



การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ
ในอุตสาหกรรมสุภาพ

นันทพันธ์ กนกศิริรุจิยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF SPECIMEN HANDLING SYSTEMS
BY USING AUTOMATED VEHICLES IN HEALTHCARE

NUNTHAPHAN KANOKSIRIRUJISAYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR IN INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2019
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถยนต์อัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ

ผู้วิจัย นายนันท์พันธ์ กนกศิริจุฑิชา

คณะกรรมการสอบ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สิ้นธุเชาวน์	ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร ภูนิคม	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชуда พันธุ์นิกุล	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร ภูนิคม)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มงคล ปุษยตานนท์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปีการศึกษา 2562

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของหลายหน่วยงาน ที่ได้ให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการดำเนินงานเพื่อใช้ประกอบในการดำเนินงานจนทำให้สำเร็จ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศร ภูนิคม อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยให้ความกรุณาช่วยเหลือแนะนำและตรวจสอบการดำเนินงาน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ สินธุ์เชาวน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธารชуда พันธุ์นิกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงดัชรินทร์ ภูนิคม รองผู้อำนวยการฝ่ายห้องปฏิบัติการ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำงานวิจัยตลอดจนข้อมูลอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เจ้าหน้าที่ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้คำแนะนำ

ท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ดร.บัญชา เกติมณี อธิการบดี ดร.นภวรรณ แยมชุตี ผู้รับใบอนุญาต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุไรรัตน์ แยมชุตี รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ และ ดร.อุดม เพ็องพืง นายกสภามหาวิทยาลัยธนบุรี ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา และให้กำลังใจในการดำเนินงานและเป็นแรงบันดาลใจในการทำวิจัยให้สำเร็จ ดังที่ผู้วิจัยได้ตั้งใจไว้

นันทพันธ์ กนกศิริรุจิยา
ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

เรื่อง : การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ
ในอุตสาหกรรมสุขภาพ
ผู้วิจัย : นันทพันธ์ กนกศิริรุจิขยา
ชื่อปริญญา : ปรัชญาคุณภิวัตน์
สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิต ภูมิคม
คำสำคัญ : พาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV, การประเมินดัชนีความผิดปกติ, หลักการวิทยาศาสตร์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์และระบุปัญหาพร้อมทั้งการออกแบบระบบการลำเลียงขน ด้วยยานพาหนะอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และการทดสอบสมรรถนะ โดยการเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) เทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ FSUDEE การวิเคราะห์ท่าทางการทำงานทางด้านการยศาสตร์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจการออกแบบ

ผลการวิจัยในการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ทั้งหมด 4 สถานี ก่อนปรับปรุง พนักงานมีความเมื่อยล้าจากการเดินขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ โดยค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) ที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากกว่า 3.25 คะแนน หลังการปรับปรุง โดยใช้ ยานพาหนะอัตโนมัติ AGV ขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ผลค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) มีค่าเท่ากับ 0 ประสิทธิภาพของยานพาหนะอัตโนมัติ AGV โดยใช้โปรแกรมสำหรับใช้เขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino IDE พร้อมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ควบคุมการทำงานของยานพาหนะอัตโนมัติ AGV ขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์วิ่งตามเส้น ด้วยความเร็ว 1 m/sec ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบคือ 12 โวลต์ 50 แอมแปร์/ชั่วโมง การชาร์ตแบตเตอรี่แต่ละครั้งใช้งานได้นาน 12 ชั่วโมง ค่าความแม่นยำในการหยุด 90% น้ำหนักการบรรทุก 10 กก. จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สามารถนำยานพาหนะอัตโนมัติ AGV เข้ามาทดแทนแรงงานคนได้

ABSTRACT

TITLE : THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF SPECIMEN HANDLING SYSTEMS
BY USING AUTOMATED VEHICLES IN HEALTHCARE

AUTHOR : NUNTHAPHAN KANOKSIRIRUJISAYA

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY

MAJOR : INDUSTRIAL ENGINEERING

ADVISOR : ASST. PROF. KANITSORN POONIKOM, Ph.D.

KEYWORDS : AUTOMATED GUIDED VEHICLE (AGV), ABNORMAL INDEX (AI),
ERGONOMICS

The objectives of this research were to (1) study a process of medical specimen transport, (2) identify its problems, (3) design the handling system by using Automated Guided Vehicle (AGV) and (4) test the competencies through Quality Conversion Function (QFD), the FSUDEE product analysis, and a postural ergonomic analysis to make a decision on the design.

