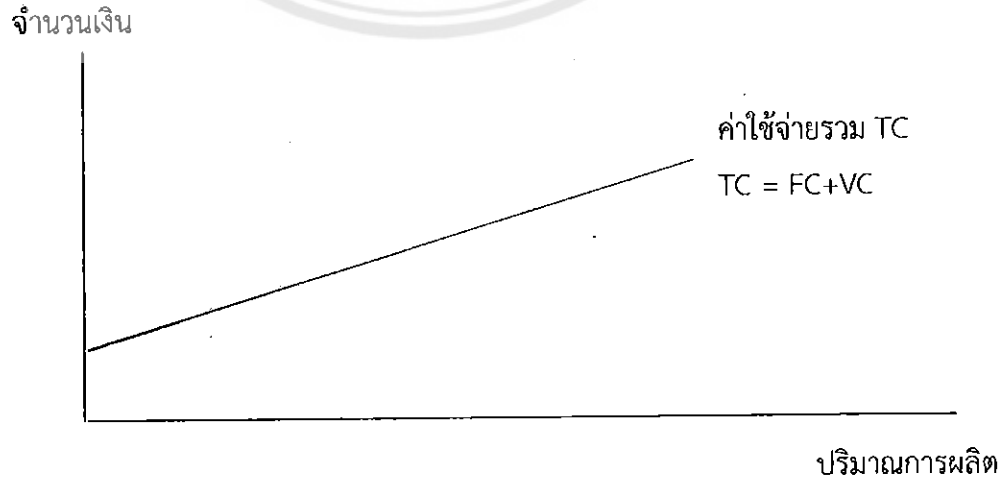
จากรูป 2.11 จะเห็นว่า ไม่ว่าจะทำการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร ค่าใช้จ่ายก็ไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต

2.9.1.2 ค่าใช้จ่ายแปรผัน (Variable Cost: VC) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่แปรผันตามปริมาณการผลิต เช่น ค่ากระดาษในร้านถ่ายเอกสาร ถ้าถ่ายเอกสารมากก็จะใช้กระดาษมากค่ากระดาษก็จะเพิ่มขึ้นตามหรือค่าแรงต่อหน่วย เป็นต้น

รูปที่ 2.12 แสดงค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ

ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นว่ากราฟที่จุด 0 หมายความว่า เมื่อยังไม่มีการผลิตเกิดขึ้น ค่าใช้จ่ายส่วนนี้ก็ยังไม่มี และเมื่อเพิ่มปริมาณการผลิต ค่าใช้จ่ายก็จะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.13 และสมการที่ 2.7

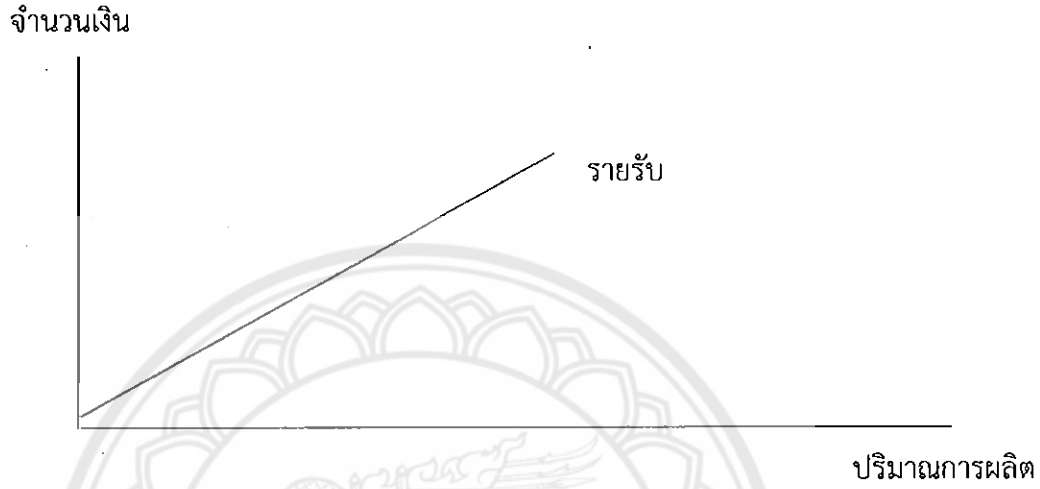


รูปที่ 2.13 แสดงค่าใช้จ่ายแปรผันรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ

ที่มา: กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

สมการค่าใช้จ่าย $TC = FC+VC$ (2.7)

2.9.1.3 ส่วนของรายได้ (Revenue; R) หมายถึง ส่วนที่เป็นรายรับหรือรายจ่ายการขาย จะได้จากราคาขายปริมาณการผลิต

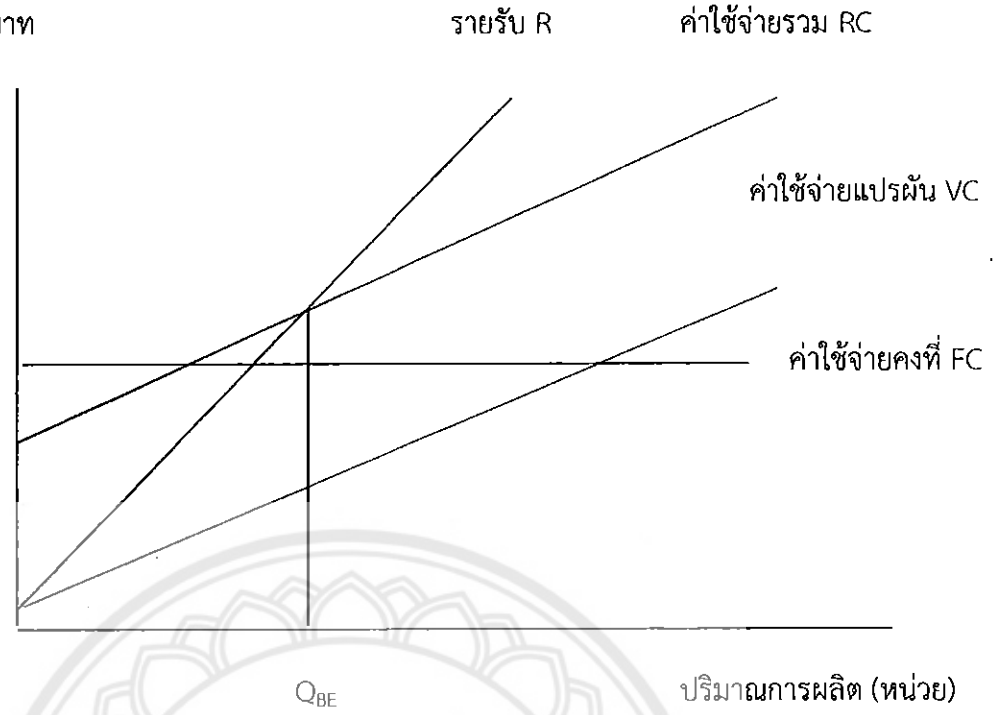


รูปที่ 2.14 แสดงรายรับรวม ณ ปริมาณการผลิตต่างๆ
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

จากรูปที่ 2.14 จะเห็นว่า กราฟเริ่มที่จุด 0 หมายความว่า เมื่อยังไม่มีการผลิตเกิดขึ้น ก็ยังไม่มีการขายสินค้า เมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นก็มีการขายสินค้าตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นนั้น

2.9.2 แผนภูมิจุดคุ้มทุน

แผนภูมิของจุดคุ้มทุน เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรายรับและรายจ่ายกับปริมาณการผลิต โดยมีแกนในแนวปริมาณการผลิต ส่วนแกนในแนวตั้งแทนค่าใช้จ่ายและรายได้ โดยในส่วนของค่าใช่จ่ายจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่และส่วนของต้นทุนแปรผัน ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนคงที่จะเป็นค่าจ่ายที่ไม่แปรผันตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต หมายความว่า จะเป็นค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่ว่าจะผลิตมากน้อยเพียงใด ในแผนภูมิส่วนของต้นทุนคงที่นี้จะเป็นเส้นตรงในแนวนอนเหนือแกนนอนขึ้นมาตามจำนวนเงินต้นทุน ส่วนค่าใช้แปรผันจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เป็นสัดส่วนโดยตรงตามปริมาณการผลิต และจะเขียนเส้นตรงมีแนวสูงตามปริมาณที่มากขึ้นในแนวนอน ส่วนเส้นรายได้จะแปรผันตามสัดส่วนปริมาณการขาย โดยจะเขียนเป็นเส้นตรงมีแนวสูงขึ้นตามปริมาณการผลิตที่มากขึ้น และจุดตัดระหว่างเส้นตรงของรายได้และเส้นตรงของค่าใช้จ่ายรวมจะเรียกว่า “จุดคุ้มทุน” (Breakeven Point; Q_{BE})



รูปที่ 2.15 แสดงจุดคุ้มทุนเชิงเส้นตรง
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

จากรูปที่ 2.15 จุดที่เส้นรายรับรวม (R) ตัดกับเส้นค่าใช้จ่ายรวม (TC) คือ จุดคุ้มทุน หมายความว่า ถ้าปริมาณการผลิตต่ำกว่าจุดคุ้มทุน (Q_{BE}) จะเกิดการขาดทุน (เส้นรายรับรวม R ต่ำกว่าเส้นค่าใช้จ่ายรวม TC) และถ้าปริมาณการผลิตสูงกว่าจุดคุ้ม (Q_{BE}) จะเกิดกำไร (เส้นรายรับรวม R สูงกว่าเว้นค่าใช้จ่ายรวม TC)

2.9.3 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณีโครงการเดียว

กรณีโครงการเดียว จุดคุ้มทุนจะเกิดจากเส้นรายรับ (R) ตัดกับเส้นค่าใช้จ่าย (TC) ซึ่งจุดนี้ สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 2.8 และสมการที่ 2.9

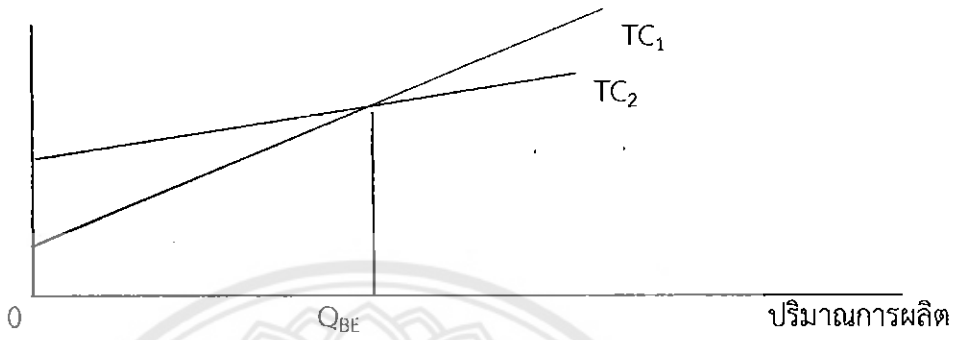
ค่าใช้จ่าย (Total Cost; TC = รายได้ (Revenue; R) **(2.8)**

โดยที่ ค่าใช้จ่ายรวม TC = ค่าใช้จ่ายคงที่ FC + ค่าใช้จ่ายแปรผัน **(2.9)**

2.9.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนระหว่างสองทางเลือก

ในกรณีที่มี 2 ทางเลือก เราสามารถใช้ในการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนมาพิจารณาตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมในปริมาณการผลิตที่ระดับต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นการตัดสินใจว่าเลือกลงทุนใน

โครงการใหม่ การตัดสินใจทดแทนทรัพย์สิน หรือการตัดสินใจว่าจะสั่งซื้อหรือจะผลิตเอง เป็นต้น จุดคุ้มทุนของสองทางเลือก จะได้จากจุดตัดระหว่างเส้นค่าใช้จ่ายรวมของทางเลือกที่ 1 ตัดกับเส้นค่าใช้จ่ายรวมของทางเลือกที่ 2 ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงจุดคุ้มทุนกรณีสองทางเลือก
ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

หลักการวิเคราะห์จุดคุ้มทุนกรณี 2 ทางเลือก

2.9.4.1 กำหนดตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องโดยกำหนดจุดคุ้มทุนเป็นตัวแปร Q_{BE}

2.9.4.2 หาค่าใช้จ่ายรวมของทางเลือกที่ 1 โดยจัดให้อยู่ในรูป AW ซึ่งจะได้ สมการดังนี้

$$TC_1 = FC + VC = -P_1(A/P,i\%,n) - AOC_1 + SV_1(A/F, i\%, n) - VC_1 \qquad (2.10)$$

2.9.4.3 หาค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนรวมของทางเลือกที่ 2 โดยจัดให้อยู่ในรูป AW ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$TC_2 = FC + VC = -P_2(A/P,i\%,n) - AOC_2 + SV_2(A/F, i\%, n) - VC_2 \qquad (2.11)$$

2.9.4.4 นำค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนรวมของแต่ละทางเลือกมาเข้าสมการโดยจับให้เท่ากัน (อยู่คนละด้านของสมการ) ดังสมการที่ 2.12

$$TC_1 = TC_2 \qquad (2.12)$$

2.9.4.5 แก้สมการหาจุดคุ้มทุน (หา Q_{BE})

2.9.4.6 เขียนกราฟแสดงจุดคุ้มทุนแล้ววิเคราะห์ผลโดยสรุปจากจุดคุ้มทุนที่หาได้

ตัวอย่าง ก. บริษัทแห่งหนึ่ง ได้วางนโยบายเกี่ยวกับการรักษาความสะอาดภายในตึก โดยได้มีผู้นำเสนอ 2 โครงการ คือ โครงการที่ 1 ซื้อรถทำความสะอาดขนาดเล็กในคา 75, 000 บาท อายุการใช้งาน 15 ปี มูลค่าซก 1,500 บาท ค่าใช้จ่ายรายปี 6,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน 30 บาทต่อวัน โครงการที่ 2 คือ เช่าเครื่องทำความสะอาดเป็นรายวันในอัตราค่าเช่า 210 บาทต่อวัน ถ้า MARR = 12% ต่อปี อยากทราบว่าบริษัทนี้ควรซื้อรถทำความสะอาดขนาดเล็ก เมื่อแผนกการทำงานของบริษัทเป็นกี่วันต่อปี

วิธีทำ ให้จุดคุ้มทุนของบริษัทเท่ากับทำงาน Q_{BE} วัน/ปี

โครงการที่ 1

$$FC1 = -75{,}000(A/P, 12\%, 15) + 1{,}500(A/F, 12\%, 15) - 6{,}000$$

$$= -75{,}000(0.1468) + 1{,}500(0.0268) - 6{,}000 = -16969.8$$

$$VC1 = -30QBE$$

$$TC1 = -16969.8 - 30Q_{BE}$$

โครงการที่ 2

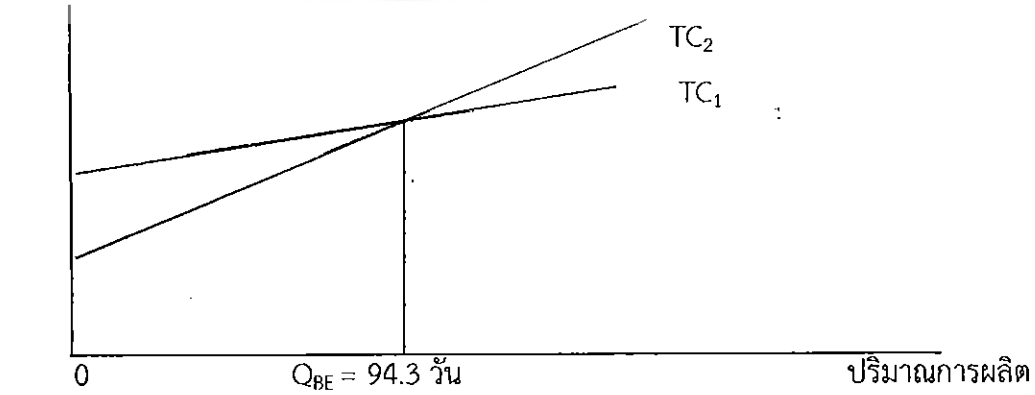
$$TC2 = -210Q_{BE}$$

สมการจุดคุ้มทุน $TC1 = TC2$

$$-16,\ 969 - 30Q_{BE} = -210Q_{BE}$$

$$Q_{BE} = 94.3 \text{ วัน/ปี}$$

กราฟแสงจุดคุ้มทุน ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงกราฟจุดคุ้มทุน

ที่มา : กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 2557

<u>วิเคราะห์</u> จากกราฟแสดงจุดคุ้มทุน ถ้าบริษัทวางแผนกการทำงานต่อปีต่ำกว่า 94.3 วัน บริษัทควรเลือกโครงการที่ 2 (จ้างบริษัท) แต่แผนกการทำงานของบริษัทสูงกว่า 94.3 วัน/ปี บริษัทควรเลือกใช้โครงการที่ 1 (ซื้อรถทำความสะอาด)

2.9.5 คำอธิบายเพิ่มเติม

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

อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่พึงพอใจ หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ต่ำที่สุดที่เราพอใจ ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนที่ประเมินขึ้นหรือตั้งขึ้นมา ทั้งนี้จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละโครงการว่าหวังผลตอบแทนจากโครงการมากหรือน้อยแค่ไหน

2.9.5.2 มูลค่าเทียบเท่า ณ ช่วงเวลาต่างๆ

ก. มูลค่าเทียบเท่าปีปัจจุบัน (Present Worth; PW) หมายถึง มูลค่าเทียบเท่าของเงินทั้งระบบ ณ ปีที่ 0

ข. มูลค่าเทียบเท่ารายปี (Annual Worth; AW) มูลค่าเทียบเท่าของเงินทั้งระบบกระจายไปในปีต่างๆ ด้วยจำนวนที่เท่ากันในแผนผังกระแสเงินสด ตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ n[1]

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

2.10 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 รถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้

ฉัตรชัย รุ่งชื่น และอรรถกร อุษณรัสมี ได้ทำการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้ขึ้นมา เนื่องจากปัจจุบันชาวสวนผลไม้มีปัญหาในการเก็บ ห่อ ตัดแต่งกิ่ง ฉีดยาฆ่าแมลง และการบรรทุกผลไม้ ซึ่งทำได้ยากลำบากในที่สูง ดังนั้นจึงทำรถเข็นอเนกประสงค์มาเพื่อลดความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งขั้นตอนการทำงานของรถเข็นอเนกประสงค์นั้นมีดังนี้

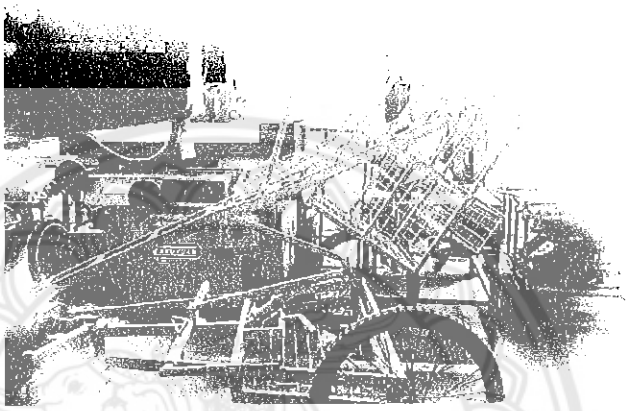
2.10.1.1 ถ้ารถเข็นอเนกประสงค์อยู่ ณ ตำแหน่งที่จะใช้งานดึงขาค้ำทั้งสองข้างเพื่อยึดฐานให้มั่นคง

2.10.1.2 ปั้มแม่แรงที่ติดที่รถเข็นอเนกประสงค์ขึ้นจนถึง ณ ระดับตำแหน่งความสูงที่ต้องการใช้งาน

2.10.1.3 ปีนขึ้นบันไดของรถเข็นอเนกประสงค์ที่ติดอยู่กับตัวรถเข็นอเนกประสงค์เพื่อเข้าไปในกระเช้าที่มีความปลอดภัยต่อการปฏิบัติงาน

2.10.1.4 ถ้าเลิกใช้งานก็ปลดสลักแม่แรงที่ติดอยู่ที่ตัวรถเข็นอเนกประสงค์ออก กระเช้าของรถเข็นอเนกประสงค์จะค่อยๆ ลดระดับลงมาจนถึงระดับปกติ

โดยระบบขับเคลื่อนรถเข็นอเนกประสงค์เป็นรถเข็นอเนกประสงค์แบบ 3 ล้อ ดังนั้นจึงใช้เป็นระบบการรากจูง ทางด้านหน้าของตัวรถเข็นอเนกประสงค์ เพื่อการเคลื่อนที่ไป ณ ตำแหน่งที่จะใช้งาน และในการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์นั้นรถเข็นอเนกประสงค์มีขนาดรถ 130 x 210 x 230 เซนติเมตร ขนาดกระเช้า 50 x 50 x 80 เซนติเมตร กระเช้ายกได้สูงจากพื้น 2.30 เมตร และสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 500 กิโลกรัม ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 รถเข็นอเนกประสงค์ในส่วนผลไม้