The research results were as follows: (1) regarding the medical specimen transport at four stations before improvement, it showed that the staff were tired from delivering the medical specimens. The average of the abnormal index (AI) was over 3.25. (2) After the improvement of the medical specimen transport via AGVs, the abnormal index was equal to 0. (3) With the efficiency of the AGVs which were programmed on Arduino IDE and inserted with sensors to control their performances, the vehicles could run along the lines at a speed of 1 m/sec. The type of the battery used in the experiment was the 12-volt 50 Ah/hr with 12 hours of battery life per charge. The stopping accuracy reached 90% and the load capacity was 10 kg. From the economic analysis, it indicated that AGVs could be a substitute for human labor.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 สมมติฐานงานวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพ	9
2.2 ความสูญเสีย 7 ประการ	11
2.3 เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ	14
2.4 การตัดสินใจโดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น	28
2.5 เทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ FSUDEE	33
2.6 หลักการของเอจวี	36
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	52
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การวางแผนการดำเนินงาน	66
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	68
3.3 ทดสอบประสิทธิภาพ	75
3.4 การปรับเพื่อการพัฒนา	76
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	79
4.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหา	80
4.3 ผลการพัฒนารูปแบบการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV	114
4.4 ผลการวิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV	115

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 วิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE	126
4.6 ผลการทดสอบรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)	132
4.7 การทดสอบการทำงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ ร่วมกับรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ	139
4.8 ผลการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่หลังการปรับปรุง	142
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	146
5.2 อภิปรายผล	148
5.3 ข้อเสนอแนะ	149
เอกสารอ้างอิง	151
ภาคผนวก	
ก พัฒนาการออกแบบจำลองรถลำเลียงอัตโนมัติ (เอจีวี)ด้วยการกระจายหน้าที่ เชิงคุณภาพ	161
ข การแปลงความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียเพื่อการออกแบบระบบลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจ กรณีศึกษา ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงตร โรงพยาบาลศรีนครินทร์	169
ค แบบสอบถามอาการบาดเจ็บ แบบประเมินดัชนีความไม่ปกติ (AI)	177
ง การออกแบบรถอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์	195
จ การทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)	201
ฉ โปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติและคำสั่งวน Arduino	213
ช วัสดุอุปกรณ์ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)	227
ซ การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE	233
ประวัติผู้วิจัย	253

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัญลักษณ์วิเคราะห์หาทิศทางในการปรับปรุง	18
2.2	สัญลักษณ์ความเชื่อมต่อกัน	19
2.3	ความหมายของสัญลักษณ์ด้านความเกี่ยวเนื่องในทางเทคนิค	20
2.4	สเกลในการเปรียบเทียบความสำคัญหรือความชอบของสองสิ่ง (Pairwise Comparison Scale)	30
2.5	Random Inconsistency Index (RI)	32
2.6	การวิเคราะห์ออกแบบผลิตภัณฑ์ตามวิธีการ The FSUDEE System	35
2.7	การเปรียบเทียบข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม	48
3.1	แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ และระยะเวลาในการดำเนินงาน	67
4.1	ผลการสำรวจและวิเคราะห์รูปแบบการทำงานการเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจ	80
4.2	ผลการสังเคราะห์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)	82
4.3	ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการดำเนินการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	87
4.4	ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษากระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ	91
4.5	จำนวนความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามประเภทของหน่วยงาน	95
4.6	ผลการรวบรวมคำคุณศัพท์ที่ทำการรวบรวมจากวารสาร งานโฆษณา ที่เกี่ยวกับรถขนส่งอัตโนมัติ	96
4.7	ค่าดัชนีความสอดคล้องของค่าแสดงความรู้สึก	97
4.8	คำคุณศัพท์แสดงความรู้สึกที่ผ่านการคัดเลือกจากทีมงานนักออกแบบระบบอัตโนมัติ	99
4.9	ผลการแปลงและเรียบเรียงเสียงของผู้มีส่วนได้เสีย	99
4.10	ผลการจัดกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติจากผู้เชี่ยวชาญ	102
4.11	ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	104
4.12	ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก	105
4.13	ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	106
4.14	ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านรูปแบบ	107
4.15	ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านรูปแบบในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	107
4.16	ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านการใช้งาน	108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.17 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านการใช้งานในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	109
4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านความปลอดภัย	109
4.19 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านความปลอดภัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	110
4.20 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านวัสดุ	111
4.21 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านวัสดุในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	111
4.22 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านความสะดวก	112
4.23 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านความสะดวก ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ	112
4.24 ค่าคะแนนน้ำหนักของปัจจัยจากโปรแกรม Expert Choice 3 อันดับแรก	113
4.25 ผลค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ	117
4.26 ข้อกำหนดทางเทคนิค เป้าหมายทางด้านเทคนิคและค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย	118
4.27 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคโดยเปรียบเทียบ	119
4.28 ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย เป้าหมายของส่วนประกอบย่อยและค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย	120
4.29 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อยสมบูรณ์	123
4.30 การกำหนดคู่จากเมทริกซ์ความขัดแย้ง	124
4.31 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ	125
4.32 การวิเคราะห์ออกแบบผลิตภัณฑ์	127
4.33 การแปลงความต้องการเพื่อในการออกแบบผลิตภัณฑ์	128
4.34 สรุปผลการประเมินคุณภาพ ด้านการเขียนแบบสั่งงานการผลิต	130
4.35 อุปกรณ์และหน้าที่ ในรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)	134
4.36 สรุปผลการทดลองการเดินของรถอัตโนมัติตามรูปแบบต่าง ๆ ด้วยระยะทาง 8 เมตร	136
4.37 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนา	138
4.38 งานที่เกิดขึ้นในการปรับปรุง และผลที่คาดว่าจะได้รับการดำเนินงาน	141
5.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุมรถขนส่งอัตโนมัติ AGV ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนา	147
5.2 การเปรียบเทียบ เวลาการทำงาน ค่าแรง เจ้าหน้าที่ กับ รถขนส่งอัตโนมัติ	148