2.10.2 รถเข็นวัสดุก่อสร้าง

ธนากร กลีบจำปา และอนันต์ อินเมฆ ได้ทำการสร้างรถเข็นวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากการมองปัญหาในปัจจุบันพบว่า การปฏิบัติงานตามโครงการก่อสร้างยังคงต้องใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลักในการขนย้ายวัสดุก่อสร้าง เช่น หิน ทราย กรวด อิฐ เป็นต้น รถเข็นจึงเป็นส่วนสำคัญในการย้ายวัสดุก่อสร้าง แต่ต้องใช้แรงงานมนุษย์ช่วยในการเข็นรถเข็น จึงมีการออกแบบรถเข็นโดยนำมอเตอร์ไฟฟ้ามาเป็นตัวในการขับเคลื่อน เพื่อลดปัญหาการเมื่อยล้าจากการทำงานและให้การทำงานเป็นไปได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยรถเข็นวัสดุก่อสร้างสามารถบรรทุกน้ำหนักสูงสุดที่ 150 กิโลกรัม รวมถึงน้ำหนักผู้ใช้งานด้วย และความเร็วการขับเคลื่อนสูงสุดที่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนระบบส่งกำลังได้มีการออกแบบเพลาตลับลูกปืน และการติดตั้งมอเตอร์ ให้สามารถให้รองรับน้ำหนักบรรทุกได้และง่ายต่อการใช้งาน ดังรูปที่ 2.19

รูปที่ 2.19 รูปรถเข็นวัสดุก่อสร้าง

2.10.3 รถเกษตรอเนกประสงค์

ฉัตรชัย มาอ่อน และฐิติพงษ์ มงคลทิพย์ ได้ทำการสร้างรถเกษตรอเนกประสงค์ขึ้นมาเพื่อให้มารถปฏิบัติงานได้หลายอย่างในเครื่องเดียว เพื่อลดแรงงานและขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ซึ่งการทำงานของรถเกษตรอเนกประสงค์มี ดังนี้ สามารถตัดหญ้า พ่นยาฆ่าแมลง และ ปั้มน้ำได้ ซึ่งการทำงานในแต่ละส่วนนั้นทำงานได้เป็นส่วนๆ ไม่ขัดกัน และยังมีระบบไฟ ระบบบังคับแขนกลที่สามารถเปิด-ปิดได้สะดวก ในการสร้างรถเกษตรอเนกประสงค์นั้นได้นำแนวคิด และลักษณะการปฏิบัติงานทางเกษตรมาประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยี โดยการนำเอาอุปกรณ์ทางการเกษตรที่เกษตรกรมีอยู่อาทิ เช่น รถตัดหญ้า เครื่องพ่นยาฆ่าแมลง และ ปั้มน้ำ มาออกแบบแล้วสร้างรถเกษตรอเนกประสงค์ขึ้นซึ่งง่ายต่อการบำรุงรักษา และในการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์นั้นสามารถเร่งความเร็วรอบต่ำสุดที่ 800 รอบต่อนาทีและสูงสุดอยู่ที่ 2800 รอบต่อนาที รถเกษตรอเนกประสงค์มีความกว้าง 83.30 เซนติเมตร ยาว 256.47 เซนติเมตรและสูง 178.66 เซนติเมตร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

ในการดำเนินงาน คณะผู้ดำเนินโครงงานจะดำเนินโครงงานตามลำดับดังนี้ (สามารถดูแผนผังวิธีการดำเนินงานได้ดังรูปที่ 3.1)

3.1 ศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบรถเข็นอเนกประสงค์

ทำการศึกษาและเก็บรวมรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์ การออกแบบโครงสร้าง วัสดุที่ใช้ หลักการที่จะใช้พัฒนารถเข็นอเนกประสงค์ให้มีหน้าที่การใช้งานมากขึ้น หรือพัฒนาจากรุ่นก่อนหน้า รวมถึงปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับรถเข็นอเนกประสงค์

3.1.1 ศึกษาสภาพปัญหาการทำงานของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า

3.1.1.1 รถเข็นอเนกประสงค์มีขนาดกว้างและยาวเกินไป ไม่สะดวกต่อการขนส่ง

3.1.1.2 ระบบการยกกระเช้า สามารถยกได้ต่ำเกินไป

3.1.1.3 ระบบการขับเคลื่อน โดยใช้การลากจูงยังไม่ดีเท่าที่ควร

3.1.2 ศึกษาโครงสร้างหลักต่างๆ ของรถเข็นอเนกประสงค์

3.1.2.1 โครงสร้างที่ใช้รองรับน้ำหนัก

3.1.2.2 ส่วนของกระเช้ายกระดับ

3.1.2.3 การยกปรับระดับคาน

3.1.2.4 ระบบขับเคลื่อนของรถเข็น

3.1.2.5 ระบบป้องกันความปลอดภัย

3.1.2.6 การเลือกใช้ล้อรถ

3.1.3 การวิเคราะจุดอ่อน จุดแข็ง ของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า ก่อนนำมาพัฒนา

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง ของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า

รายละเอียดรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า	จุดอ่อน	จุดแข็ง	หมายเหตุ
ระบบขับเคลื่อน		/	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ ง่ายกว่าการขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อ
ขนาดรถ	/		มีขนาดความกว้างและยาวจนเกินไป

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) วิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง ของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า

รายละเอียดรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า	จุดอ่อน	จุดแข็ง	หมายเหตุ
ขนาดกระเช้า		/	ได้มาตรฐานความปลอดภัยอยู่แล้ว
กระเช้ายกได้สูงจากพื้น 2.30 เมตร	/		สามารถยกได้ต่ำเกินไป
ความปลอดภัยในการขึ้นกระเช้า	/		มีความปลอดภัยต่ำเกินไป
การขนส่ง	/		ขนาดรถยาวเกินไปจึงขนส่งยากลำบาก
รูปลักษณ์ตัวรถเป็นสามเหลี่ยม		/	สามารถเข้าในซอกแคบได้
น้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์		/	มีน้ำหนักเบาอยู่แล้ว

สรุปการวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง

สิ่งที่ต้องปรับปรุงในรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่าให้ดีขึ้น มีดังต่อไปนี้

ก. ขนาดของตัวรถ

ข. กระเช้าสามารถยกได้สูงขึ้นจากเดิม 2.3 เมตร เป็น 3.5 เมตร

ค. ความปลอดภัยในการขึ้นกระเช้า

ง. การขนส่ง

3.2 ออกแบบรถเข็นอเนกประสงค์

เมื่อได้ข้อมูลแล้วทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นหัวข้อต่างๆ โดยการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้เป็นลำดับและเป็นระบบ รวมทั้งหาข้อมูลลักษณะโครงสร้างต่างๆ และระบบการทำงานที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.2.1 ออกแบบโครงสร้าง

จะเลือกใช้โครงสร้างตัวรถเป็นรูปสามเหลี่ยม ซึ่งถ้าเลือกใช้โครงสร้างสี่เหลี่ยมจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนกว่าในเรื่องการออกแบบและสร้างระบบบังคับเลี้ยว โดยโครงสร้างสามเหลี่ยมแบบเก่ายังมี ข้อดี สามารถลากเข้าไปในพื้นที่ที่เป็นมุม หรือเหมาะแก่การเก็บผลไม้ในสวนหรือซอกแคบบริเวณสำนักงาน และสามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่าโครงสร้างสี่เหลี่ยม ซึ่งจะกินแรงมากกว่า โดยตัวรถได้มีการออกแบบให้ถอดชิ้นส่วนประกอบได้ เพื่อง่ายต่อการขนส่งด้วยรถกระบะทั่วไป โดยตัวโครงสร้างทั้งหมดจะมีน้ำหนักไม่เกิน 180 กิโลกรัม

3.2.2 ออกแบบระบบขับเคลื่อน

ใช้ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อ โดยใช้เพียงล้อหลัง 2 ล้อและล้อหน้าเพียงล้อเดียวในส่วนของล้อหน้าจะเป็นล้อที่ใช้บังคับทิศทางในการเลี้ยว ระบบขับเคลื่อนโดยใช้สามล้อในส่วนของล้อหลังทั้งสองล้อจะมีขนาดใหญ่กว่าล้อหน้า เพราะต้องรับแรงและน้ำหนักมากกว่าล้อหน้า

3.2.3 ออกแบบระบบยกกระเช้า

การยกกระเช้าจะใช้แม่แรงที่มีการเสริมฐานที่แม่แรงกระปุก และใช้การยกแบบ 2 ช่วง เพื่อให้กระเช้าสามารถยกได้สูงที่ 3.5 เมตร เพราะส่วนมากระดับการทำงานในที่สูงจะอยู่ประมาณที่ต่ำสุด 1 เมตร จนถึงระยะสูงสุด 3.5 เมตร และสามารถรับน้ำหนักได้ที่ 600 กิโลกรัม

3.2.4 ออกแบบตัวกระเช้า

การออกแบบในส่วนนี้ ตัวของกระเช้าจะออกแบบให้มีความสูงประมาณ 85 เซนติเมตร กว้าง 75 เซนติเมตร เพื่อให้ป้องกันการตกกระเช้าของผู้ปฏิบัติงานและสามารถทำงานได้อย่างคล่องตัวเมื่ออยู่บนกระเช้า ในส่วนของกระเช้าสามารถถอดออกจากตัวรถได้เพื่อความสะดวกในการขนย้าย และมีพื้นที่ที่ใช้ในการวางเป้ฉีดยา เพื่อลดความเมื่อยล้าในการทำงานบนกระเช้า

3.2.5 ออกแบบระบบความปลอดภัย

ในการออกแบบระบบความปลอดภัย ในส่วนของโครงสร้างนี้ได้ออกแบบเป็นสองจุด คือ จุดแรกระบบป้องกันการตกจากกระเช้า โดยเมื่อเข้าและออกจากกระเช้าจะมีเหล็กกั้นสามารถเปิดปิดได้ และราวบันไดในการปีนขึ้นกระเช้าจะมีราวจับ เพื่อป้องกันการตก จุดที่ 2 คือระบบขาค้ำ การออกแบบในส่วนนี้จะทำเป็นขาเหล็กอยู่ทั้งสองด้านของตัวรถเข็น ซึ่งขาค้ำนี้สามารถพับเก็บได้และมีระยะความยาวออกไปข้างละ 1.5 เมตร เป็นระยะที่สามารถทำให้รถมีความแข็งแรงในการค้ำยันได้ ซึ่งจะช่วยป้องกันการโคลงหรือคว่ำขณะปฏิบัติงาน

3.3 จัดหาวัสดุและอุปกรณ์

3.3.1 หาข้อมูลราคาวัสดุ

เมื่อทราบแล้วว่าใช้วัสดุอะไรบ้างก็ดำเนินการหาวัสดุตามร้านจำหน่ายวัสดุต่างๆ แล้วนำราคามาเปรียบเทียบกันว่าที่ไหนราคาถูกกว่ากัน และมีประสิทธิภาพดีกว่ากัน

3.3.2 สรุปรายการวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

เมื่อได้ข้อมูลวัสดุมาแล้วก็จัดทำรายการวัสดุว่าต้องใช้อะไรบ้าง จำนวนเท่าไหร่ ราคาเท่าไหร่ แล้วก็กำหนดราคาออกมา

3.3.3 จัดซื้อ จัดหาวัสดุและอุปกรณ์

ทำการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ตามที่วางแผนไว้ให้ครบถ้วน

3.4 สร้างรถเข็นอเนกประสงค์

3.4.1 สร้างโครงสร้าง

ดำเนินการสร้างโครงสร้างตามที่วางแผนไว้ จะสร้างโครงสร้างออกมาเป็นสองส่วน คือ ส่วนล่าง จะใช้ในการวางระบบต่างๆ และในส่วนบนจะมีไว้เพื่อจัดวางกระเช้า

3.4.2 สร้างระบบขับเคลื่อน

สร้างระบบขับเคลื่อนโดยนำเอาล้อรถเข็นขนาด 36 นิ้ว ต่อเข้ากับโครงสร้างรถ โดยใช้เป็นล้อหลังสองล้อ ส่วนในด้านหน้าจะใช้เป็นล้อขนาด 12 นิ้ว ในการขับเคลื่อน และการบังคับเลี้ยว จะใช้คอรถอิสระในการบังคับเลี้ยว และยังสามารถถอดล้อหน้าออกแล้วต่อพ่วงกับรถไถโดยมีข้อต่อยึดไว้

3.4.3 ระบบคานยกกระเช้า

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างให้คานยกสามารถยกกระเช้าให้มีระดับความสูงตามที่ได้วางแผนไว้ โดยต้องเริ่มที่การออกแบบในส่วนของการยกคาน โดยทำการออกแบบให้แม่แรงสามารถพับเก็บตัวเองได้และเพิ่มความสูงของแม่แรง โดยการออกแบบเหล็กให้เป็นระบบบานพับเชื่อมเข้ากับปลายของแม่แรง เพื่อเพิ่มระดับความสูงของกระเช้า โดยรถเข็นและคานยังเกิดความสมดุลเมื่อกระเช้ายกสูงที่สุด

3.4.4 การจัดวางแม่แรง

นำแม่แรงมาประกอบเข้ากับโครงสร้างรถตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้

3.4.5 สร้างตัวกระเช้า

ทำการสร้างกระเช้าโดยออกแบบให้ตัวกระเช้ามีขนาดความกว้าง และความสูงที่เหมาะสมแล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งส่วนของกระเช้าจะมีเหล็กกั้นเป็นประตูเปิด-ปิด ก่อนเข้ากระเช้า ซึ่งตัวกระเช้าจะใช้เหล็กเหลี่ยมทำเป็นโครงกระเช้า และใช้ลวดหยิกในการสานรอบกระเช้า

3.4.6 สร้างระบบความปลอดภัย

3.4.6.1 สร้างตัวค้ำยันกันโค่น

สร้างขาค้ำยันในการป้องกันการโค่นล้มจากการทำงานขณะอยู่บนกระเช้า โดยทำการติดตั้งบริเวณด้านข้างทั้งสองของโครงรถเข็น

3.4.6.2 สร้างราวจับ

การสร้างราวจับในส่วนนี้จะออกแบบมาเพื่อป้องกันการตกของผู้ปฏิบัติงานขณะปฏิบัติงาน โดยจะออกแบบราวจับให้อยู่รอบๆ ของตัวกระเช้า

3.5 ทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์

3.5.1 ทดสอบระบบต่างๆ

ทำการทดสอบระบบขับเคลื่อน ระบบยกกระเช้าและทดสอบการทำงานบนกระเช้า โดยการทดสอบการเก็บผลไม้ การห่อผลไม้ การฉีดพ่นยาฆ่าแมลง เป็นต้น แล้วนำเอาข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาทำการบันทึกผล

3.5.2 สรุปข้อดีข้อเสีย

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลใบประเมินจากเจ้าของสวน และเจ้าหน้าที่สำนักงาน ว่ามีความพึงพอใจในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์ เพื่อมาวิเคราะห์หาจุดที่บกพร่องและปรับปรุงแก้ไข

3.6 ปรับปรุงและแก้ไข

นำจุดที่ยังทำงานบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

3.7 จัดทำคู่มือรถเข็นอเนกประสงค์

เนื้อหาของคู่มือจะประกอบไปด้วย ส่วนประกอบของรถเข็นอเนกประสงค์ ขั้นตอนและวิธีการใช้งาน และวิธีการบำรุงรักษา

รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีการดำเนินงาน

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

4.1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูลนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลและศึกษาข้อมูลเป็นส่วนต่างๆ เช่น ส่วนของโครงสร้างรถ ส่วนระบบขับเคลื่อน และระบบยกกระเช้า

4.2 การออกแบบ

การออกแบบนั้นแบ่งออกเป็น การขับเคลื่อนใช้ระบบ 3 ล้อ มีข้อดี คือลดขั้นตอนในส่วนของการสร้างและออกแบบโครงสร้าง การขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อมีข้อดี คือทำให้ผู้ใช้สะดวกในการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีพ่วง เนื่องมาจากสภาพในสวนผลไม้มีพื้นที่แคบ จึงทำได้ยากในการเข้าไปเก็บเกี่ยวห่อผลไม้ หรือฉีดยาฆ่าแมลง โครงสร้างสามเหลี่ยมจึงมีข้อดีในส่วนที่สามารถซอกซอนเข้าไปในส่วนที่ทำงานได้ยากลำบาก และสามารถเข้าถึงจุดต่างๆได้อย่างทั่วถึง และได้มีการออกแบบให้รถมีการถอดประกอบได้เพื่อง่ายต่อการขนส่งในท้ายรถกระบะไม่มีแคบ และยังสามารถต่อพ่วงรถไถได้อีกด้วย

4.2.1 ข้อดีของการระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ

4.2.1.1 รัศมีวงเลี้ยวแคบกว่าการขับเคลื่อนระบบ 4 ล้อ

4.2.1.2 การซ่อมบำรุงง่ายกว่า

4.2.1.3 การบังขับเลี้ยวง่ายกว่าแบบ 4 ล้อ และโครงสร้างแบบ 3 ล้อ มีต้นทุนที่ประหยัดกว่า และง่ายต่อการออกแบบ

4.2.1.4 มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย

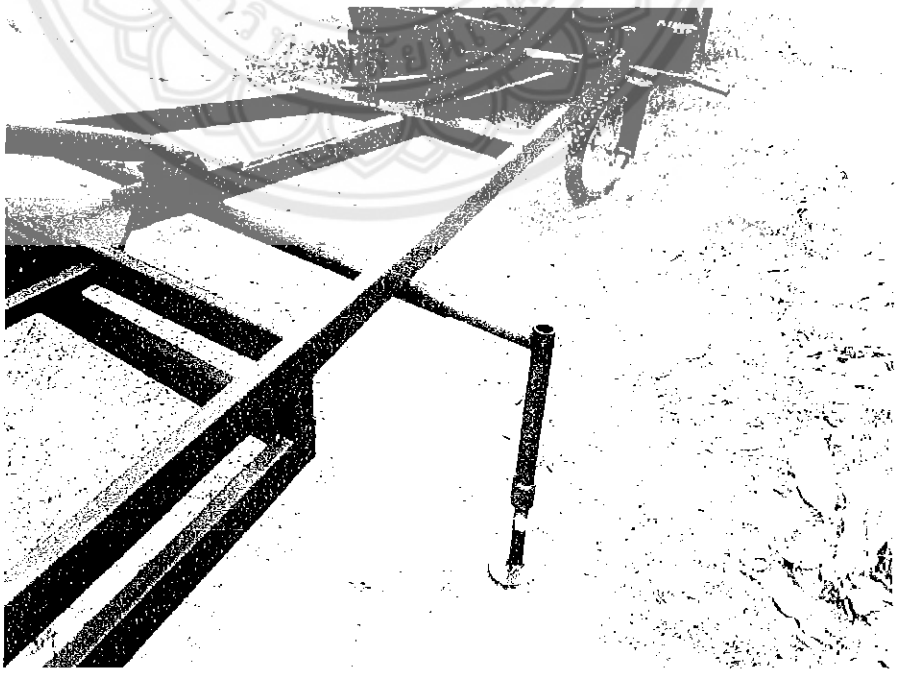
4.2.2 หน้าที่ใช้สอย

ในส่วนของหน้าที่ใช้สอย จะออกแบบให้มีความหลากหลาย เช่น ด้ามจับสำหรับใช้ในการลากรถเข็น ล้อหน้าและล้อหลังสามารถถอดเข้าถอดออกได้ เพื่อสะดวกต่อการใส่ท้ายรถกระบะแบบไม่มีแคบได้ และล้อหน้าสามารถต่อพ่วงรถไถได้ ส่วนบนกระเช้ามีพื้นที่วางอุปกรณ์และเป้ฉีดยา เพื่อลดความเมื่อยล้าในการทำงาน

รูปที่ 4.1 แสดงในส่วนของการออกแบบหน้าที่ใช้สอย

4.2.3 ความปลอดภัย

จะทำการออกแบบเป็น 2 ส่วน คือในส่วนแรกทางเข้ากระเช้าจะมีตัว เปิด – ปิด เวลาเข้าออกและในส่วนที่ 2 จะออกแบบให้มีขาค้ำยันเพื่อป้องกันการโค่นล้มขณะทำงาน