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	รากศัพท์ของ Quality Function Deployment	15
2.2	โครงสร้างหลักของบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ)	16
2.3	ส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ)	17
2.4	เมทริกซ์การวางแผน	18
2.5	ความสัมพันธ์ตัวอย่างระหว่างตัวแทนลักษณะเฉพาะต่าง ๆ	20
2.6	เมทริกซ์พื้นฐานของ QFD	21
2.7	การส่งผ่านข้อมูลระหว่างเมทริกซ์	22
2.8	การไหลของข้อมูลผ่าน 4 เฟสของ QFD	23
2.9	Kano's Diagram	27
2.10	โครงสร้างของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process)	29
2.11	ขั้นตอน FSUDEE	33
2.12	ส่วนประกอบของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)	34
2.13	วัฏจักรการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)	42
2.14	อลูมิเนียม (Aluminium)	43
2.15	โครงสร้าง Stepping Motor	43
2.16	แผนผังการทำงานของ Stepping Motor	44
2.17	รายละเอียดของ Stepping Motor	45
2.18	รายละเอียดความหมายของชื่อ Model สเต็ปปีงมอเตอร์	45
2.19	เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)	46
2.20	วงจรสำหรับตรวจจับเส้นขนาด 1 จุด (Tractor Circuit)	50
2.21	วงจรสำหรับตรวจจับเส้นขนาด 1 จุด (Tractor Circuit)	51
3.1	การวางแผนงาน	66
3.2	กรอบแนวคิดของการวิจัยการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจ ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุภาพ	73
3.3	กรอบแนวคิดของการวิจัยนวัตกรรมเทคโนโลยีการผลิตรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรม สุภาพ	73
3.4	กระบวนการวิจัยเรื่องการสร้างนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบสิ่งส่งตรวจ ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุภาพ	77
4.1	แผนผังต้นไม้คุณลักษณะของรถขนส่งอัตโนมัติ	101
4.2	โมเดลปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV	114
4.3	รูปแบบความเป็นเลิศในการดำเนินงาน การออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV	114
4.4	เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านแห่งคุณภาพ	116
4.5	เมทริกซ์ความสัมพันธ์ของเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	การออกแบบงาน 3 มิติ รถขนส่งสิ่งตรวจอัตโนมัติ AGV	125
4.7	การประยุกต์เทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE	126
4.8	แบบสั่งงานแบบรถขนส่งสิ่งตรวจระบบอัตโนมัติ	129
4.9	แบบ Assembly รถอัตโนมัติต้นแบบ	132
4.10	แบบ Drawing ของรถ AGV	133
4.11	ส่วนประกอบของรถ AGV	133
4.12	การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบวงกลม	134
4.13	การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบตัว U	135
4.14	การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบเส้นตรงไปกลับ	135
4.15	การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบตัว S	136
4.16	บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่	136
4.17	บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว	137
4.18	สัญญาณออกจากตัวควบคุม PID	138
4.19	การทดสอบสัญญาณออกจากตัวควบคุม PID	139
4.21	เส้นทางการทำงานที่เหมาะสม ของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)	140
4.22	ขั้นตอนการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)	140
4.23	การทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ก่อนและหลังปรับปรุง	141
4.24	เส้นทางการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)	142
4.25	ส่วนประกอบของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ที่ได้จาก QFD	143
5.1	โมเดลปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV	146