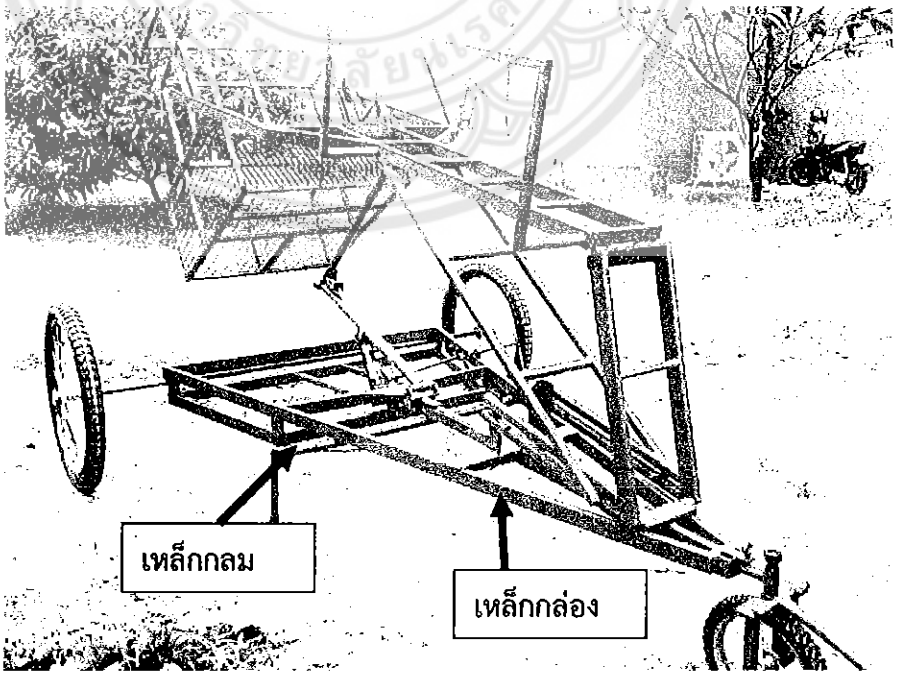


รูปที่ 4.2 แสดงขาค้ำยันรถเข็นอเนกประสงค์

รูปที่ 4.3 ประตูเปิด – ปิดกระเช้า

4.2.4 ความแข็งแรง

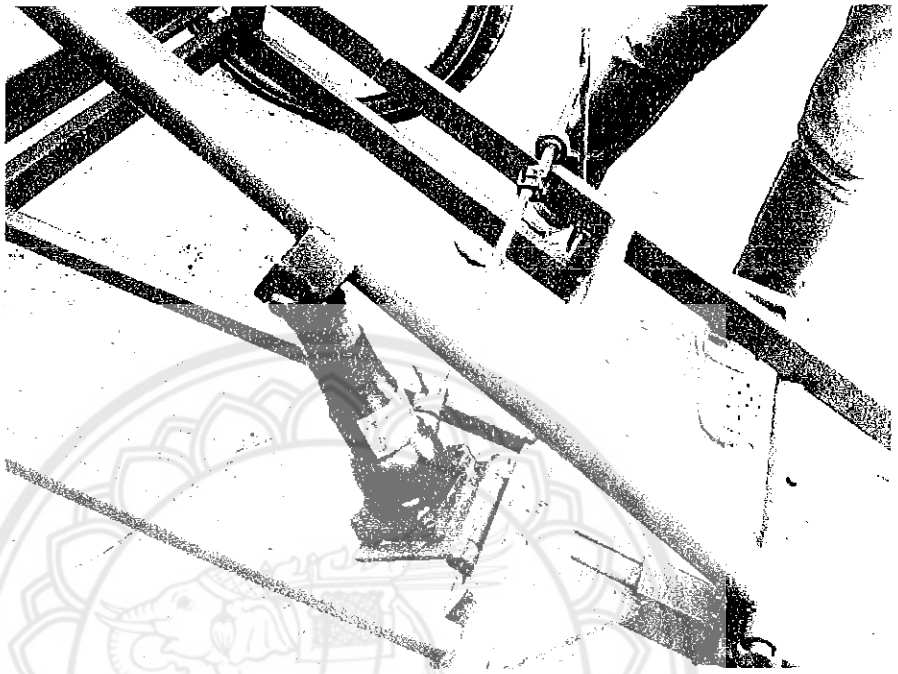
จะเลือกใช้เหล็กในการทำโครงสร้างต่างๆ โดยหลักจะใช้เหล็กกล่องและเหล็กกลมในการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2



รูปที่ 4.4 แสดงเหล็กกลมและเหล็กกล่อง

4.2.5 ความสะดวกสบายในการใช้งาน

ออกแบบให้ขาค้ำยันอยู่ทั้งสองด้านของตัวรถเข็นซึ่งสามารถพับเก็บได้ และกระปุกแม่แรงสามารถพับเก็บได้เมื่อกระเช้าลดตัวลง

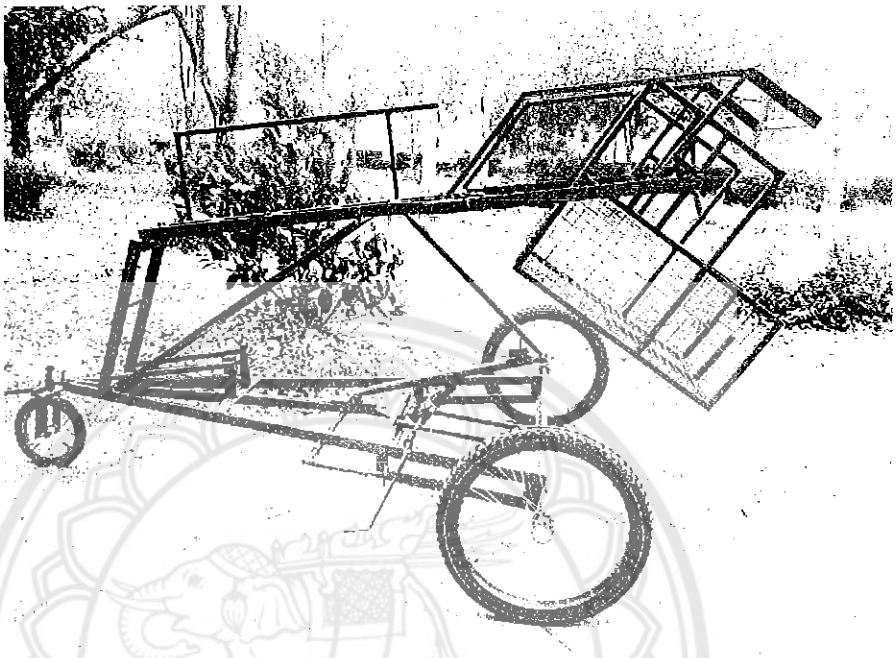


รูปที่ 4.5 แสดงการพับเก็บแม่แรง

รูปที่ 4.6 ขาค้ำพับเก็บได้

4.2.6 ความสวยงาม

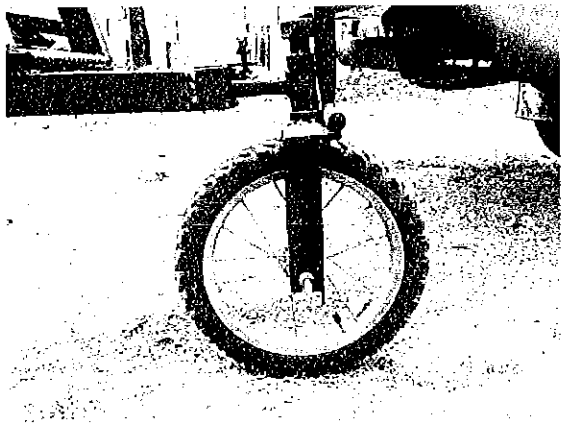
ด้านความสวยงามเราจะเลือกใช้สีแดงเป็นสีตัวรถ จะทำให้รถเข็นมีสีสันสดใสสามารถมองเห็นได้ชัดเจน



รูปที่ 4.7 สีของตัวรถเข็น

4.2.7 ราคาพอสมควร

ในด้านราคาเราจะเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างและการใช้งาน อย่างเช่น การเลือกใช้เหล็กจะเลือกใช้เหล็กที่มีขนาดสมดุลกับการใช้งาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในส่วนของวัสดุ ในส่วนของล้อหน้าที่ใช้ในการบังคับ ทำการเลือกใช้เป็นล้อขนาด 12 นิ้ว ที่มีความแข็งแรงและมีความประหยัดกว่า

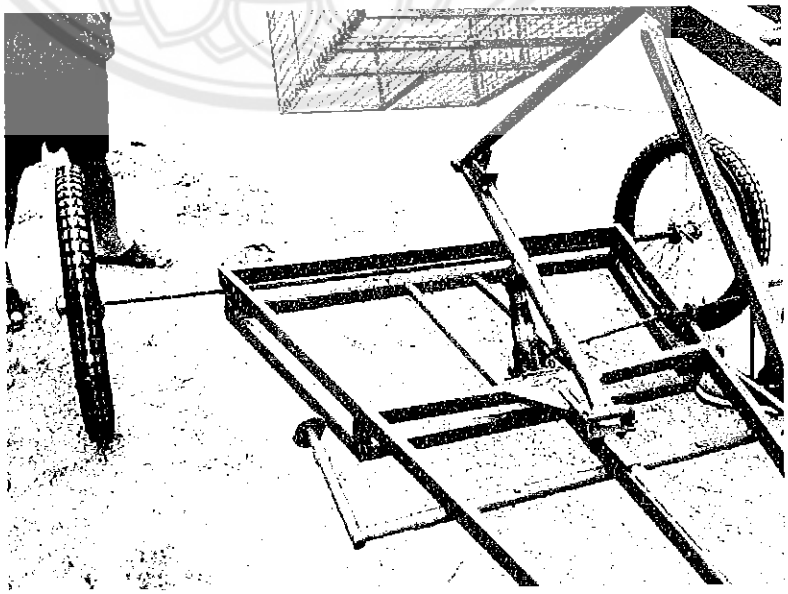


รูปที่ 4.8 ล้อหน้าขนาด 12 นิ้ว

4.2.8 การซ่อมแซมง่าย

การซ่อมแซมจะหลีกเลี่ยงการใช้ชิ้นส่วนที่สามารถเสียได้ง่ายหรือมีราคาแพง อย่างเช่น การเลือกใช้เหล็กกลม ในการแทนตลับลูกปืนในส่วนของคานยกกระเช้า และเลือกใช้ล้อรถเข็นที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด

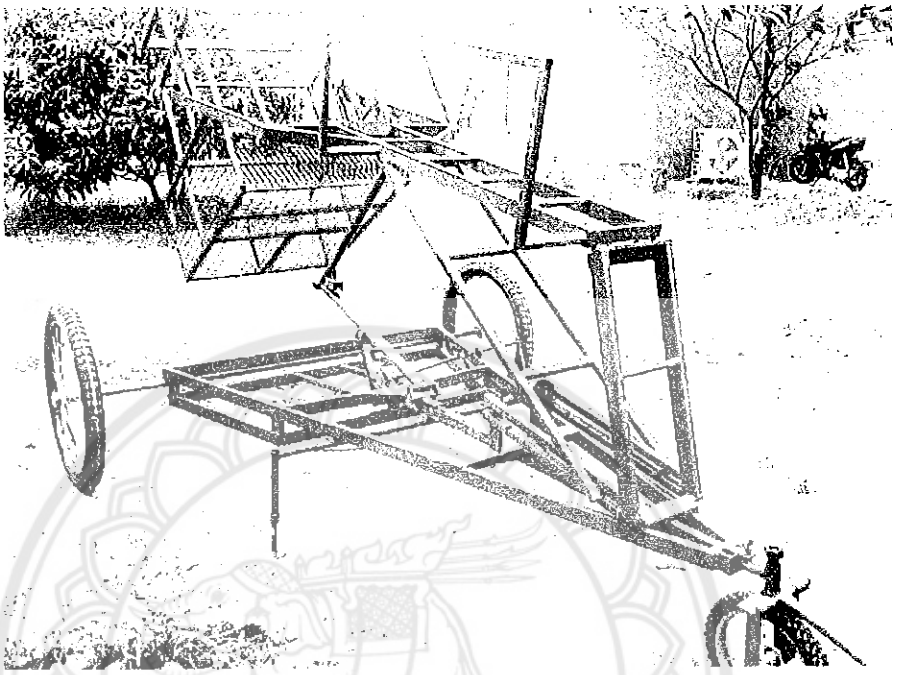
รูปที่ 4.9 ส่วนของระบบแม่แรงและคานยกกระเช้า



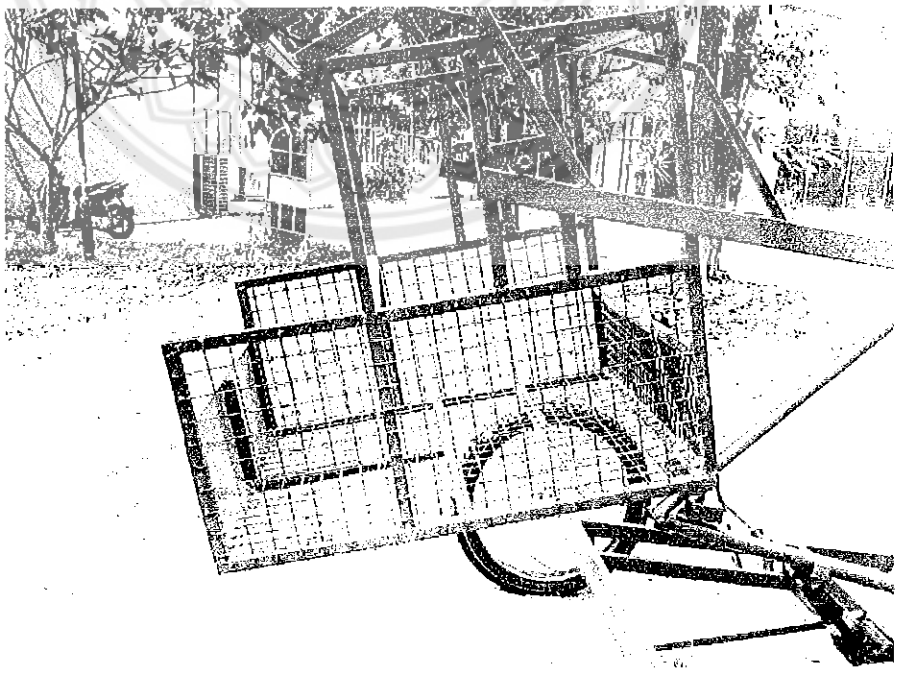
รูปที่ 4.10 ส่วนล้อรถเข็น

4.2.9 วัสดุและวิธีการผลิต

จะเลือกใช้วัสดุส่วนใหญ่เป็นเหล็ก และชิ้นส่วนบางอย่างสามารถหาซื้อได้ง่าย โดยการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อม



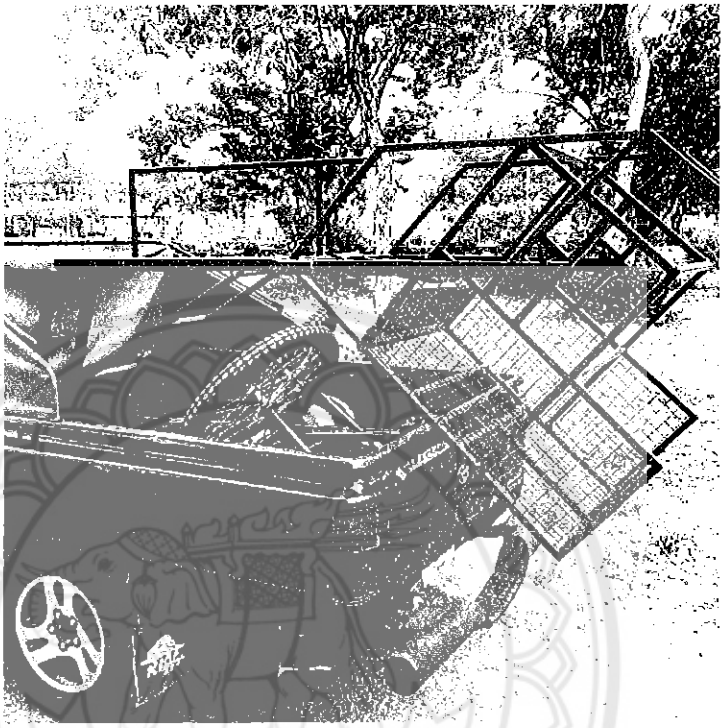
รูปที่ 4.11 โครงสร้างรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2



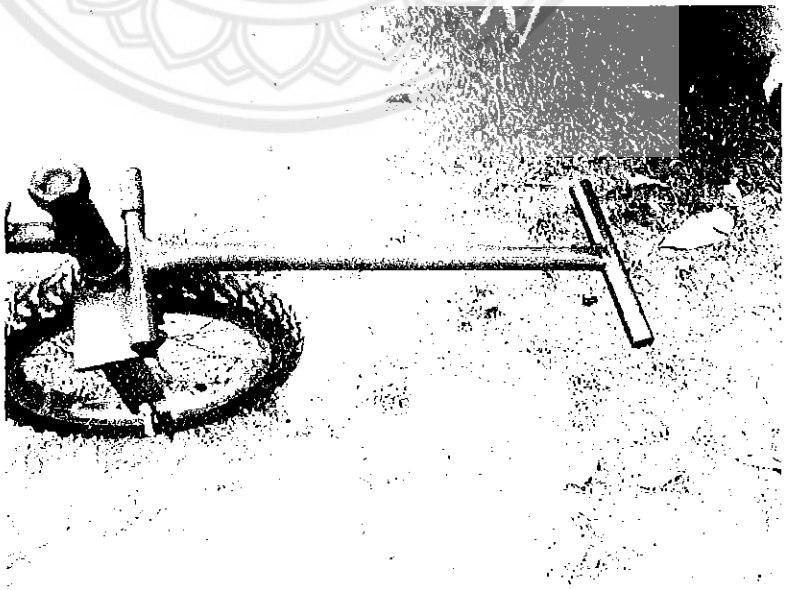
รูปที่ 4.12 การขึ้นรูปตัวกระเช้า

4.2.10 การขนส่ง

การเคลื่อนย้ายสามารถทำได้โดยการบรรทุกขึ้นรถกระบะ ซึ่งสามารถถอดล้อและกระเช้าได้ ซึ่งทำให้การเคลื่อนย้ายสะดวกมากขึ้น และประหยัดพื้นที่



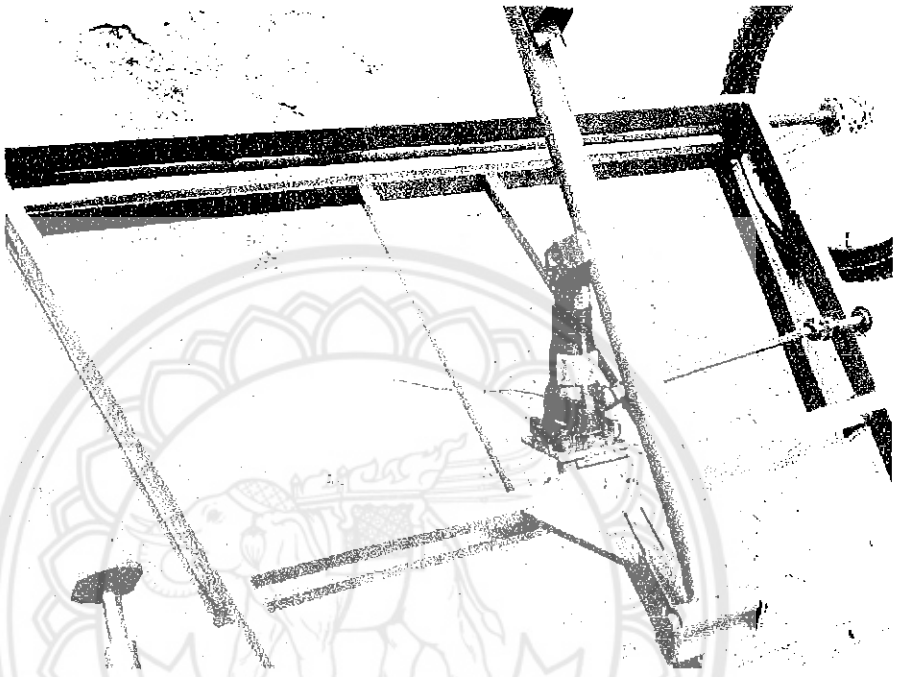
รูปที่ 4.13 วิธีการเคลื่อนย้ายโดยรถกระบะ



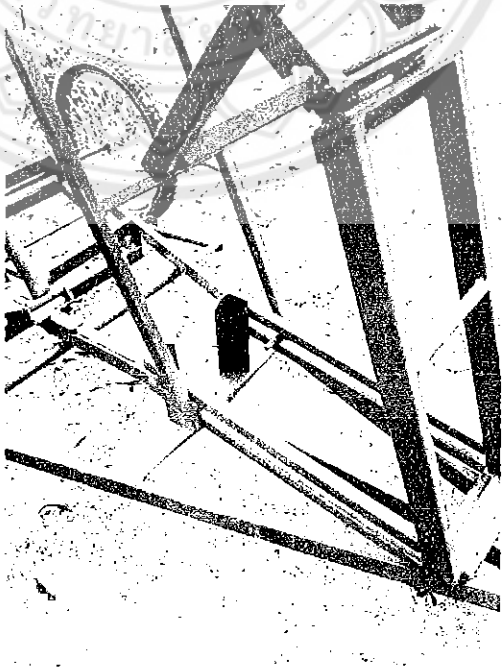
รูปที่ 4.14 ด้ามจับที่ใช้ลากจูง

4.3 การสร้างรถเข็นอเนกประสงค์

4.3.1 ส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นอเนกประสงค์และที่ค้ำฐานด้านหน้า (สามารถดูแบบได้ในภาคผนวก ค)