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบบริการทางการแพทย์ไทยที่ผ่านมาเป็นการจัดบริการสุขภาพผ่านหน่วยบริการภาครัฐเป็นส่วนใหญ่ โดยการจัดบริการของสถานพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข จะครอบคลุมการให้บริการสาธารณสุขสำหรับผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน รวมทั้งการส่งเสริม การป้องกัน การรักษาพยาบาลและฟื้นฟูสมรรถภาพ โดยระดับบริการสุขภาพของกระทรวงสาธารณสุขแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ระดับปฐมภูมิ ทุติยภูมิ และตติยภูมิ ทั้งนี้จากข้อมูลสรุปสถิติสำคัญ 2556 สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข ระบุว่าประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพภาครัฐต่อค่าใช้จ่ายรวมที่ร้อยละ 75 สูงเป็นอันดับ 2 ของประเทศในกลุ่มอาเซียนรองจากบรูไนจากอดีตสู่ปัจจุบันกรมการแพทย์ได้ให้บริการแก่ประชาชนและสังคมอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากการวางรากฐานประเทศด้านการแพทย์ การพัฒนาวิชาการ และการฝึกอบรม และการผลักดันงานการแพทย์ให้ ขยายครอบคลุมโรคที่เป็นปัญหาด้านสุขภาพ ควบคู่กันนั้นได้ดำเนินการพัฒนาโรงพยาบาลและสถาบันในสังกัด ซึ่งส่งผลให้เกิดความเชี่ยวชาญและมีความเป็นเลิศใน 7 องค์ประกอบ นอกจากนี้ยังได้น้อมนำพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 9 เรื่องปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มาใช้เป็นหลักในการปฏิบัติงานของบุคลากรในองค์กร เพื่อสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีการแพทย์ที่สมคุณค่า มุ่งให้ประชาชนได้รับบริการทางการแพทย์ที่มีคุณภาพ และมาตรฐานวิชาชีพอย่างเสมอภาค พร้อมกับการก้าวสู่ความเป็นเลิศทางการแพทย์เฉพาะทาง และการเป็นองค์กรระดับชาติเทียบเคียงเป็นที่ 1 ใน 3 ของเอเชียรัฐบาล (พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา) ได้ตั้งเป้าหมายเปลี่ยนแปลงประเทศไทยไปสู่ “ประเทศไทย 4.0” เพื่อก้าวข้ามกับดักรายได้ปานกลางที่ประเทศไทยเผชิญอยู่เป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่ “Value-based Economy” หรือเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ทั้งนี้ กรมการแพทย์ได้ตระหนักถึงการมีส่วนร่วมขับเคลื่อนนโยบาย ซึ่งต้องสอดคล้องกับโมเดลขับเคลื่อนประเทศไทย 4.0 เพื่อนำไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนของประเทศ โดยอาศัยระบบนิเวศน์ใน การขับเคลื่อน จากการวิเคราะห์การดำเนินงานของกรมการแพทย์ตามหลัก Six Building Box เพื่อสนับสนุนองค์ประกอบในการขับเคลื่อนความมั่งคั่ง (Engines of Growth) ซึ่งประกอบด้วยกลไกการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมเพื่อการยกระดับผลิตภาพ (Productive Growth Engine) กลไกการขับเคลื่อนด้วยการสร้างการมีส่วนร่วมเพื่อให้คนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมอย่างเท่าเทียมและทั่วถึง (Inclusive Growth Engine) และกลไกการขับเคลื่อนที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (Green Growth Engine) ในยุคโลกาภิวัตน์ (Globalization) การเข้าร่วมกับ Asean Economics Community: AEC ความคาดหวังของผู้รับบริการและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องคุณภาพการรักษาพยาบาลที่ดีที่สุดด้วยต้นทุนต่ำที่สุด กรมการแพทย์มุ่งพัฒนาโรงพยาบาลในสังกัดมีการบริหารงานแบบ Smart Hospital เพื่อให้ประชาชนเข้าถึงระบบการรักษาผ่านระบบ Digital (ระบบนัด ระบบแล็บ ระบบฟังผลการรักษา) สร้างแอปพลิเคชันเพื่อการให้บริการและการให้ความรู้สำหรับประชาชน โดยการนำศักยภาพของโรงพยาบาลซึ่งมีความพร้อมมาใช้โดยการร่วมทุนกับภาคเอกชนโดยแบ่งเป็น 2 ทาง คือ

1) จากการให้บริการการแพทย์ด้วยการพัฒนาการผลิตหุ่นยนต์ดูแลผู้ป่วย การบริการคลินิกเฉพาะทางที่มีคุณภาพสูง และพัฒนาโรงพยาบาลให้เป็น Medical Hub และรับการส่งต่อกรณีต้องการบริการทางการแพทย์ที่มีความซับซ้อนสูงเช่น รังสีศัลยกรรม Cyber Knife ซึ่งสามารถให้รังสีขนาดสูงอย่างแม่นยำไปยังขอบเขตที่จำกัด 2) การผลิตนวัตกรรมทางการแพทย์ อาทิ เลนส์แก้วตาเทียม ตาปลอม การผลิตข้อเข่าเทียม ประสาทหูเทียม นาฬิกาเตือนระดับน้ำตาลในกระแสเลือด ในการนี้ได้พัฒนาระบบบริหารจัดการเพื่อให้พร้อมต่อการพัฒนาโดยการบูรณาการงานและทรัพยากรในกรมให้สอดคล้องประสานกันอย่างมีประสิทธิภาพ การนาระบบบริหารความเสี่ยงมาใช้เพื่อลดความผิดพลาดซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัยสำหรับผู้ป่วย ลดการบริหารการเงินล้มเหลวโดยใช้พัฒนาการดำเนินงานบริการและระบบบัญชีผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อคิด Cost Effectiveness ในการลงทุน พร้อมมุ่งเน้นพัฒนาทักษะบุคลากร อาทิ นักวิชาการเพื่อให้มีความสามารถอยู่ในระดับประเทศ การเตรียมความพร้อมบุคลากรเพื่อขึ้น

โรงพยาบาลในสังกัดกรมทุกแห่งดำเนินงานตามหลักการ GREEN & CLEAN เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ด้วยการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกคนในองค์กร มีบริการที่สอดคล้องกับ Universal Design พัฒนานักวิชาการให้มีศักยภาพระดับนานาชาติ มีฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ทางการแพทย์และสาธารณสุขช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในภาครัฐมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการกำหนดนโยบายและกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับทางสาธารณสุขเป็นฐานในการวิจัยทางการแพทย์ และการวางระบบของสิทธิการรักษาพยาบาล กรมต้องพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการศึกษาด้านการแพทย์ (Computer Aided Medical Education) เพื่อเพิ่มศักยภาพในการพัฒนาบุคลากร เช่น ในการฝึกฝนทักษะในสถานการณ์เสมือนจริง (Medical Simulation) และเพื่อให้มี Productive Growth จึงควรจัดตั้งศูนย์การแพทย์เฉพาะทางกรมการแพทย์ (DMS Medical Complex) ด้วยวิธีการร่วมทุนแบบความร่วมมือภาครัฐและเอกชน (Public Private partnership: PPP) เพื่อช่วยเพิ่มการเข้าถึงบริการทางการแพทย์เฉพาะทางมากขึ้นของประชาชนในหลายๆ กลุ่ม โดยกรมการแพทย์ ตั้งเป้าว่าจะเป็นโรงพยาบาลขนาด 250-300 เตียง มีผู้เชี่ยวชาญทุกสาขาของกรมการแพทย์ เช่น โรคมะเร็ง โรคระบบประสาท โรคทางออกและดวงตา ซึ่งจะเป็ต้นแบบของการร่วมลงทุนและการออกนอกระบบของโรงพยาบาลต่าง ๆ

การพัฒนาระบบบริการโรงพยาบาลให้เป็น Automated Hospital โดยมี Personal Health record เป็นศูนย์กลางของข้อมูลเชื่อมต่อเครื่องมือทางการแพทย์ และ Smart Device เพื่อจับเก็บข้อมูลและสั่งการ เช่น เครื่องจัดยาอัตโนมัติ เครื่องเตือนให้ผู้ป่วยรับประทานยา (Personal digital Device assistance) จัดหา Computer Aided Diagnosis system เช่น เครื่องช่วยแปลผล Mammogram ที่ผ่านการรับรองในระดับนานาชาติ ตลอดจนมีระบบบัญชีและคลังพัสดุอิเล็กทรอนิกส์ คิดค้นและพัฒนา Service aided Robot เพื่อช่วยในการดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดมากขึ้น จัดหาเทคโนโลยี Robotic Surgery เพื่อทำให้การผ่าตัดสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการผ่าตัดโดยเฉพาะการผ่าตัดในที่แคบ ๆ และจะมีการเสียเลือนน้อยกว่าเนื่องจากมีความแม่นยำที่สูงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีความเจ็บและความบอบซ้ำของแผลผ่าตัดน้อยกว่าแบบเดิมซึ่งมีความยุ่งยากและเสี่ยงต่อการมีภาวะแทรกซ้อนสูง จัดทำต้นแบบโรงพยาบาลผสมผสานแพทย์แผนไทยและแพทย์แผนปัจจุบันเพื่อส่งเสริมการใช้แพทย์แผนไทยที่ในการรักษาโรคที่กว้างขวางมากขึ้น พัฒนาโรงพยาบาลให้มี Healing Environment Hospital เพื่อเอื้อให้สิ่งแวดล้อมช่วยเยียวยาผู้ป่วยและส่งผลให้การรักษายาบาล