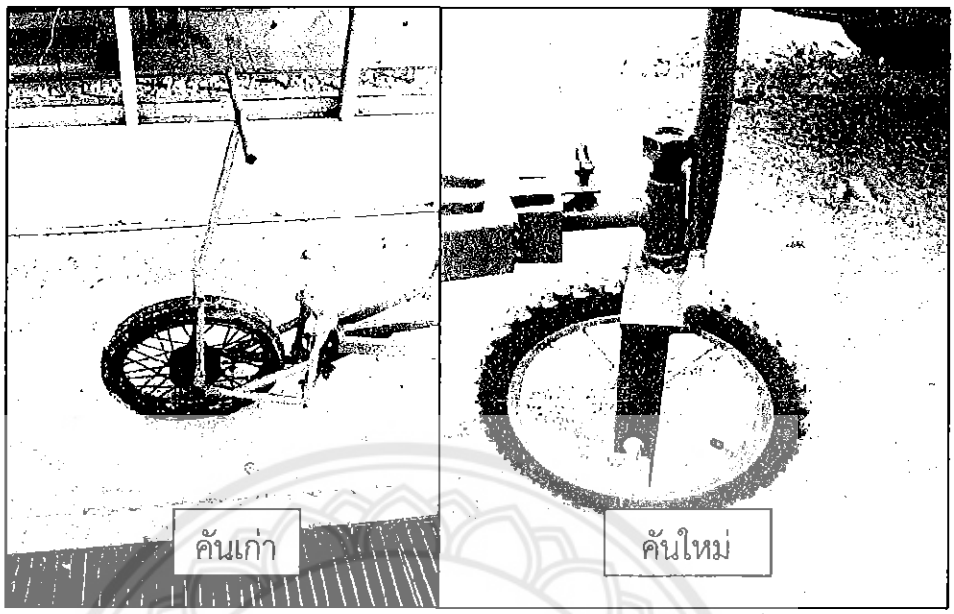


รูปที่ 4.15 ส่วนของฐานรับแรงของรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2

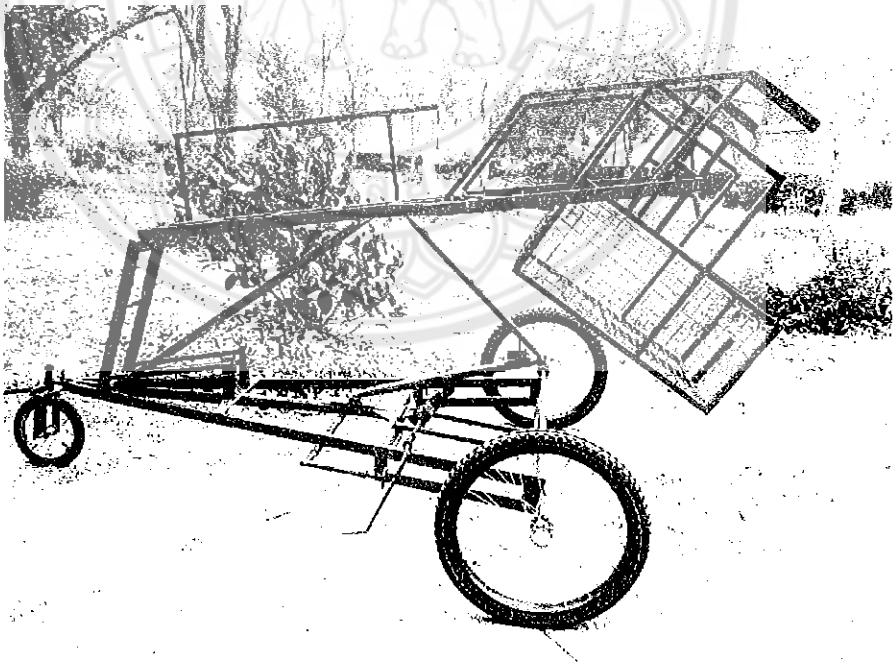


รูปที่ 4.16 ที่ค้ำฐานด้านหน้า

4.3.2 ส่วนของการบังคับทิศทางและการเคลื่อนที่ (สามารถดูแบบได้ในภาคผนวก ค)



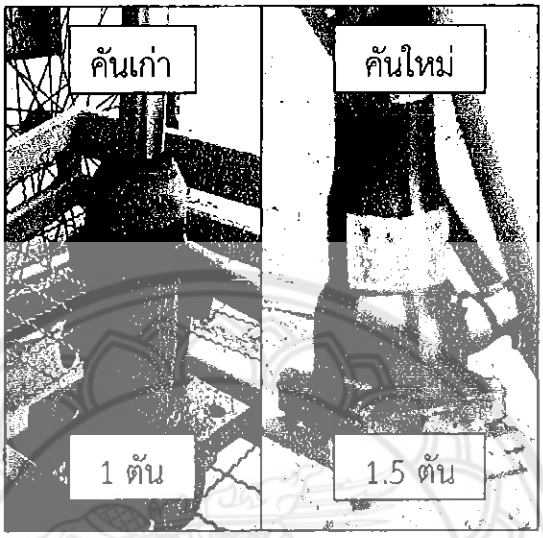
รูปที่ 4.17 ล้อรถที่ใช้บังคับทิศทาง



รูปที่ 4.18 ระบบขับเคลื่อนแบบ 3 ล้อ

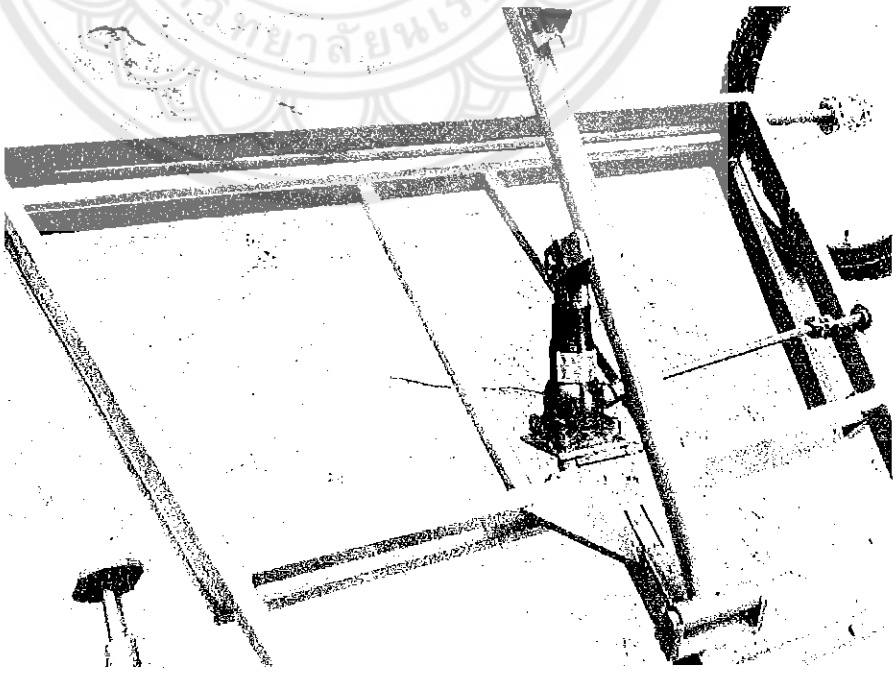
4.3.3 ระบบแม่แรงไฮโดรลิกส์ (สามารถดูแบบในภาคผนวก ค)

4.3.3.1 ทำการจัดซื้อแม่แรงไฮโดรลิกส์ขนาด 1.5 ตัน



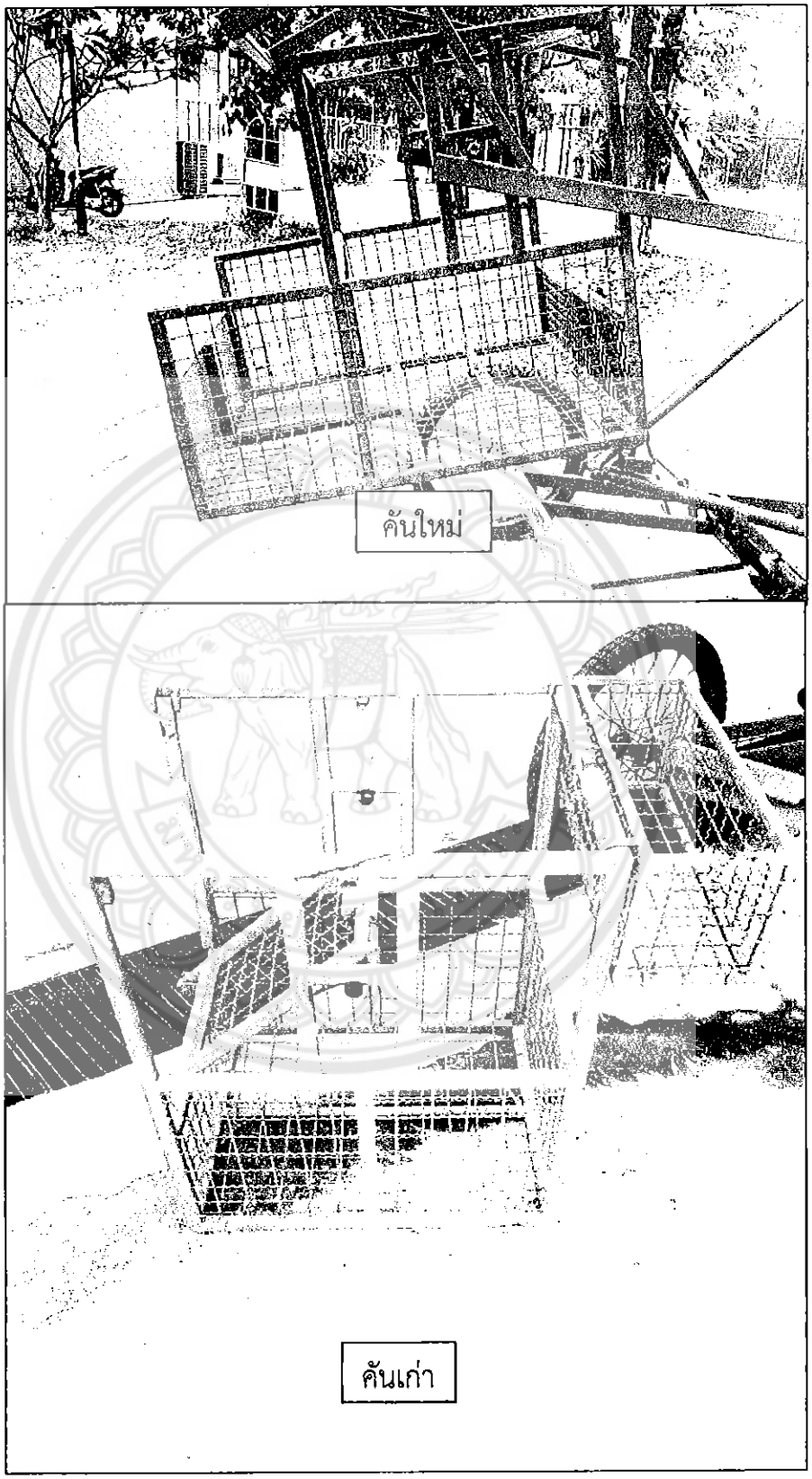
รูปที่ 4.19 แม่แรงไฮโดรลิกส์

4.3.3.2 ทำการติดตั้งแม่แรงไฮโดรลิกส์ กับส่วนของฐานรับแรง**ของรถเข็น อเน**กประสงค์



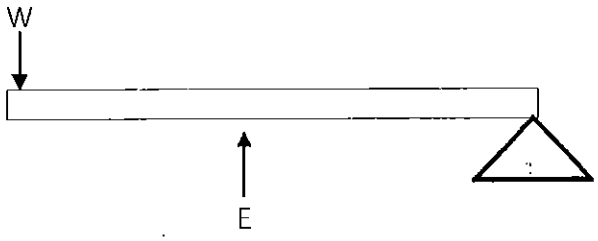
รูปที่ 4.20 แสดงการประกอบแม่แรงไฮโดรลิกส์กับฐานรับแรง

4.3.4 ส่วนของกระเช้าและบันได (สามารถดูแบบในภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.21 ตัวกระเช้า

4.3.4.1 การคำนวณหาขนาดของแม่แรงที่จะใช้



ต้องการให้กระเช้ารับน้ำหนักได้มากกว่าคันเดิม 150 กิโลกรัม ซึ่งคันเดิมรับน้ำหนักได้ 500 กิโลกรัม คันใหม่จะทำให้รับน้ำหนักได้ 650 กิโลกรัม

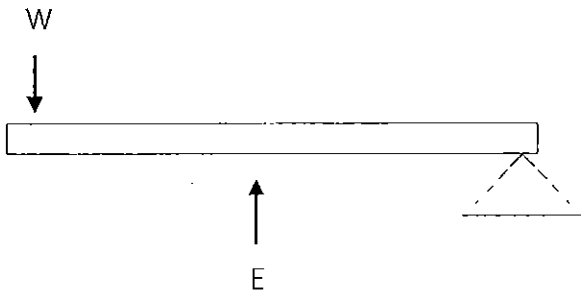
ให้ W = 650 กิโลกรัม = 650 กิโลกรัม x 9.81 เมตร/วินาทีกำลังสอง = 6376.5 นิวตัน **ซึ่งจะหา** E

จาก

	โมเมนต์ตาม	=	โมเมนต์ทวน
	E (g) x 1.1 เมตร	=	W x 2.1 เมตร
	E x 9.81 x 1.1	=	6376.5 นิวตัน x 2.1 เมตร
	E x 10.791	=	13,390.65
	E	=	13,390.65/10.791
	E	=	1,240 กิโลกรัม

ดังนั้น ค่าของแม่แรงที่จะรับน้ำหนัก 650 กิโลกรัม ได้นั้นต้องใช้แม่แรงขนาด 1,240 กิโลกรัม มาตรฐานตลาดมีขนาด 1,500 กิโลกรัม ในการสร้างและออกแบบดังกล่าว **ได้ใช้แม่แรงที่เป็นต้นกำลัง** 1,500 กิโลกรัม

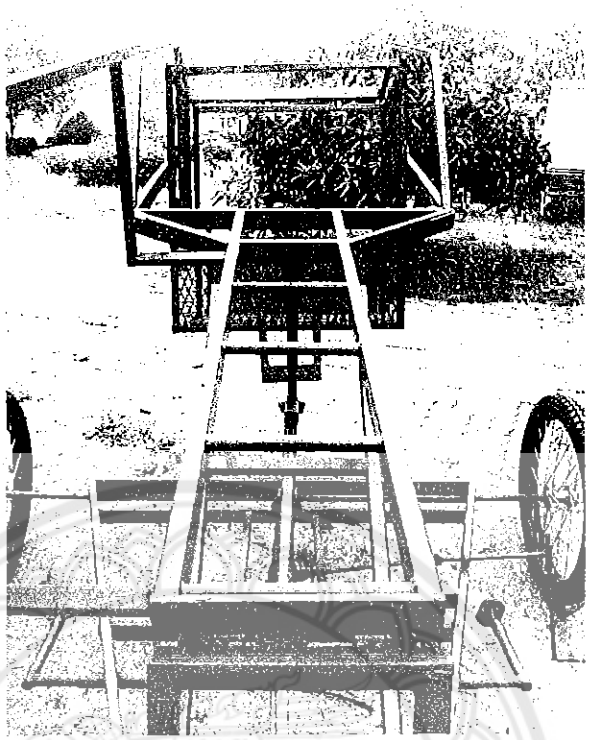
4.3.4.2 การคำนวณหาแรงที่กระเช้าและคานรับน้ำหนักได้สูงสุด



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

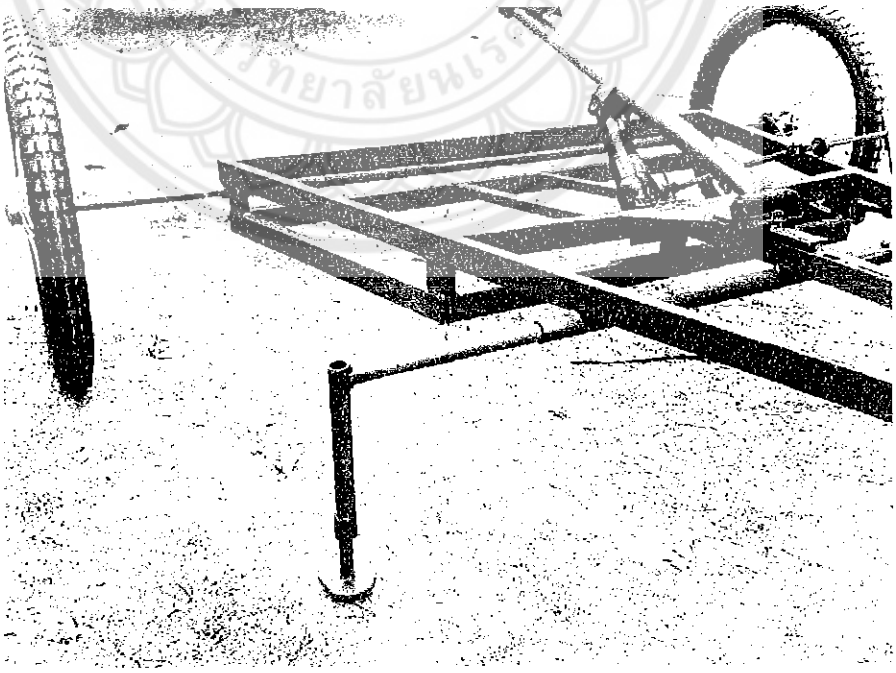
จาก

โมเมนต์ตาม	=	โมเมนต์ทวน
E x 1.1 เมตร	=	W x 2.1 เมตร
E=1500 กิโลกรัม x 9.81	=	14,715 นิวตัน
14,715 x 1.1	=	W x 2.1
16,186.5/2.1	=	W
W	=	7707.85 นิวตัน
W	=	7707.85 /9.81 เมตร/วินาทีกำลังสอง
Max. Weight	=	785.71 กิโลกรัม

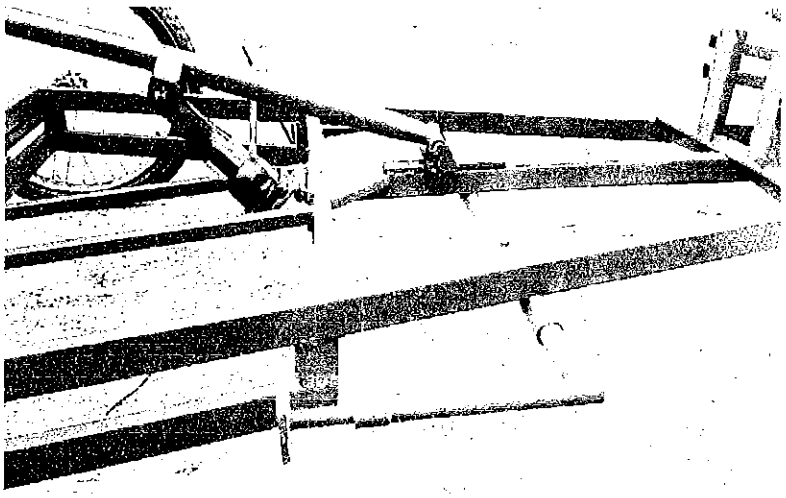


รูปที่ 4.22 ส่วนของบันได

4.3.5 ส่วนของขาค้ำยัน



รูปที่ 4.23 ขาค้ำยัน



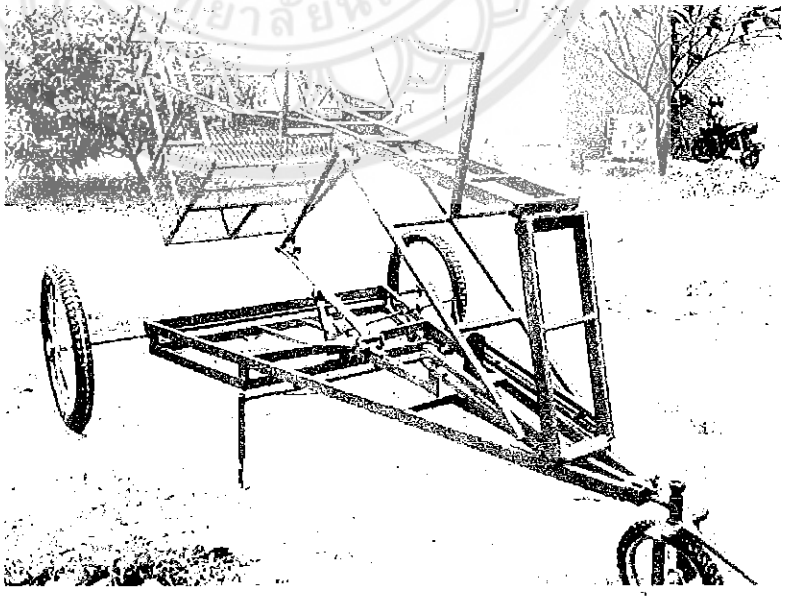
รูปที่ 4.24 การพับเก็บขาค้ำยัน

4.3.6 ส่วนของการเก็บรายละเอียดของรถเข็นอเนกประสงค์

4.3.6.1 ทำการขัดและเจียรลบมุมส่วนที่เกิน

4.3.6.2 ทำการพ่นสีเพื่อความเรียบร้อยและสวยงาม

4.3.7 รถเข็นอเนกประสงค์แบบสมบูรณ์ (สามารถดูแบบในภาคผนวก ค)



รูปที่ 4.25 รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 แบบสมบูรณ์

ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 2 คน

รูปที่ 4.26 รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 แบบยกกระเช้า

4.4 การทดลองรถเข็นอเนกประสงค์

ทำการทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์ตามสวนต่างๆ ดังนี้

4.4.1 บรรทุกรถเข็นอเนกประสงค์ไปยังสวนผลไม้

รูปที่ 4.27 การบรรทุกขึ้นรถกระบะ

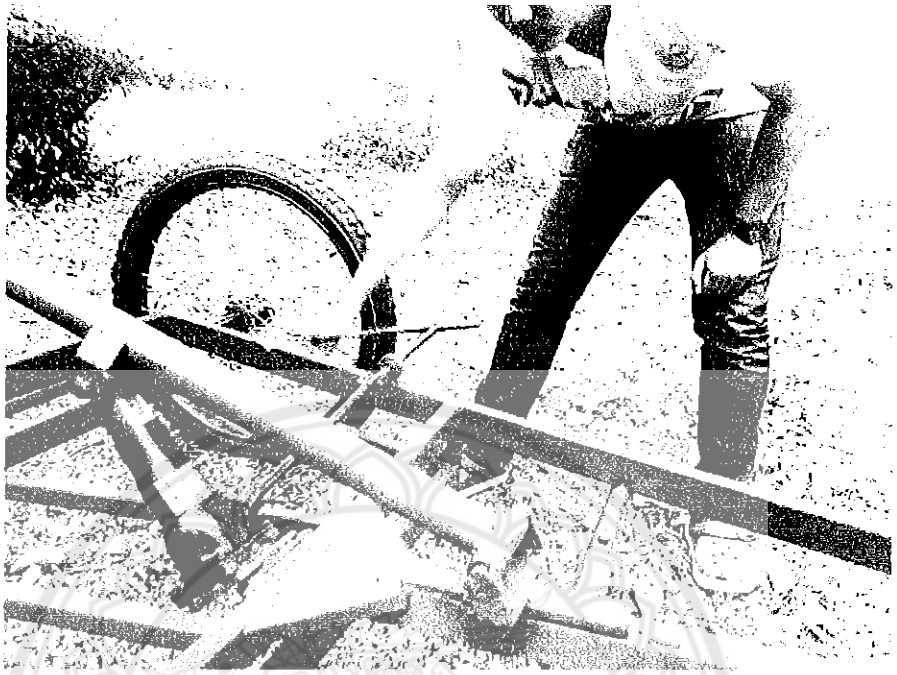
4.4.2 ลากรถเข็นอเนกประสงค์ไปยังต้นไม้ที่จะทำการทดสอบ

รูปที่ 4.28 แสดงการลากรถเข็นอเนกประสงค์ไปยังจุดที่ต้องการ

4.4.3 ทำการติดตั้งคาค้ำยัน เพื่อความปลอดภัยและมั่นคงของตัวรถเข็น

รูปที่ 4.29 รูปการติดตั้งขาค้ำยัน

4.4.4 ทำการหมุนก้านแม่แรง เพื่อปรับระดับกระเช้าให้สูงขึ้นตามความต้องการ



รูปที่ 4.30 การปรับระดับกระเช้า

4.4.5 ขึ้นบนกระเช้าเพื่อทำการทดลองตัดแต่งกิ่ง

รูปที่ 4.31 การตัดแต่งกิ่งผลไม้

4.5 การนำหลักวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้กับรถเข็นอเนกประสงค์

4.5.1 ขั้นตอนคำถาม

ใช่	ไม่ใช่	
☒	☐	1. รูปทรง รถเข็นอเนกประสงค์น่าสนใจหรือไม่
☒	☐	2. ง่ายต่อการใช้งานหรือไม่
☐	☒	3. รูปทรงและขนาดเป็นที่ต้องการหรือไม่
☐	☒	4. ใช้วัสดุอื่นแทนได้หรือไม่
☒	☐	5. วัสดุที่ใช้ป้องกันสนิมได้หรือไม่
☒	☐	6. ราคาเหมาะสมหรือไม่
☒	☐	7. ทำความสะอาดง่ายหรือไม่
☒	☐	8. รู้สึกว่าต้นทุนเกินกว่าที่ควรจะเป็นหรือไม่
☐	☒	9. ถ้าเป็นเงินของท่านจะปฏิเสธการซื้อในราคานี้หรือไม่
☒	☐	10. ใช้ให้เกิดประโยชน์ใช้สอยอย่างอื่นได้หรือไม่
☒	☐	11. มีชิ้นส่วนเยอะเกินไปหรือไม่
☐	☒	12. เคลื่อนที่ง่ายหรือไม่
☐	☒	13. ง่ายต่อการขนส่งหรือไม่
☒	☐	14. โครงสร้างของรถเข็นอเนกประสงค์มีความมั่นคงแข็งแรง ปลอดภัยต่อผู้ใช้งานหรือไม่
☒	☐	15. ระบบความปลอดภัยของชิ้นส่วนเพียงพอหรือไม่

4.5.2 ขั้นตอนทั่วไป

4.5.2.1 เป้าหมายสำหรับการทำ VE ในครั้งนี้

ก. ลดต้นทุนวัสดุให้ได้มากที่สุด

ข. พัฒนาการออกแบบเพื่อเพิ่มความสวยงาม และความแข็งแรง

ค. ลดความเสียหายระหว่างการใช้งาน และขนย้าย

ง. ง่ายต่อการใช้งาน

จ. ป้องการอันตรายจากการใช้งาน

4.5.2.2 เป้าหมายสำหรับโครงการ

ก. ลดต้นทุนลงร้อยละ 30 หรือมีฟังก์ชันการใช้งานที่เพิ่มขึ้น

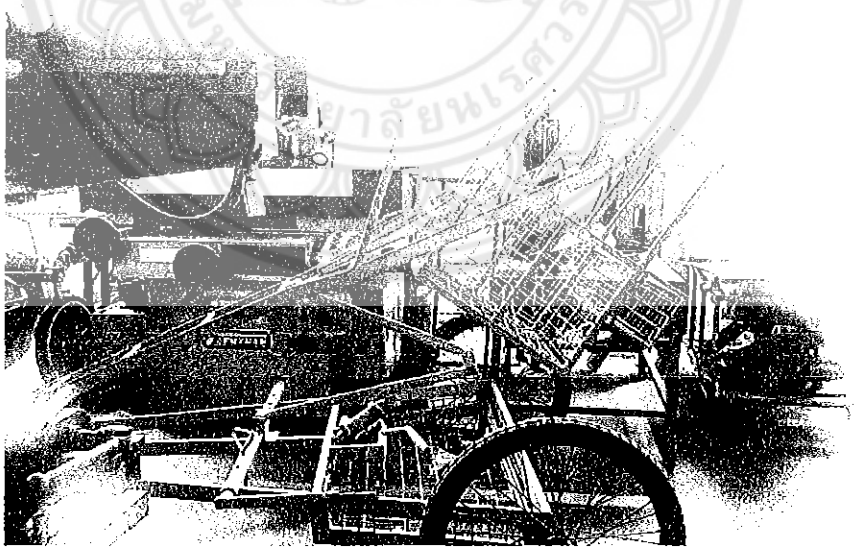
ข. พัฒนาเพื่อให้มีฟังก์ชันที่มากขึ้นรวมถึงความสวยงามและแข็งแรงตามสมัยนิยม

ค. ลดความเสียหายระหว่างการขนย้ายอันเนื่องมาจากตัวรถเข็นอเนกประสงค์

ง. ต้องง่ายต่อการใช้งาน

4.5.3 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

รูปแบบรถเข็นอเนกประสงค์คันเดิม



รูปที่ 4.32 รถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า

ตารางที่ 4.1 ข้อดี ข้อเสียของรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่า

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ต้นทุนในการผลิตต่ำ 2. แข็งแรงและสามารถใช้ได้ทุกพื้นที่ 3. ขนส่งด้วยรถกระบะได้	1. โครงสร้างชิ้นส่วนเหล็กมากเกินไป 2. มีขนาดใหญ่และขับเคลื่อนลำบากต่อการทำงาน 3. ขนาดรถยื่นออกมาจากตัวกระบะ 4. ความสูงของกระเช้าต่ำเกินไป

ตารางที่ 4.2 แสดงต้นทุนค่าวัสดุของชุดประกอบ

รายการ	ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
1	ล้อรถเข็นขนาด 36 นิ้ว	2	1,200	600 บาท/ชิ้น
2	ล้อรถมอเตอร์ไซค์มือสอง	1	300	300 บาท/ชิ้น
3	เพลาล้อรถ	1	220	220 บาท/เพลา
4	ลวดหยิก	3	135	45 บาท/กิโลกรัม
5	แม่แรงไฮโดรลิกส์	1	900	900 บาท/ตัว
6	เหล็กกล่องเหลี่ยม 2 x 1 2 มิลลิเมตร ยาว 12 เมตร	1	670	670 บาท/เส้น
7	เหล็กกล่องเหลี่ยม 2 x 1 1.6 มิลลิเมตร ยาว 12 เมตร	1	560	560 บาท/เส้น
8	เหล็กกล่องเหลี่ยม 1 x 1 1.6 มิลลิเมตร ยาว 12 เมตร	1	510	510 บาท/เส้น
9	เหล็กแบบยาว	1	95	95 บาท/ชิ้น

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงต้นทุนค่าวัสดุของชุดประกอบ

รายการ	ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
10	สีกันสนิม	1	190	190 บาท/ถัง
11	สกรู+น็อต	1	140	140 บาท/กล่อง
12	เหล็กกลมสตรีมแดง ¾ ยาว 1.5 เมตร	1	110	110 บาท/เส้น
13	เหล็กกลมสตรีมแดง 1 ¼ ยาว 1.5 เมตร	1	200	200 บาท/เส้น
14	เหล็กกลมสตรีมแดง 1 ยาว 1 เมตร	1	95	95 บาท/เมตร
15	เหล็กกลมสตรีมแดง 1 ½ ยาว 1 เมตร	1	45	1.33 บาท/ เซนติเมตร
16	ค่าแรง,ค่าไฟ,ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		2,100	2,100 บาท/รถเข็น1 คัน
รวม			7,470	

4.5.4 ขั้นวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน

4.5.4.1 คำจำกัดความหน้าที่ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คำจำกัดความหน้าที่

คำจำกัดความหน้าที่					
ชื่อชิ้นส่วน	Function		หน้าที่		หมายเหตุ
	คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง	
เหล็กกล่องในส่วนโครงสร้างฐานของรถ	ให้	ตำแหน่ง	●		
	รับ	น้ำหนัก		●	
เหล็กกล่องในส่วนของบันได	ให้	ระยะความสูง	●		
	รับ	น้ำหนัก		●	
เหล็กกล่องในส่วนของกระเช้า	ให้	ตำแหน่ง	●		
	รับ	น้ำหนัก		●	
ลวดหยิก	เพิ่ม	สวยงาม	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	
เหล็กแป๊ปตัวยึดระยะความสูง	ให้	ระยะความสูง	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	
ล้อหลัง 2 ล้อ	ช่วย	เคลื่อนย้าย	●		
	รับ	น้ำหนัก		●	
เพลาล้อหลัง	รับ	น้ำหนัก		●	
	ให้	ตำแหน่ง	●		
ล้อหน้า 1 ล้อ มอไซต์	ช่วย	เคลื่อนย้าย	●		
	ให้	ตำแหน่ง		●	
คอม้าข้อต่อล้อหน้า	ยึด	ตำแหน่ง	●		
	ควบคุม	การเคลื่อนที่		●	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) คำจำกัดความหน้าที่

คำจำกัดความหน้าที่					
ชื่อชิ้นส่วน	Function		หน้าที่		หมายเหตุ
	คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง	
เหล็กกลมในส่วนของตัวค้ำยัน	ยึด	ตำแหน่ง	●		
	ช่วย	ค้ำยัน		●	
สีกันสนิม	ป้องกัน	สนิม	●		
	เพิ่ม	สวยงาม		●	
แม่แรงไฮโรลิกส์	รับ	น้ำหนัก	●		
	ให้	ระยะความสูง		●	
สกรู + น็อต	รับ	น้ำหนัก	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	
สีรองพื้น	ป้องกัน	สนิม	●		
	เพิ่ม	สวยงาม		●	
สีจริง	ป้องกัน	สนิม	●		
	เพิ่ม	สวยงาม		●	
ค่าแรง	-	-	-		
	-	-	-		

4.5.4.2 การประเมินหน้าที่

การประเมินหน้าที่ ดังตารางที่ 4.4

การประเมินเชิงตัวเลข ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 สรุปการประเมินหน้าที่

อักษร	หน้าที่	น้ำหนัก
A	ให้ตำแหน่ง	7
B	ให้ระยะความสูง	13
C	ความสวยงาม	4
D	การเคลื่อนย้าย	10
E	ยึดตำแหน่ง	2
F	ช่วยค้ำยัน	2
G	ป้องกันสนิม	2
H	รับน้ำหนัก	11

ตารางที่ 4.5 การประเมินเชิงตัวเลข

	B	C	D	E	F	G	H
A	B-2	A-1	D-2	A-2	A-3	A-2	H-2
B		B-2	B-1	B-3	B-3	B-2	H-1
C			D-2	C-1	C-2	C-1	H-2
D				D-2	D-2	D-2	H-1
E					E-2	G-2	H-1
F						F-2	H-1
G							H-2
							H

น้ำหนักการประเมิน

1 = ความแตกต่างของความสำคัญน้อย

2 = ความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง

3 = ความแตกต่างของความสำคัญมาก

4.5.4.3 การกระจายต้นทุนหน้าที่

การกระจายต้นทุนหน้าที่ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การกระจายต้นทุนหน้าที่

เลขที่	ชิ้นส่วน	ต้นทุนรวม (บาท)	หน้าที่						
			ให้ด้านแหน่ง	สวยงาม	รับน้ำหนัก	ป้องกันสนิม	พื้นที่ตัวรถ	ระยะความสูง	ค่าโสหุ้ย
1	ล้อรถเข็น 2 ล้อ ขนาด 36 นิ้ว	1,200	500	200	500	-	-	-	-
2	ล้อรถมอเตอร์ไซค์มือสอง	300	200	50	50	-	-	-	-
3	เพลาล้อรถ	220	150	20	50	-	-	-	-
4	ลวดหยิก	135	15	120	-	-	-	-	-
5	แม่แรงไฮโดรลิกส์	900	-	-	850	-	-	50	-
6	เหล็กกล่องเหลี่ยม 2 x 1 2 มิลลิเมตร ยาว 12 เมตร	670	170	100	100	-	300	-	-

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) การกระจายต้นทุนหน้าที่

เลขที่	ชิ้นส่วน	ต้นทุนรวม (บาท)	หน้าที่						
			ให้ตำแหน่ง	สวยงาม	รับน้ำหนัก	ป้องกันสนิม	พื้นที่ตัวรถ	ระยะความสูง	ค่าโสหุ้ย
7	เหล็กกล่องเหลี่ยม 2x1 1.6 มิลลิเมตร ยาว 12 เมตร	560	100	60	100	-	300	-	-
8	เหล็กกล่องเหลี่ยม 1x1 1.6 มิลลิเมตร ยาว 18 เมตร	510	100	10	100	-	300	-	-
9	เหล็กแบบยาว	95	50	10	15	-	20	-	-
10	สีกันสนิม	190	-	40	-	150	-	-	-
11	สกรู+น็อต	140	120	10	10	-	-	-	-
12	เหล็กกลมสตรีมแดง ¾ ยาว 1.5 เมตร	110	60	10	20	-	20	-	-
13	เหล็กกลมสตรีมแดง 1 ¼ ยาว 1.5 เมตร	200	120	30	30	-	20	-	-

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) การกระจายต้นทุนหน้าที่

เลขที่	ชิ้นส่วน	ต้นทุนรวม (บาท)	หน้าที่						
			ให้ตำแหน่ง	สวยงาม	รับน้ำหนัก	ป้องกันสนิม	พื้นที่ตัวรถ	ระยะความสูง	ค่าโสหุ้ย
14	เหล็กกลม สตรีมแดง 1 ยาว 1 เมตร	95	50	15	15	-	15	-	-
15	เหล็กกลม สตรีมแดง 1 ½ ยาว 60 เซนติเมตร	45	20	10	-	10	5	-	-
16	ค่าแรง	2,100	-	-	-	-	-	-	2,100
	รวม	7,470	1,655	685	1,840	160	980	50	2,100
	ร้อยละ	100	22.15	9.17	24.63	2.14	13.12	0.67	28.1

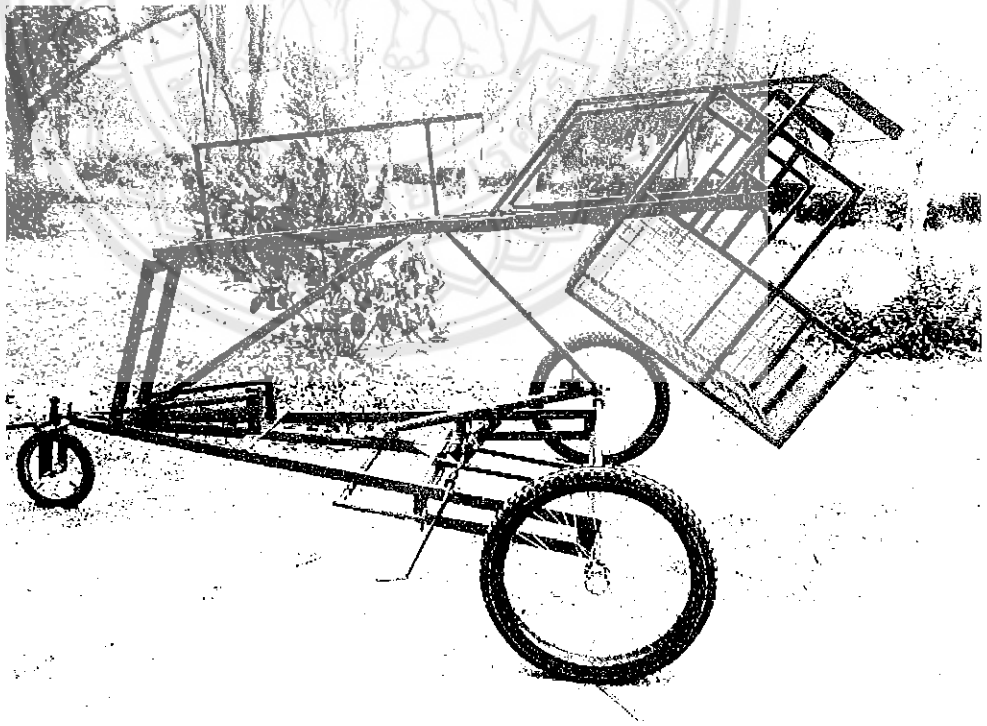
4.5.4.4 การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์

การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์ ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์

อักษร	หน้าที่	ราคา (บาท)
A	ให้ตำแหน่ง	1,655
B	สวยงาม	685
C	รับน้ำหนัก	1,840
D	ป้องกันสนิม	160
E	พื้นที่ตัวรถ	980
F	ระยะความสูง	50
	ค่าโสหุ้ย	2,100
รวม		**7,470**

4.5.5 เปรียบเทียบกับรถอเนกประสงค์คันใหม่



รูปที่ 4.33 รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2

ตารางที่ 4.8 ข้อดี ข้อเสียของรถอเนกประสงค์คันใหม่

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ยกได้สูงขึ้นนับจากพื้นราบถึงกระเช้าได้ 3.5 เมตร 2. มีการขับเคลื่อนที่ดีขึ้น 3. ขนส่งด้วยรถกระบะได้แล้วปิดท้ายกระบะได้ 4. สามารถต่อพ่วงท้ายรถไถโดยมีสลักยึด	1. แม่แรงขึ้นและลงได้ช้า 2. น้ำหนักตัวรถมีขนาดเยอะ 3. พื้นที่ใช้สอยประโยชน์น้อยไป 4. ใช้ชิ้นส่วนเหล็กเยอะเกินไป

ตารางที่ 4.9 แสดงต้นทุนค่าวัสดุของชุดประกอบ

รายการ	ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
1	ล้อหน้า ขนาด 12 นิ้ว	1	300	300 บาท/ชิ้น
2	ล้อหลัง ขนาด 36 นิ้ว	2	1,400	700 บาท/ชิ้น
3	เหล็กกล่องไม้ขีด ขนาด 2 x 1 นิ้ว	3	675	225 บาท/เส้น
4	เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้ว	2	290	145 บาท/เส้น
5	แป๊บดำ ขนาด 5/8	1	230	230 บาท/เส้น
6	เพลาขาว ขนาด 1 นิ้ว	1	500	500 บาท/เพลา
7	แม่แรง มือ 2 ขนาด 1,500 กิโลกรัม	1	1,000	1,200 บาท / อัน
8	ตะแกรงขนาดตา 2 นิ้ว	1	350	650 บาท/ชิ้น
9	แป๊บแดงขนาด 2 นิ้ว	1	335	335 บาท/เส้น

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงต้นทุนค่าวัสดุของชุดประกอบ

รายการ	ชื่อชิ้นส่วน	ปริมาณ	จำนวนเงิน (บาท)	หมายเหตุ
10	เหล็กแบนตัด ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 3/8	1	420	420 บาท/เส้น
11	สีรองพื้น	1	350	350 บาท/ถัง
12	สีแดง (สีจริง)	1	300	300 บาท/ถัง
13	ทินเนอร์	1	150	150 บาท/ถัง
14	ค่าแรง		2,500	
	รวม		8,800	

4.5.6 ขั้นวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของ รถเข็นอเนกประสงค์รุ่น 2