มีประสิทธิภาพ เกิดบรรยากาศแห่งความสุขในโรงพยาบาล มุ่งเน้นพัฒนาทักษะบุคลากรให้ผู้บริหารมีความสามารถในระดับ Global Health Global Health และพัฒนานักวิชาการในกรมฯให้มีความสามารถอยู่ในระดับ World Authority & Highly Specialized Training และเพื่อให้มี Productive Growth สูงขึ้นมีการบริหารจัดการที่คล่องตัวมากขึ้นจึงพัฒนา DMS Medical Complex ไปเป็นองค์กรมหาชน (ธีรพล โดพันธานนท์, 2559)

โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นศูนย์กลางการรักษาด้านการแพทย์ที่ใหญ่ที่สุดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ทันสมัย เพื่อรองรับปริมาณจำนวนผู้ป่วยที่สูงขึ้น โดยจากการขยายโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขนาด 5,000 เตียงที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทยและอาเซียน ซึ่งเป็นภูมิภาคที่สำคัญ เนื่องจากมีขนาดและจำนวนประชากรมากที่สุด อาคารกัลยาณิพัฒนานุสรณ์ โดยมีความสูงถึง 9 ชั้น พื้นที่ใช้สอยกว่า 21,600 ตารางเมตร จัดสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาผู้ป่วยโรคไต เนื่องในวโรกาสเฉลิมพระเกียรติและน้อมรำลึกถึงพระกรุณาธิคุณสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ทรงมีพระเมตตาต่อผู้ป่วยโรคไตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อจัดตั้ง “ศูนย์กลางการบริการปลูกถ่ายอวัยวะแบบครบวงจร” ซึ่งจำเป็นต้องมีพื้นที่ในการใช้งาน จึงจัดตั้งอาคารกัลยาณิพัฒนานุสรณ์ เพื่อเป็นศูนย์กลางบริการที่ได้มาตรฐาน ประกอบด้วยศูนย์ปลูกถ่ายไต ศูนย์ปลูกถ่ายตับ ศูนย์บริการคลังเลือดกลาง ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงคือ ห้องปฏิบัติการสำหรับตรวจสิ่งส่งตรวจ (Specimens) ของผู้เข้ามารับบริการตรวจทางสุขภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสุขภาพร่างกาย สำหรับประเทศไทย ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ อาจจะมีชื่อเรียกได้หลายแบบ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการทางเทคนิคการแพทย์ ห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิก และห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง รวมทั้งจัดตั้งศูนย์บริการฝึกอบรมบุคลากรทางการแพทย์และพยาบาลต่อความต้องการของหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือและอนุภาคลุ่มน้ำโขง

ดังนั้นโรงพยาบาลศรีนครินทร์ จึงเป็นที่พึ่งของผู้ป่วยที่มาขอรับการรักษา ในแต่ละวันโดยเฉลี่ย โดยแบ่งออกเป็นได้ดังนี้ กลุ่มผู้ป่วยภายนอก 3,000 – 4,000 คนต่อวัน กลุ่มผู้ป่วยภายใน ซึ่งสามารถรับผู้ป่วยข้างขึ้นได้ถึง 1,200 เตียง การรักษาพยาบาลของแพทย์นั้นจะต้องทำ การตรวจสุขภาพ คือ การตรวจร่างกายในภาวะที่เราเป็นปกติ ไม่ได้มีอาการเจ็บป่วยใด ๆ เนื่องจากการตรวจร่างกายมีจุดประสงค์เพื่อค้นหาปัจจัยเสี่ยง และภาวะผิดปกติ ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางป้องกันการเกิดโรค เช่น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เป็นต้น หรือช่วยยับยั้งความรุนแรงของ “ภัยเงียบ” ที่ซ่อนอยู่ในร่างกายเรา โดยเฉพาะโรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก ซึ่งหากตรวจพบโรคในระยะแรก ๆ ความรุนแรงหรือการลุกลามของโรคก็จะลดน้อยลง รวมทั้งการตรวจสุขภาพยังจะช่วยลดโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อน และบางโรคยังอาจเพิ่มโอกาสในการรักษาโรคให้หายขาดได้อีกด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวในการตรวจเพื่อการวินิจฉัยของแพทย์จึงมีความจำเป็นในการเจาะของเหลวต่าง ๆ หรือชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อที่ได้จากร่างกายของผู้ป่วยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าของสารต่าง ๆ หรือหาพยาธิสภาพเพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคในทางการแพทย์ซึ่งส่งตรวจส่วนใหญ่เป็นเลือด (Whole blood) ปัสสาวะ (Urine) อุจจาระ (Feces) น้ำไขสันหลัง (CSF) น้ำจากช่องปอด (Pleural effusion) น้ำจากช่องท้อง (Peritoneal หรือ Ascitic fluid) น้ำจากช่องเยื่อหุ้มหัวใจ (Pericardial fluid) น้ำจากข้อต่าง ๆ (Synovial fluid) เสมหะ (Sputum) หนอง (Pus) Urethra discharge, Vagina discharge,