4.5.6.1 คำจำกัดความหน้าที่ ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 คำจำกัดความหน้าที่

คำจำกัดความหน้าที่					
ชื่อชิ้นส่วน	Function		หน้าที่		หมายเหตุ
	คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง	
เหล็กในส่วนโครงสร้างฐานของรถ	ให้	ตำแหน่ง	●		
	รับ	น้ำหนัก		●	
เหล็กในส่วนโครงสร้างบันไดหลักและรอง	ให้	ระยะความสูง	●		
	รับ	น้ำหนัก		●	
เหล็กในส่วนของกระเช้า	รับ	น้ำหนัก	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	
ตะแกรงขนาด 2 นิ้ว	เพิ่ม	สวยงาม	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	
เหล็กในส่วนโครงสร้างบันไดหลักและรอง	รับ	น้ำหนัก	●		
	ให้	ตำแหน่ง		●	
แป๊บดำ ขนาด 5/8 ในส่วนตัวเพิ่มระยะความสูง	ยึด	ตำแหน่ง	●		
	ให้	ระยะความสูง		●	
เพลาขาว ขนาด 1 นิ้ว	รับ	น้ำหนัก		●	
	ให้	ตำแหน่ง	●		
แม่แรง ขนาด 1,500 กิโลกรัม	รับ	น้ำหนัก	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) คำจำกัดความหน้าที่

คำจำกัดความหน้าที่					
ชื่อชิ้นส่วน	Function		หน้าที่		หมายเหตุ
	คำกริยา	คำนาม	หลัก	รอง	
ล้อหน้าขนาด 12 นิ้ว	ช่วย	เคลื่อนย้าย	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		●	
ล้อหลังขนาด 36 นิ้ว	ช่วย	เคลื่อนย้าย	●		
	รับ	รับน้ำหนัก		◑	
แป๊บแดงขนาด 2 นิ้ว ในส่วนตัวเพิ่มระยะความสูง	ให้	ระยะความสูง	●		
	ยึด	ตำแหน่ง		◑	
เหล็กแบนตัดขนาด 2.5 นิ้ว ในส่วนยึดติดตัวบันได	รับ	น้ำหนัก		◑	
	ยึด	ตำแหน่ง	●		
เหล็กกลมในส่วนของตัวค้ำยัน	ยึด	ตำแหน่ง			
	ช่วย	ค้ำยัน			
สีรองพื้น	ป้องกัน	สนิม	●		
	เพิ่ม	สวยงาม		◑	
สีแดง (สีจริง)	ป้องกัน	สนิม		◑	
	เพิ่ม	สวยงาม	●		
ทินเนอร์	ป้องกัน	สนิม	●		
	เพิ่ม	สวยงาม		●	
ค่าแรง	-	-			
	-	-			

4.5.6.2 การประเมินหน้าที่

การประเมินหน้าที่ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การประเมินหน้าที่

อักษร	หน้าที่	น้ำหนัก
A	ให้ตำแหน่ง	8
B	ระยะความสูง	14
C	ความสวยงาม	4
D	การเคลื่อนย้าย	11
E	ยึดตำแหน่ง	2
F	ช่วยค้ำยัน	2
G	ป้องกันสนิม	2
H	รับน้ำหนัก	12

ตารางที่ 4.12 การประเมินเชิงตัวเลข

	B	C	D	E	F	G	H
A	B-2	A-2	D-2	A-2	A-2	A-2	H-3
B		B-3	B-1	B-3	B-2	B-2	B-1
C			D-3	C-2	C-2	G-1	H-2
D				D-3	D-3	D-2	H-1
E					E-2	G-2	H-2
F						F-2	H-2
G							H-2
H							

น้ำหนักการประเมิน

1 = ความแตกต่างของความสำคัญน้อย

2 = ความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง

3 = ความแตกต่างของความสำคัญมาก

4.5.6.3 การกระจายต้นทุนหน้าที่

การกระจายต้นทุนหน้าที่ ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การกระจายต้นทุนหน้าที่

เลขที่	ชิ้นส่วน	ต้นทุนรวม (บาท)	หน้าที่						
			ให้ตำแหน่ง	สวยงาม	รับน้ำหนัก	ป้องกันสนิม	พื้นที่ตัวรถ	ระยะความสูง	ค่าโลหะหุ้ม
1	ล้อหน้า ขนาด 12 นิ้ว	300	200	50	50	-	-	-	-
2	ล้อหลัง ขนาด 36 นิ้ว	1,400	600	200	600	-	-	-	-
3	เหล็กกล่อง ไม้ขีด ขนาด 2 x 1 นิ้ว	675	200	100	175	-	200	-	-
4	เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้ว	290	90	-	100	-	100		-
5	แป๊บดำ ขนาด 5/8	230	30	-	100	-	100	-	-
6	เพลาขาว ขนาด 1 นิ้ว	500	300	-	100	-	100	-	-
7	แม่แรง มือ 2 ขนาด 1500 กิโลกรัม	1,000	-	-	800	-	-	200	-
8	ตะแกรง ขนาด 2 นิ้ว	350	200	100	50	-	-	-	-

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) การกระจายต้นทุนหน้าที่

เลขที่	ชิ้นส่วน	ต้นทุนรวม (บาท)	หน้าที่						
			ให้ตำแหน่ง	สวยงาม	รับน้ำหนัก	ป้องกันสนิม	พื้นที่ตัวรถ	ระยะความสูง	ค่าโสหุ้ย
9	แป๊บแดง ขนาด 2 นิ้ว	335	50	35	150	-	100	-	-
10	เหล็กแบนตัด ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 3/8	420	100	20	100	-	200	-	-
11	สีรองพื้น	350	-	100	-	250	-	-	-
12	สีแดง (สีจริง)	300	-	200	-	100	-	-	-
13	ทินเนอร์	150	-	50	-	100	-	-	-
14	ค่าแรง,ค่าไฟ, ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2,500	-	-	-	-	-	-	2,500
	รวม	8,800	1,770	855	2,225	450	800	200	2,500
	ร้อยละ	100	20.11	9.72	25.28	5.11	9.09	2.27	28.41

4.5.6.4 การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์

การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์ ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การกระจายต้นทุนตามหน้าที่ของรถเข็นอเนกประสงค์

อักษร	หน้าที่	ราคา (บาท)
A	ให้ตำแหน่ง	1,770
B	สวยงาม	855
C	รับน้ำหนัก	2,225
D	ป้องกันสนิม	450
E	พื้นที่ตัวรถ	800
F	ระยะความสูง	200
	ค่าโสหุ้ย	2,500
รวม		**8,800**

4.5.6 การประเมินผลความคิด

ตารางที่ 4.15 การประเมินผลความคิด

หน้าที่	ต้นทุน (บาท)	
	แบบปัจจุบัน	**แบบใหม่ล่าสุด**
ให้ตำแหน่ง	1,655	1,770
สวยงาม	685	855
รับน้ำหนัก	1,840	2,225
ป้องกันสนิม	160	450
พื้นที่ตัวรถ	980	800
ระยะความสูง	50	200
ค่าโสหุ้ย	2,100	2,500
รวม	**7,470**	**8,800**

4.5.6.1 VI และส่วนต่างๆ ของต้นทุน

VI และส่วนต่างๆ ของต้นทุน ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 VI และส่วนต่างๆของต้นทุน

รายละเอียด	แบบปัจจุบัน	แบบใหม่ล่าสุด
ต้นทุนปัจจุบัน (C)	7,470	-
ต้นทุนใหม่	-	8,800
VI = Cost/Worth	-	0.85
ผลต่าง	-	1,330

จากการเปรียบเทียบต้นทุนตามหน้าที่ต่างๆ และหาค่า Value Index (VI) ระหว่างรถเข็นอเนกประสงค์แบบเดิมกับแบบที่ปรับปรุงแล้ว และเพื่อที่จะให้การประเมินผลเป็นไปอย่างละเอียดที่สุด ทางคณะผู้ดำเนินโครงงานจึงทำการประเมินผล โดยการใช้แบบ Evolution Matrix โดยพิจารณาดูที่ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องพร้อมกำหนดคุณค่า Assigned Value ดังนี้

ก. ต้นทุนวัสดุ (Material Cost)
ข. คุณภาพ (Quality)
ค. ความน่าเชื่อถือ (Reliability)
ง. ขั้นตอนการประกอบ (Operation)
จ. ความสวยงาม (Aesthetics)
ฉ. สามารถหาได้ง่าย (Availability)
ช. การเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม
ซ. ค่าแรงงาน (Labor Cost)
ฌ. พื้นที่เก็บรักษา (Storage)
ญ. การขนย้าย (Handing)

ตารางที่ 4.17 แสดงการกระจายต้นทุนตามหน้าที่

อักษร	หน้าที่	น้ำหนัก
A	ก. ต้นทุนวัสดุ (Material Cost)	13
B	ข. คุณภาพ (Quality)	18
C	ค. ความน่าเชื่อถือ (Reliability)	16
D	ง. ความสวยงาม (Aesthetics)	4
E	จ. สามารถหาได้ง่าย (Availability)	9
F	ฉ. การเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	12
G	ช. ค่าแรงงาน (Labor Cost)	4
H	ซ. พื้นที่เก็บรักษา (Storage)	4
I	ฌ. การขนย้าย (Handing)	4
J	ญ. ขั้นตอนการประกอบ (Operation)	7

ตารางที่ 4.18 การประเมินเชิงตัวเลข

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	B-2	C-1	D-1	A-2	A-3	A-2	A-2	A-2	A-2
B	B-2	B-1	B-2	B-3	B-3	B-2	B-2	B-1	
C	C-2	C-3	C-2	C-3	C-3	C-2	J-2		
D	E-1	F-2	D-1	D-2	I-2	J-2			
E	E-2	E-3	E-1	I-1	E-2				
F	F-3	F-1	F-3	F3					
G	H-2	G-1	G-3						
H	I-1	H-2							
I	J-3								
J									

น้ำหนักการประเมิน

1 = ความแตกต่างของความสำคัญน้อย

2 = ความแตกต่างของความสำคัญปานกลาง

3 = ความแตกต่างของความสำคัญมาก

ตารางที่ 4.19 การประเมินผลการออกแบบ Matrix

แบบ	น้ำหนัก	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total	Rank
		กำหนดคุณค่า											
		13	18	16	4	9	12	4	4	4	7		
เก่า	5	●			●		●		●			382	2
	4		●	●		●							
	3							●		●	●		
	2												
	1												
ใหม่	5		●				●				◑	397	1
	4	●		●	●	●		●	●				
	3									●			
	2												
	1												

4.5.7 ขั้นตอนทดสอบและพิสูจน์

จากการทดสอบและพิสูจน์ผลในการทดลองรถเข็นอเนกประสงค์คัน**ใหม่มีราคาที่แพงกว่าคันเดิม**แต่มีฟังก์ชันการใช้งานที่เพิ่มขึ้นมาจากคันเดิม อาทิเช่น

4.5.7.1 มีความสูงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าคันเดิม

4.5.7.2 มีระบบขับเคลื่อนที่ดีและแข็งแรงกว่าคันเดิม

4.5.7.3 สามารถต่อพ่วงท้ายรถไถได้

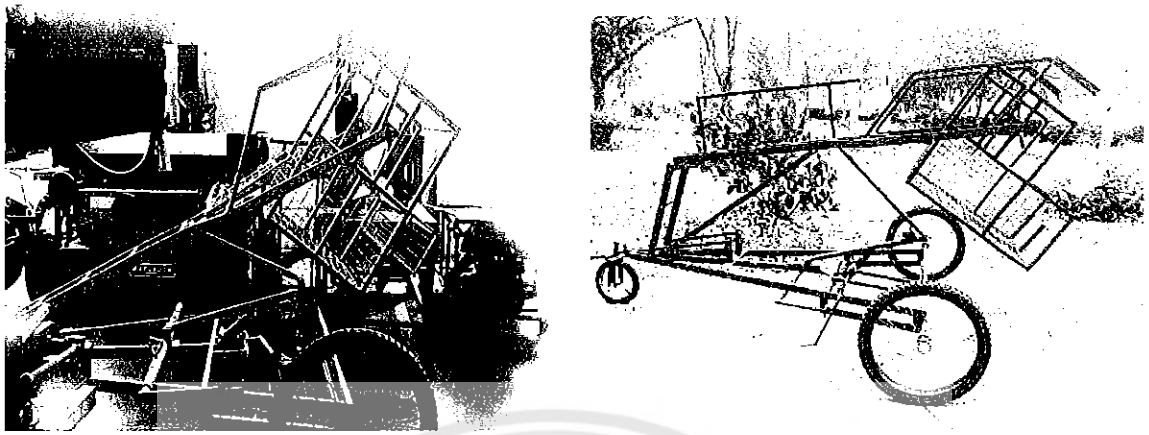
4.5.7.4 สามารถถอดประกอบได้

4.5.7.5 **สามารถใส่ท้ายรถกระบะโดยปิดท้ายกระบะได้**

เพราะฉะนั้นทางคณะผู้ดำเนินโครงงานได้เขียนแสดงรายละเอียดต่างๆ และส่วนประกอบของรถเข็นอเนกประสงค์รุ่น 2 ที่ได้ปรับปรุงใหม่ เพื่อจะได้มีการปรับปรุงและจัดทำขึ้นจริงในรุ่นถัดไป

4.5.8 ขั้นตอนการเสนอแนะ

รูปรถเข็นอเนกประสงค์คันเก่าเทียบกับรถเข็นอเนกประสงค์คันใหม่



รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบคันเก่าและคันใหม่

ตารางที่ 4.20 การคำนวณการประหยัดได้

คำนวณการประหยัด	วัสดุ (บาท)	แรงงาน (บาท/คัน)	ผลประโยชน์ (บาท)	รวม (บาท)
รถเอนกประสงค์คันเก่า	5,370	2,100	-	7,470
รถเอนกประสงค์คันใหม่	6,300	2,500	-	8,800
ผลต่าง	930	400	-	1,330

ข้อเสนอแนะ

จากการที่คณะผู้ดำเนินโครงงานได้วิเคราะห์รถเข็นอเนกประสงค์ ซึ่งได้พบว่ารถเข็นอเนกประสงค์คันเก่ามีการยกของกระเช้าที่ต่ำ มีโครงสร้างที่ยังไม่แข็งแรง และทำการขนย้ายได้ยาก จึงสมควรที่จะใช้รถเข็นอเนกประสงค์คันใหม่ ซึ่งมีการยกกระเช้าที่สูงกว่า มีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า และสามารถขนย้ายได้ง่ายกว่า

4.6 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างรถเข็นอเนกประสงค์ประกอบด้วยรายการต่างๆ ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 รายการค่าใช้จ่ายในการผลิตรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2

ลำดับ	รายการ	ราคา (บาท)
1	ล้อหน้า ขนาด 12 นิ้ว	300
2	ล้อหลัง ขนาด 36 นิ้ว	1,400
3	เหล็กกล่องไม้ขีด ขนาด 2 x 1 นิ้ว	675
4	เหล็กกล่อง ขนาด 1 x 1 นิ้ว	290
5	แป๊บดำ ขนาด 5/8	230
6	เพลาขาว ขนาด 1 นิ้ว	500
7	แม่แรง มือ 2 ขนาด 1500 กิโลกรัม	1,000
8	ตะแกรงขนาดตา 2 นิ้ว	350
9	แป๊บแดงขนาด 2 นิ้ว	335
10	เหล็กแบนตัด ขนาด 2.5 นิ้ว หนา 3/8	420
11	สีรองพื้น	350
12	สีแดง (สีจริง)	300
13	ทินเนอร์	150
14	ค่าแรง,ค่าไฟ,ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	2,500
	รวม	8,800

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตรถเข็นอเนกประสงค์รุ่น 2 เท่ากับ 8,800 บาท ต่อรถเข็นอเนกประสงค์ 1 คัน จากข้อมูลเบื้องต้นนำไปวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนของรถเข็นอเนกประสงค์

4.6.1 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

ราคาขายส่งมะม่วงน้ำดอกไม้ เมื่อทำการซื้อจากสวนผลไม้

ตารางที่ 4.22 ราคามะม่วงน้ำดอกไม้ ปี 2558

ราคาเฉลี่ยรายเดือน ประจำปี 2558											
	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด		เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
ม.ค.	65.87	70.00	65.00	พ.ค.	28.26	30.00	18.00	ก.ย.	50.50	65.00	40.00
ก.พ.	60.22	65.00	45.00	มิ.ย.	35.86	40.00	27.00	ต.ค.	64.68	85.00	45.00
มี.ค.	35.23	50.00	15.00	ก.ค.	69.29	100.00	40.00	พ.ย.	59.72	80.00	30.00
เม.ย.	26.46	30.00	25.00	ส.ค.	59.19	75.00	40.00	ธ.ค.	66.77	70.00	60.00

ที่มา:http://www.taladsimummuang.com

ราคาเฉลี่ย: 52.00 บาท/กิโลกรัม ราคาสูงสุด: 100.00 บาท/กิโลกรัม **ราคาต่ำสุด** 15.00 บาท/กิโลกรัม

กำหนดให้

ก. ราคาขายมะม่วงต่อกิโลกรัม เท่ากับ 52 บาท

ข. ต้นทุน คงที่ของมะม่วง เท่ากับ 30 บาท

ค. การผลิตที่คุ้มทุน เท่ากับ Q กิโลกรัม

จากสมการ TC = R

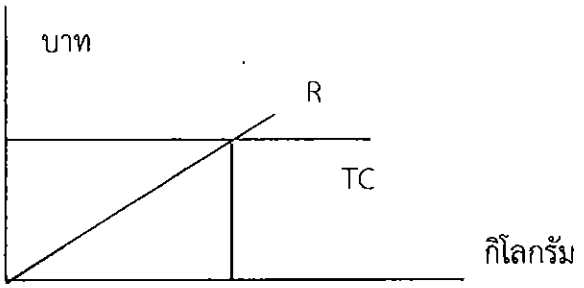
ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตรถเข็น+ค่าแรงในการผลิตรถเข็น = (ราคา**ขายของมะม่วง**-ต้นทุน)

$$6,300 + 2,500 = (52-30)\,Q$$

$$8,800 = 22Q$$

$$Q = 400$$

$$Q = 400 \text{ กิโลกรัม}$$



รูปที่ 4.35 กราฟแสดงจุดคุ้มทุน

ดังนั้น จำนวนการเก็บมะม่วงที่คุ้มทุนต่อการผลิตรถเข็นอเนกประสงค์ ใน 1 คันเท่ากับ 400 กิโลกรัม

ตัวอย่าง สวน นายยรรยง ยงญาติ 15 ไร่

จำนวนการเก็บมะม่วงที่คุ้มทุนต่อการผลิตรถเข็น 1 คัน 400 กิโลกรัม

นายยรรยง ยงญาติ ใน 1 ปี สามารถเก็บมะม่วงได้ประมาณ 3,200 กิโลกรัม

นำค่าที่ได้มาคิดคำนวณจะได้ 0.125 ปี/คัน

ดังนั้นนายยรรยง ยงญาติ สามารถได้เงินคืนจากการซื้อรถเข็นอเนกประสงค์ อย่างช้าที่สุดภายในระยะเวลาประมาณ 0.125 ปี หรือ 1 เดือนครึ่ง

ตัวอย่าง สวน นายยรรยง ยงญาติ 15 ไร่

มีจำนวนคนงานเก็บมะม่วง 6 คน จ่ายค่าแรงคนละ 300 บาท รวมทั้งหมด 1,800 บาท/วัน

ถ้านายยรรยง ลงทุนซื้อรถเข็นอเนกประสงค์ในราคา 8,800 บาท จะใช้คนงานเพียงแค่วันละ 3 คน ค่าใช้จ่าย 900 บาท/วัน

แสดงการคิดค่าใช้จ่ายใน 1 เดือน

ปกติ คนงาน 6 คน ทำงาน 30 วัน = ค่าแรงต่อวัน x จำนวนวัน = 1,800 x 30 = 54,000

ซื้อรถเข็น คนงาน 3 คน ทำงาน 30 วัน ค่ารถเข็นอเนกประสงค์ 8,800 บาท

= (ค่าแรงต่อวัน x จำนวนวัน) + ค่ารถเข็นอเนกประสงค์ = (900 x 30) + 8,800 = 35,800

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า นายยรรยง จะมีค่าใช้จ่ายที่ลดลง 18,200 บาท/เดือน ซึ่งคุ้มกับการลงทุนกับรถเข็นอเนกประสงค์

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบสมบัติระหว่างรถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2 กับรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้ รุ่น 1

ตารางเปรียบเทียบสมบัติ		
รายละเอียด	**รถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้**	**รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2**
ขนาดรถ (กว้าง x ยาว x สูง) เซนติเมตร	130 x 210 x 230	145 x 220 x 350
ขนาดกระเช้า (กว้าง x ยาว x สูง) เซนติเมตร	50 x 50 x 80	75 x 90 x 85
กระเช้ายกได้สูงจากพื้นจนถึงปลายกระเช้า	1 เมตร	2.30 เมตร
กระเช้ารับน้ำหนักได้	500 กิโลกรัม	650 กิโลกรัม
ควบคุมการยก	แม่แรง 1 ตัน แบบ 2 ช่วง	แม่แรง 1.5 ตัน แบบ 2 ช่วง
ล้อยางหน้า	24 นิ้ว	12 นิ้ว
ล้อยางหลัง	36 นิ้ว	36 นิ้ว
มีขาค้ำกันล้ม	2 ด้าน	2 ด้าน
ที่ใส่อุปกรณ์	ตัวรถ บนกระเช้า	บนกระเช้า
รัศมีวงเลี้ยว	3.10 เมตร	3.10 เมตร
น้ำหนักรถเข็น	110 กิโลกรัม	180 กิโลกรัม
ตัวรถ	สามเหลี่ยม	สามเหลี่ยม
ระบบขับเคลื่อน	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อ	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อและต่อพ่วงรถไถ
การเคลื่อนย้าย	ลากจูง	ลากจูง
ราคา (บาท)	7,470	8,800
ความเหมาะสมการใช้งาน	สวนขนาดเล็ก	สวนทุกขนาด
ระยะเวลาคืนทุน	0.910 ปี	0.125 ปี

วิเคราะห์ รถเข็นอเนกประสงค์มีขนาดที่ใหญ่กว่าคันเดิม แต่มีความสามารถในการใช้งานมากกว่ารถเข็นคันเดิม อาทิ เช่น ยกได้สูงมากกว่า ความแข็งแรงมากกว่า สามารถต่อพ่วงท้ายรถไถได้ สามารถถอดอุปกรณ์ใส่ท้ายรถกระบะ โดยปิดท้ายรถกระบะได้ รับน้ำหนักได้มากกว่าและระยะคืนทุนไวกว่า เนื่องจากราคาผลผลิตมะม่วงมีอัตราการผลิตที่สูงขึ้น ซึ่งรถเข็นอเนกประสงค์เหมาะสำหรับการทำงานในสวนทุกสวน

4.7 ผลการทดลองจากแบบประเมิน

แบบประเมินเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อวัดความพึงพอใจของเจ้าของสวนที่ได้ทำการทดสอบรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้ (ในภาคผนวก ข)

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.51 – 5.00 หมายความว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.51 – 4.50 หมายความว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับดี

ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.51 – 3.50 หมายความว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.51 – 2.50 หมายความว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.00 – 1.50 หมายความว่า ความเหมาะสมอยู่ในระดับควรปรับปรุง

จากแบบประเมินจากเจ้าของสวนผลไม้ทั้ง 3 สวน (ในภาคผนวก ข) ได้ทำการสรุปเพื่อหาคะแนนเฉลี่ย ตามหัวข้อของแบบประเมิน ได้คะแนนเฉลี่ย แต่ละหัวข้อดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 สรุปผลการประเมิน จากแบบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	หมายความว่า
หมวดที่ 1 ส่วนของรูปลักษณ์ภายนอก		
1. รูปร่างของรถเข็นอเนกประสงค์	3.67	ระดับดี
2. ความสวยงามของรถเข็นอเนกประสงค์	4.00	ระดับดี
3. น้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์	3.33	ระดับปานกลาง
4. ความแข็งแรงของรถเข็นอเนกประสงค์	3.67	ระดับดี
หมวดที่ 2 ส่วนของการใช้งาน		
1. ความง่ายในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์	3.00	ระดับปานกลาง
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นอเนกประสงค์	4.33	ระดับดี
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นอเนกประสงค์	4.33	ระดับดี
4. การเคลื่อนที่ของรถเข็นอเนกประสงค์	3.67	ระดับดี
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์	3.67	ระดับดี
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นอเนกประสงค์	3.67	ระดับดี
7. ความปลอดภัยในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์	3.00	ระดับปานกลาง
8. การมีเสถียรภาพในการยืนขณะใช้งาน	3.67	ระดับดี
หมวดที่ 3 ภาพรวมทั้งหมด		
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร	4.00	ระดับดี

(คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป หมายถึงเป็นที่พอใจ ถ้าต่ำกว่า 3 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง สรุปแบบประเมินของรถเข็นอเนกประสงค์ อยู่ในระดับดี)

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

รถเข็นอเนกประสงค์ เป็นรถเข็นขนาด 3 ล้อ ซึ่งเหมาะกับการแทรกตัวเข้าไปในสภาพพื้นที่แคบ หรือในส่วนที่ต้องการเข้าไปใกล้กับจุดที่ต้องการปฏิบัติงาน เคลื่อนตัวรถด้วยการจูงจากด้านหน้า โดยมีคันบังคับด้านหน้า รวมถึงสามารถนำส่วนหน้าของรถเข็นต่อเข้ากับรถไถ เพื่อให้รถไถลากไปด้วย กระเช้ายกขึ้น-ลง ด้วยระบบแม่แรง ชุดควบคุมกระเช้าประกอบไปด้วยตัวหมุนแม่แรง ซึ่งติดอยู่กับตัวแม่แรง การลดระดับทำได้ด้วยการหมุนที่ตัวแม่แรง สามารถเคลื่อนย้ายได้ขณะมีคนอยู่บนกระเช้า เหมาะสำหรับทำงานในที่สูง เช่น การตัดแต่งกิ่งผลไม้ การห่อผลไม้ หรือการฉีดพ่นสารเคมีต่างๆ และยังมีความปลอดภัย

ตารางที่ 5.1 แสดงลักษณะจำเพาะของรถเข็นอเนกประสงค์

รายละเอียดรถเข็นอเนกประสงค์ในสวนผลไม้	
ขนาดรถ (กว้าง x ยาว x สูง) เซนติเมตร	145 x 220 x 350
ขนาดกระเช้า (กว้าง x ยาว x สูง) เซนติเมตร	75 x 90 x 85
กระเช้ายกได้สูงจากพื้น	2.30 เมตร
กระเช้ารับน้ำหนักได้	650 กิโลกรัม
ควบคุมการยก	แม่แรง 1.5 ตัน แบบ 2 ช่วง
ล้อยางหน้า	12 นิ้ว
ล้อยางหลัง	36 นิ้ว
มีขาค้ำกันล้ม	2 ด้าน
ที่ใส่อุปกรณ์	บนกระเช้า
รัศมีวงเลี้ยว	3.10 เมตร
น้ำหนักรถเข็น	180 กิโลกรัม
ตัวรถ	สามเหลี่ยม
ระบบขับเคลื่อน	ระบบขับเคลื่อน 3 ล้อและต่อพ่วงรถไถ
การเคลื่อนย้าย	ลากจูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ทำให้รถเข็นมีน้ำหนักน้อยลงกว่าเดิม

5.2.2 เปลี่ยนจากการใช้แม่แรงยกกระเช้าเป็นระบบไฮโดรลิกส์ หรือระบบไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

กานต์ ลี่วัฒนายิ่งยง. (2552). **สถิติวิศวกรรม (Engineering Economics).** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุระเชษฐ รุ่งวัฒนพงษ์. (2544). **กลศาสตร์ของแข็ง.** ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทเวศร์.

อัมพิกา ไกรฤทธิ์. (2532).**หลักการวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering)** สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2558, จากhttp://topofquality.com/sve/indexve.html

น้ำมันไฮโดรลิกส์. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2558, จาก http://www.loeitech.ac.th/~napat/basic%20hydraulic/fluid.htm

แบบสอบถาม. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2558, จาก http://www.siamsurvey.com/th/web_page/questionnaire

ระบบไฮโดรลิกส์. สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2558, จาก http://www.appliedpowerthailand.com/article-detail/12/

หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์. สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2558, จาก http://www.teacher.ssru.ac.th/nichanan_se/pluginfile.php/102/block_html/content/

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา

รถเข็นอเนกประสงค์ รุ่น 2

คู่มือการใช้งานและบำรุงรักษา
รถเข็นเอนกประสงค์ รุ่น 2

ข้อควรปฏิบัติก่อนการใช้งาน

1. ควรตรวจสอบลมยางว่าอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้หรือไม่
2. ควรตรวจสอบจุดเชื่อมต่างๆ ของรถเข็นเอนกประสงค์ ดูแลอย่าให้เกิดสนิม
3. ตรวจสอบจุดต่างๆ ที่เป็นน็อตว่ามีความหลวมหรือไม่
4. ตรวจสอบแม่แรงไฮโดรลิกส์ว่าสามารถใช้การได้หรือไม่
5. หากพบความผิดปกติควรทำการซ่อมแซมก่อนนำไปใช้งาน
6. ควรถอดอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำความสะอาดหลังการปฏิบัติงาน
7. ควรอ่านคู่มือการใช้งานก่อนการใช้งานเพื่อความปลอดภัยขณะปฏิบัติงาน

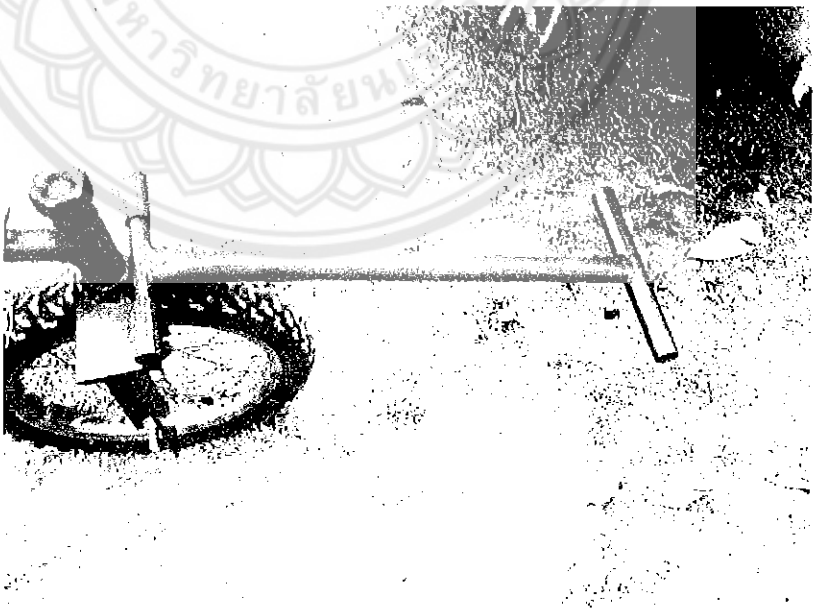
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ขั้นตอนในการทำงาน

1. ลากรถเข็นเอนกประสงค์ไปยังจุดที่ต้องการใช้งาน

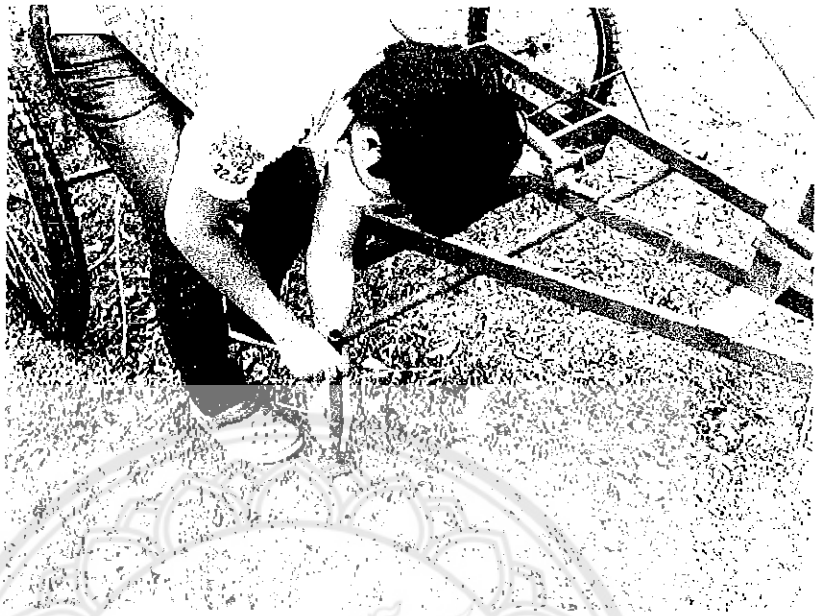
รูปที่ ก.1 แสดงการลากรถเข็นเอนกประสงค์

2. ทำการล็อกล้อรถ เพื่อป้องกันการไหล



รูปที่ ก.2 การล็อกล้อรถเข็นเอนกประสงค์

3. ทำการติดตั้งตัวค้ำยัน เพื่อป้องกันการล้ม

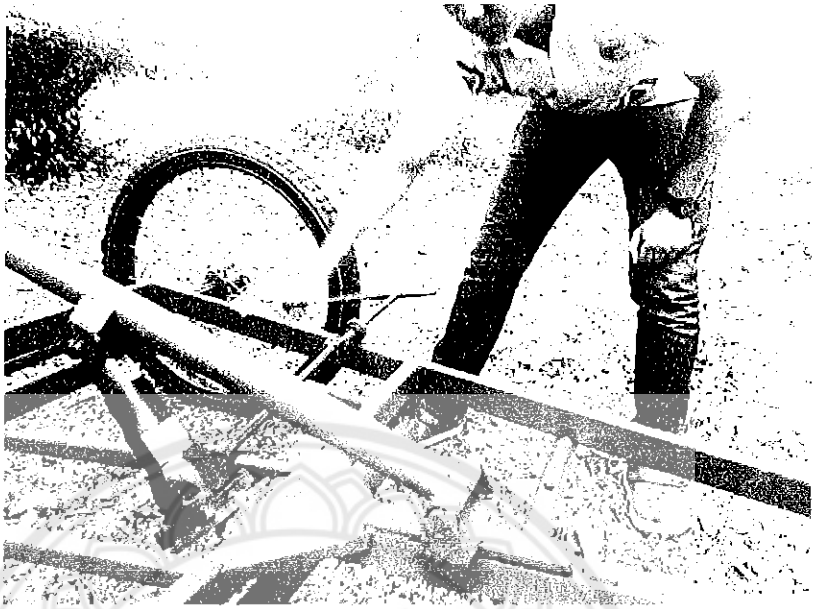


รูปที่ ก.3 การติดตั้งตัวค้ำยัน รถเข็นเอนกประสงค์

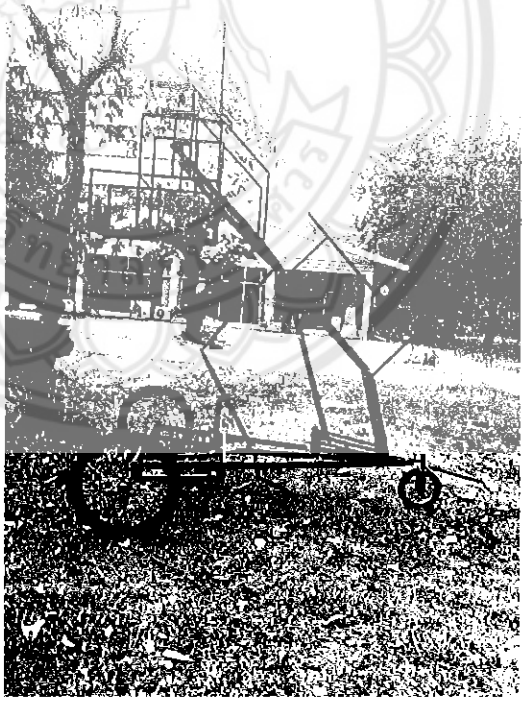
4. ใส่สกรู ยึดเพื่อป้องกัน

รูปที่ ก.4 การใส่สกรู

5. ทำการหมุนแกนเพื่อยกกระเช้า ให้สูงขึ้นตามต้องการ



รูปที่ ก.5 หมุนแกนเพื่อยกกระเช้าขึ้น



รูปที่ ก.6 กระเช้าที่ยกสูงขึ้น

6. ทำการขึ้นไปบนกระเช้าแล้วปิดเหล็กกั้นเพื่อความปลอดภัย

รูปที่ ก.7 ขึ้นไปบนกระเช้าแล้วปิดเหล็กกั้นเพื่อความปลอดภัย

7. ปฏิบัติงานตามต้องการ เมื่อทำงานแล้วควรทำความสะอาดก่อนเก็บ

ภาคผนวก ข

แบบประเมินของเจ้าของสวนผลไม้

คู่มือการประเมิน

กำหนดประเด็นข้อคำถามของการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นมาตรส่วน ชนิด 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนแปลความหมายตัวเลขในระดับต่างๆ ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับรถเข็นอเนกประสงค์

รุ่น NU 2

สถานที่ สวนผลไม้ นายอดุลย์ วงพรม วันที่ 19 เมษายน 2559

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
	5	4	3	2	1	หมายเหตุ
ส่วนของรูปลักษณ์ภายนอก						
1. รูปร่างของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
2. ความสวยงามของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
3. น้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
4. ความแข็งแรงของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
ส่วนของการใช้งาน						
1. ความง่ายในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์			/			
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นอเนกประสงค์	/					
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
4. การเคลื่อนที่ของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
7. ความปลอดภัยในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์			/			
8. การมีเสถียรภาพในการยืนขณะใช้งาน		/				
ภาพรวมทั้งหมด						
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร		/				

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเปลี่ยนจากแม่แรงเป็นระบบไฮโดรลิกส์หรือไฟฟ้า เพื่อไม่ให้เสียแรงในการหมุน
2. น้ำหนักของตัวรถควรเบากว่านี้
3. การถอดอุปกรณ์ควรง่ายและสะดวกกว่านี้

ผู้ทดสอบ.....

(นายอดุลย์ วงพรม)

แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับรถเข็นอเนกประสงค์

รุ่น NU 2

สถานที่ สวนผลไม้ นางสุรีรัตน์ ราศี วันที่ 19 เมษายน 2559

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
	5	4	3	2	1	หมายเหตุ
ส่วนของรูปลักษณ์ภายนอก						
1. รูปร่างของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
2. ความสวยงามของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
3. น้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
4. ความแข็งแรงของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
ส่วนของการใช้งาน						
1. ความง่ายในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์		/				
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นอเนกประสงค์		/				
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นอเนกประสงค์	/					
4. การเคลื่อนที่ของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
7. ความปลอดภัยในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์			/			
8. การมีเสถียรภาพในการยืนขณะใช้งาน			/			
ภาพรวมทั้งหมด						
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร		/				

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเปลี่ยนจากแม่แรงเป็นระบบไฮโดรลิกส์หรือไฟฟ้า เพราะการหมุนแม่แรงใช้แรงมากกว่าที่แม่แรงขึ้นไป
2. พื้นที่ใช้สอยน้อยเกินไป
3. น้ำหนักรถเข็นเยอะเกินไป

ผู้ทดสอบ.....สุรีรัตน์ ราศี.....

(นางสุรีรัตน์ ราศี)

แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับรถเข็นอเนกประสงค์

รุ่น NU 2

สถานที่ สวนผลไม้ นางดาววี แซ่ตั้ง วันที่ 19 เมษายน 2559

ประเด็นการประเมิน	ระดับความคิดเห็น					
	5	4	3	2	1	หมายเหตุ
ส่วนของรูปลักษณ์ภายนอก						
1. รูปร่างของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
2. ความสวยงามของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
3. น้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
4. ความแข็งแรงของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
ส่วนของการใช้งาน						
1. ความง่ายในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์				/		
2. ความกว้างของกระเช้า รถเข็นอเนกประสงค์		/				
3. ความสูงในการยกกระเช้าของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
4. การเคลื่อนที่ของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
5. การรับน้ำหนักของรถเข็นอเนกประสงค์		/				
6. ความคล่องตัวในการเลี้ยวของรถเข็นอเนกประสงค์			/			
7. ความปลอดภัยในการใช้งานรถเข็นอเนกประสงค์			/			
8. การมีเสถียรภาพในการยืนขณะใช้งาน		/				
ภาพรวมทั้งหมด						
โดยภาพรวมท่านพึงพอใจอย่างไร		/				

ข้อเสนอแนะ

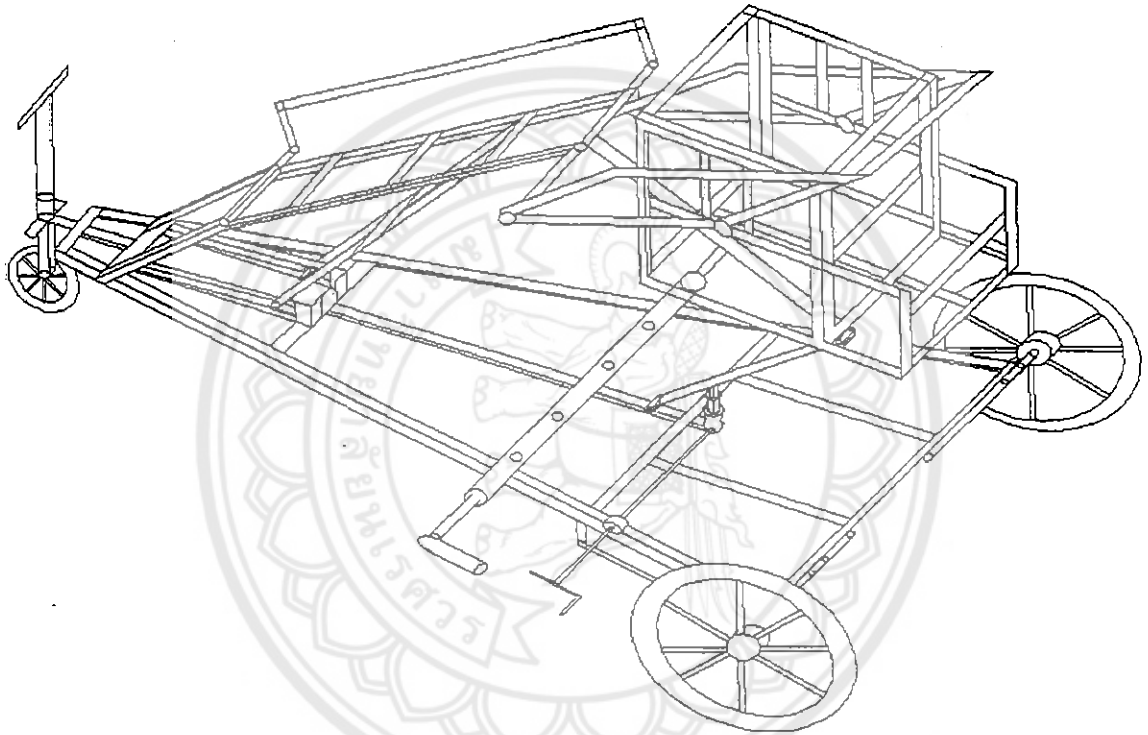
1. การขับเคลื่อนควรใช้ระบบมอเตอร์
2. พื้นที่ใช้สอยน้อยเกินไป
3. แม่แรงใช้แรงในการหมุนมากจนเกินไป

ผู้ทดสอบ.....ดาววี แซ่ตั้ง.....