Rectal swab, pap smear และชิ้นเนื้อที่ได้จากการผ่าตัด สิ่งส่งตรวจเหล่านี้มีวิธีการเก็บและใช้อุปกรณ์หรือภาชนะที่ใช้บรรจุแตกต่างกันไปตามลักษณะงานตรวจวิเคราะห์นั้น ๆ หลังจากนั้นภาชนะที่ใช้เก็บสิ่งส่งตรวจต่าง ๆ จะต้องติดฉลาก (Label) บอกรายละเอียดของสิ่งส่งตรวจให้ถูกต้องชัดเจน อ่านง่าย ก่อนนำส่งห้องปฏิบัติการ ปริมาณในการตรวจโดยเฉลี่ย คนไขหนึ่งราย ประมาณ 1-5 ตัวอย่าง หรือ 4,000-5,000 หลอดต่อวัน

หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่นำสิ่งส่งตรวจไปตามแผนกต่าง ๆ ภายในโดยมีระยะทาง 120 เมตรต่อรอบ ซึ่งในแต่ละวันต้องเดินเป็นจำนวนหลาย ๆ รอบรวมระยะทางต่อวันเฉลี่ย เจ้าหน้าที่ซึ่งมี 15 นาย ต้องผลัดเปลี่ยนกันเดินคนละ 3 กิโลเมตรขึ้นกับความถี่ในการสิ่งส่งตรวจที่ต้องเร่งรีบในการตรวจวินิจฉัยเพื่อตรวจหาสาเหตุของการป่วยแล้วรายงานผลการให้แพทย์ทราบถึงผลในการตรวจการวินิจฉัยโรคเพื่อการรักษาคนไข้ให้ทันต่อการรักษาของคนไข้ ทั้งการตรวจผู้ป่วยภายนอก และผู้ป่วยภายใน ตลอดจนผู้ป่วยในเขตพื้นที่ใกล้เคียงในเขตภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ความเมื่อยล้าของเจ้าหน้าที่ที่ส่งผลให้การทำงานไม่ได้ประสิทธิภาพด้านการบริการ ตลอดจนความเสี่ยงต่อกับสัมผัสโดยตรงของเชื้อโรคในกระบวนการผลิตมักจะพบว่า มีความสูญเสียต่าง ๆ แฝงอยู่ไม่มากนักน้อย ซึ่งเป็น เหตุให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ใช้เวลานานในการผลิต สินค้าคุณภาพต่ำ ต้นทุนสูง ดังนั้นจึงมีแนวคิดเพื่อพยายามจะลดความสูญเสียเหล่านี้เกิดขึ้นมากมาย แนวคิดหนึ่งที่เกิดขึ้นโดย Mr.Shigeo Shingo และ Mr.Taichi Ohno (Shingo and Ohno, 1970) คือ ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูญเสีย 7 ประการ ระบบการลำเลียงสิ่งส่งตรวจ มีความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation) การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ ดังนั้นจึงต้องควบคุมและลดระยะทางในการขนส่งลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ปัญหาจากการขนส่ง ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน การเสียเวลาในการขนส่ง วัสดุเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม เกิดอุบัติเหตุหากขาดความระมัดระวังในการขนส่ง ขั้นตอนการปรับปรุง วางผังเครื่องจักรใหม่ จัดลำดับเครื่องจักรตามกระบวนการผลิตให้อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งในแต่ละขั้นตอน ลดการขนส่งซ้ำซ้อน ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม ลดปริมาณชิ้นงานในการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถส่งงานไปให้ขั้นตอนต่อไปได้เร็วขึ้นไม่ต้องเสียเวลารอนาน และความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion) ทำทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มตัวยกของหนักที่วางอยู่บนพื้น ฯลฯ ทำให้เกิดความล้าต่อร่างกายและทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานอีกด้วย ปัญหาจากการเคลื่อนไหวในการขนส่งคือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการขนส่งสิ่งส่งตรวจ เกิดความล่าและความเครียด อุบัติเหตุเสียเวลาและแรงงานในการทำงานที่ไม่จำเป็น แนวทางในการปรับปรุง ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิด การเคลื่อนไหวน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) เท่าที่จะทำได้ จัดสภาพการทำงาน (Working condition) ให้เหมาะสม ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, Fixtures) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ในภาวะปัจจุบันองค์กรที่จะอยู่รอดได้หรือแข่งขันได้นั้น จะต้องแสวงหาวิธีการในการปรับปรุงการผลิต บริการ เพื่อเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุน ส่งมอบทันเวลา และมีความสามารถในการทำกำไร และดำเนินกิจการต่อไปได้อย่างยั่งยืน การเพิ่มผลิตภาพ และการลดต้นทุน เป็นแนวทางในการพยายามลด