(นางดาววี แซ่ตั้ง)

ภาคผนวก ค

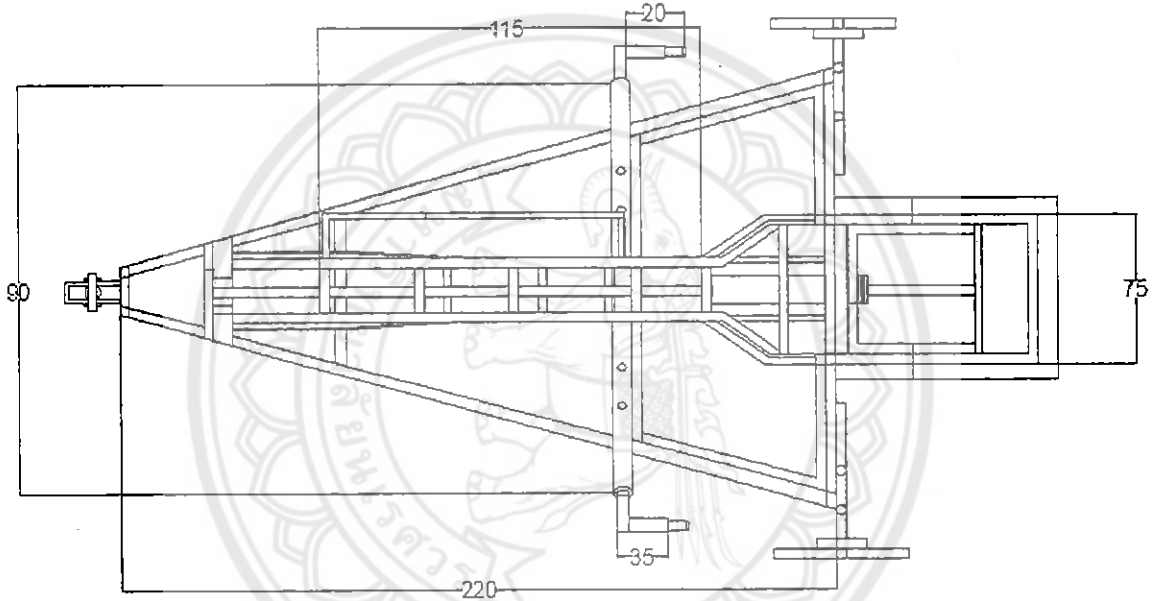
แบบรถเข็นอเนกประสงค์



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
รถเข็นเอนกประสงค์	
SCALE: 1:1	29/4/2559

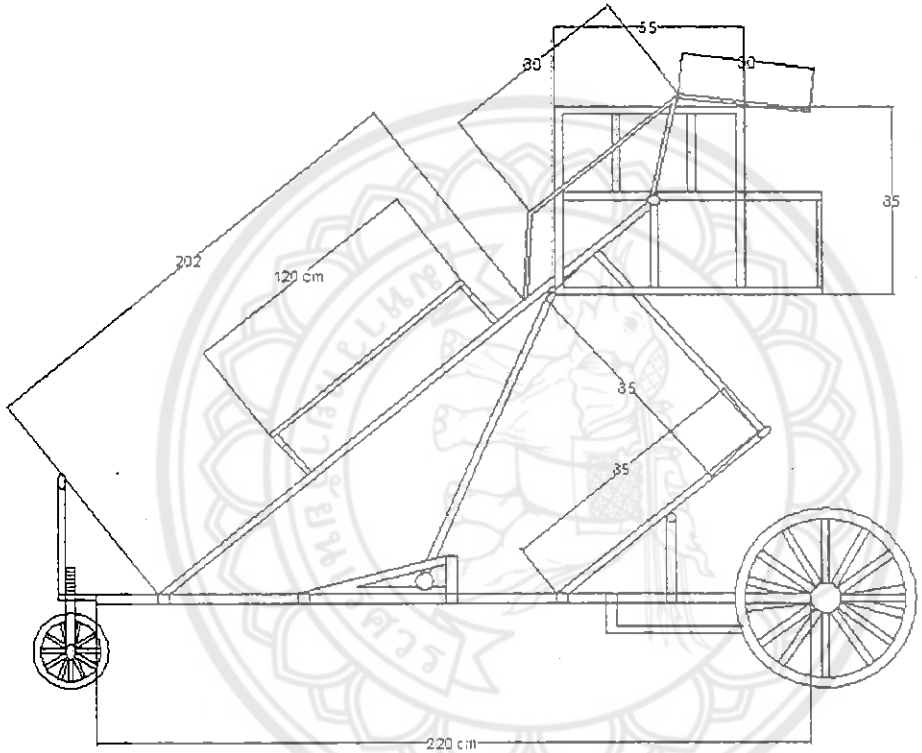
รูปที่ ค.1 รถเข็นอเนกประสงค์



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
Top view	
SCALE: 1:1	29/4/2559

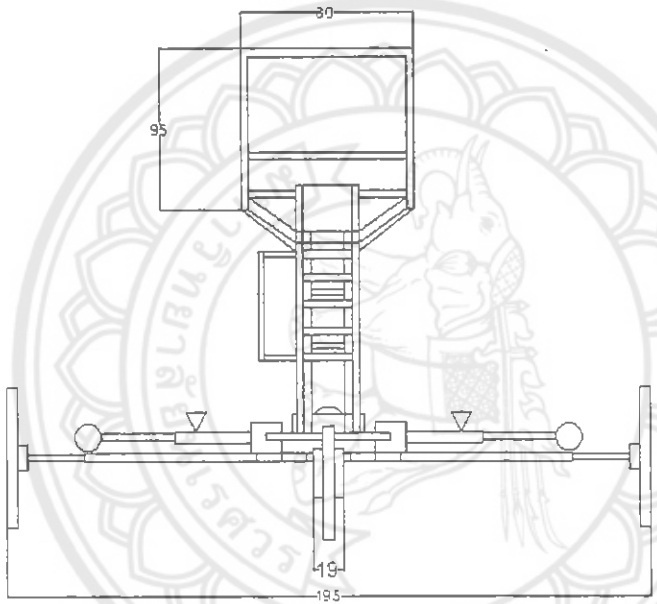
รูปที่ ค.2 Top View



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
Side View	
SCALE: 1:1	29/4/2559

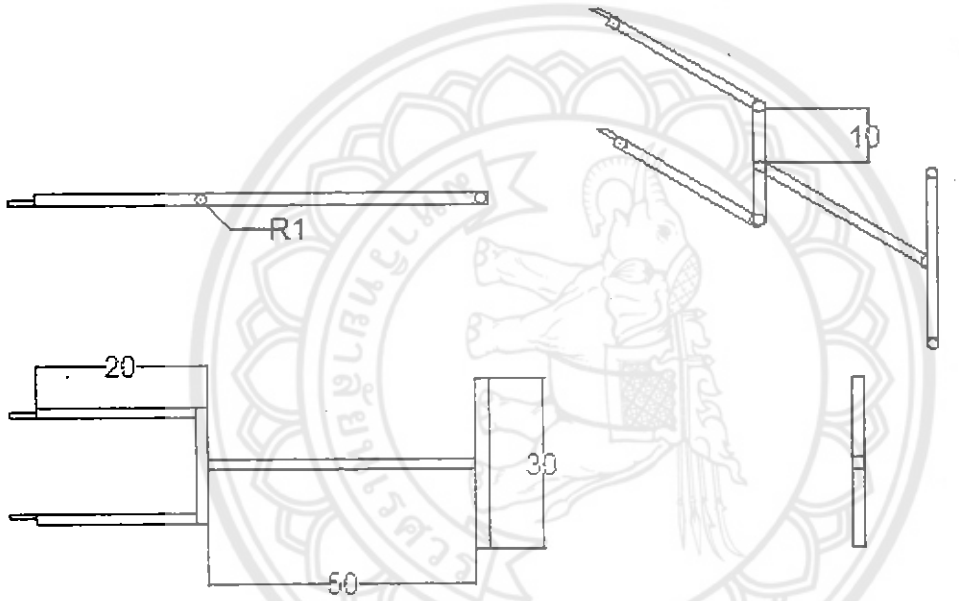
รูปที่ ค.3 Side View



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
Front View	
SCALE: 1:1	29/4/2559

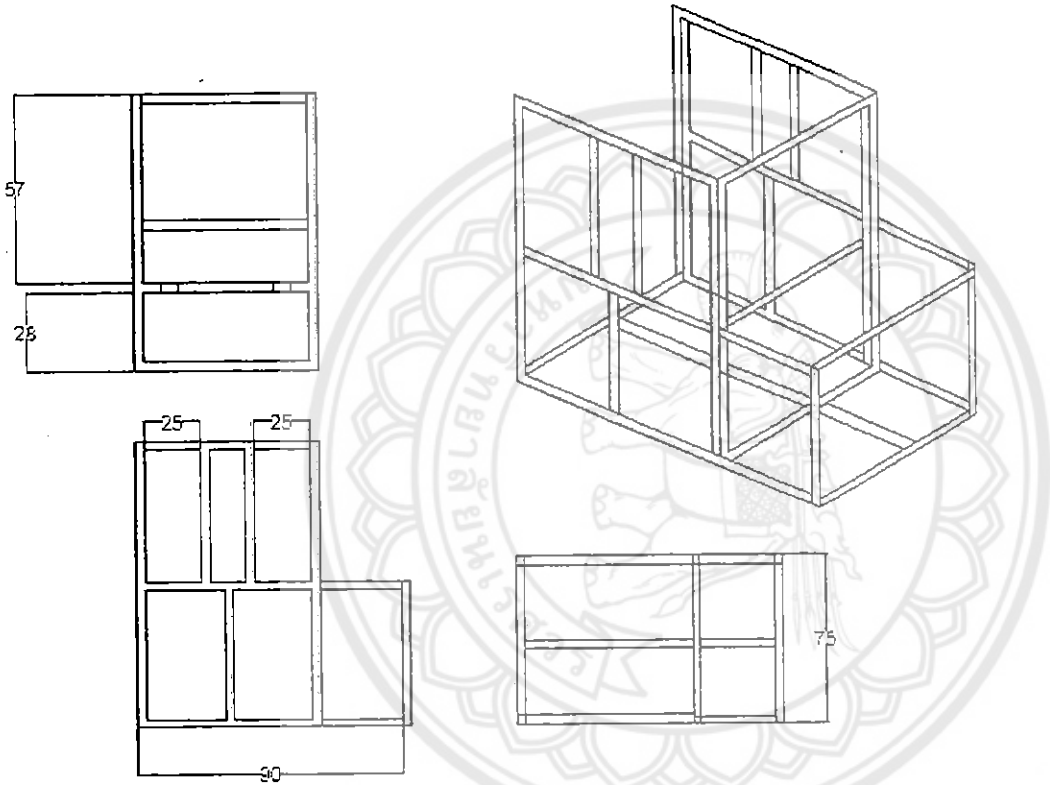
รูปที่ ค.4 Front View



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
ด้ามจับดึง	
SCALE: 1:1	29/4/2559

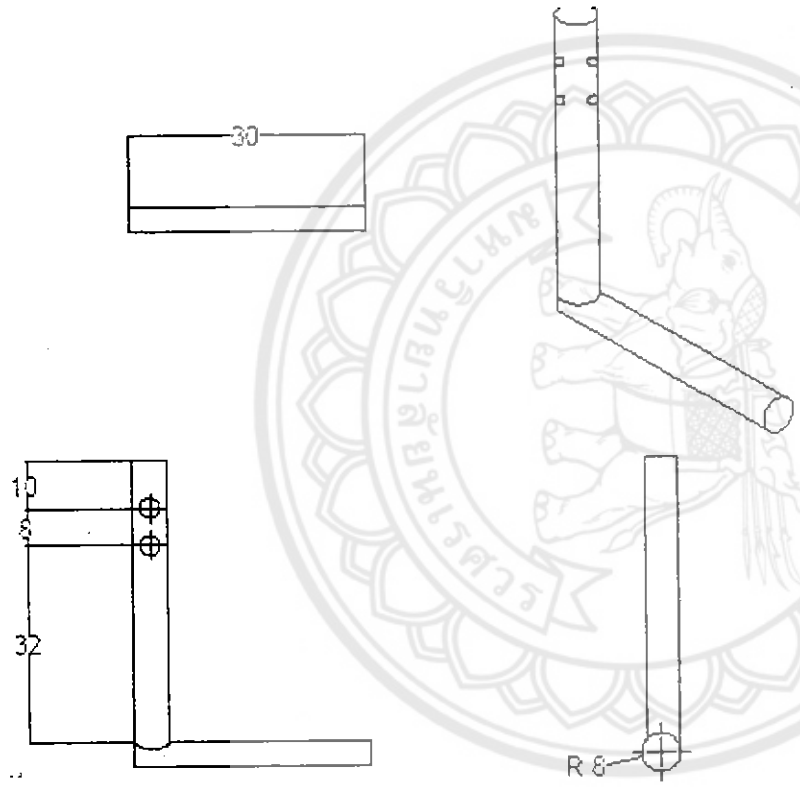
รูปที่ ค.5 ด้ามจับดึง



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
กระเช้า	
SCALE: 1:1	29/4/2559

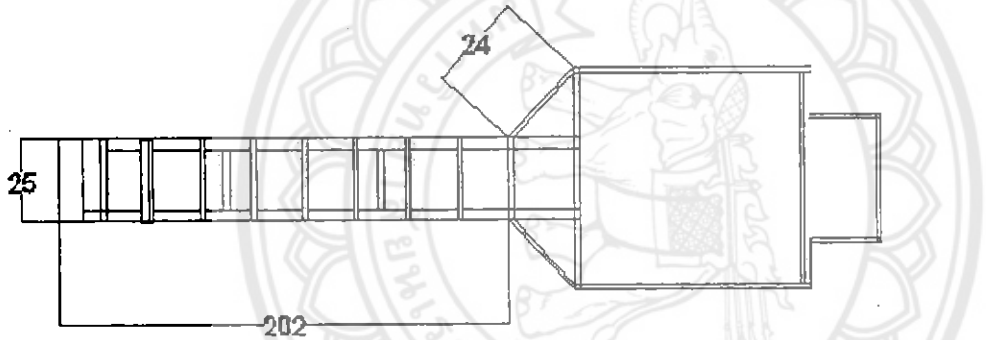
รูปที่ ค.6 กระเช้า



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
ตัวค้ำยัน	
SCALE: 1:1	29/4/2559

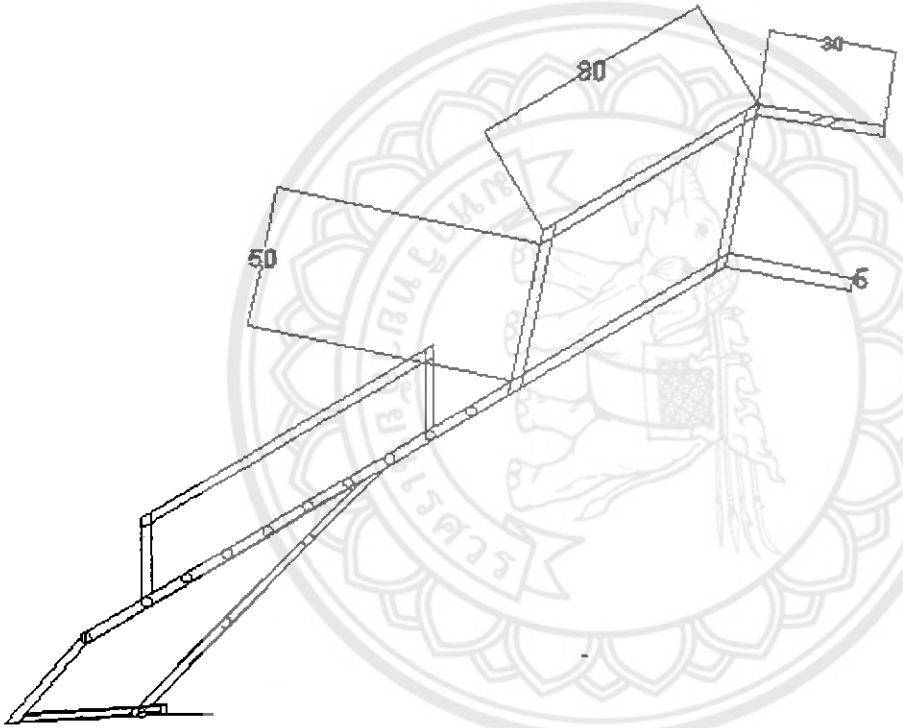
รูปที่ ค.7 ตัวค้ำยัน



All in Dimension are cm.

Naresuan University	
บันได Top View	
SCALE: 1:1	29/4/2559

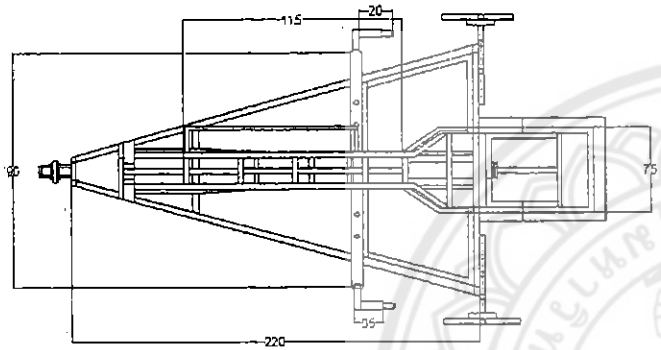
รูปที่ ค.8 บันได Top View

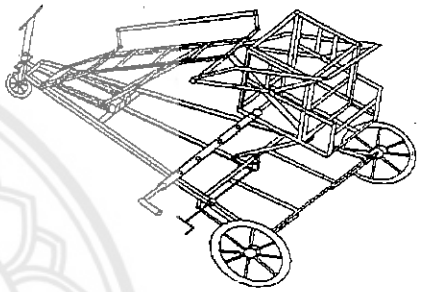


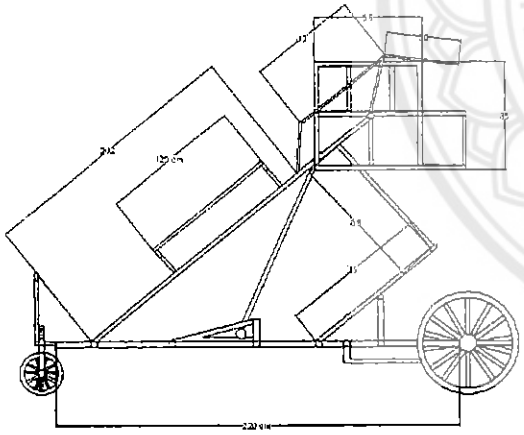
All in Dimension are cm.

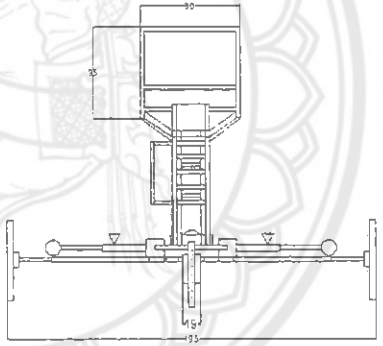
Naresuan University	
บันได Side View	
SCALE: 1:1	29/4/2559

รูปที่ ค.9 บันได Side View









All in Dimension are cm.

Naresuan University	
แบบรวม	
SCALE: 1:1	29/4/2559

รูปที่ ค.10 แบบรวม

ประวัติคณะนิสิตผู้จัดทำโครงงาน

ชื่อ นายณัฐพล หาแก้ว

ภูมิลำเนา 77/13 ม.4 ต.ท่าหลวง อ.เมือง จ.พิจิตร 66000

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสระหลวงพิทยาคม พิจิตร
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Topienu27@gmail.com

ชื่อ นายอนุสรณ์ โพธิ์ทอง

ภูมิลำเนา 123 หมู่ 6 ตำบลจอมสวรรค์ อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย 57110

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดเชียงราย
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail : Anusonh97@gmail.com