ความสูญเสียทุกรูปแบบในกระบวนการทำงานทุกสายงาน ซึ่งหากไม่ให้ความสนใจ สังเกต ค้นหา และพยายามปรับปรุงแก้ไขวิธีการทำงานนั้น ๆ ให้ดีขึ้นจะทำให้องค์กรมีต้นทุนที่สูง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยได้เร่งเห็นความสำคัญในการรักษาพยาบาลที่ต้องแข่งขันกับเวลาต่อการรักษาคนไข้ ที่จะมีปริมาณคนไข้มาก เจ้าหน้าที่ฝ่ายห้องปฏิบัติการก็ต้องแข่งขันกับเวลาในการตรวจและการส่งตรวจต่อแพทย์ผู้รักษา เจ้าหน้าที่อยู่ในสภาวะความอ่อนล้ากล้ามเนื้อ ซึ่งด้วยระยะทางที่เพิ่มจากเดิมด้วยการย้ายที่อยู่อาคารหลังใหม่ ตลอดจนจำนวนเจ้าหน้าที่ที่มีไม่เพียงพอต่อการให้บริการในด้านอื่น ๆ จากการศึกษาค้นพบว่าต้องนำระบบช่วยการขนส่งลำเลียง สิ่งส่งตรวจ ไปยังห้องต่าง ๆ เพื่อช่วยลดระยะเวลา ระยะทาง เพื่อประสิทธิภาพ การให้บริการแก่แพทย์และผู้ป่วยภายในและผู้ป่วยภายนอก โดยการนำเทคนิคการเพิ่มคุณภาพและตลอดจนได้ประยุกต์ศาสตร์ทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมเพื่อช่วยในการออกแบบและวางแผนระบบการเดินรถ AGV (Automated Guided Vehicle) อัตโนมัติจากภาคอุตสาหกรรม นำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านทางการแพทย์ เป็นรถที่มีการขับเคลื่อนโดยไม่มีคนขับ เคลื่อนไปตามทางบนแทบแม่เหล็ก สามารถควบคุมเส้นทางเดินของรถได้ด้วยอุปกรณ์ชนิดโซลิต-สเตท ที่ทำงานแบบลอจิก การออกแบบการทำงานของ พีแอลซี PLC (Programmable Logic Control) จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานพีแอลซี จะประกอบด้วย อุปกรณ์ที่เรียกว่า โซลิต-สเตท ลอจิกเอเลเมนต์ (Solid-State Digital Logic Element) เพื่อให้การทำงานและการตัดสินใจเป็นแบบลอจิกรถ AGV (Automated Guided Vehicle) ทำงานได้ตรงเวลา ไม่ต้องการเวลาหยุดพัก และไม่ลาหยุดหรือลากิจ ลดความผิดพลาดจากคน เช่น ลดความล่าช้าของการส่งสิ่งส่งตรวจและอุปกรณ์จากเจ้าหน้าที่และการจราจรในโรงงาน สามารถรับน้ำหนักได้มาก จึงลดความเมื่อยล้าจากเจ้าหน้าที่เข็นขนส่งสิ่งส่งตรวจและอุปกรณ์ ลดปัญหามลพิษในโรงพยาบาล เนื่องจากใช้แบตเตอรี่ สามารถลดค่าใช้จ่ายจากค่าแรงงานและค่าบำรุงรักษารถขนส่ง ลดค่าใช้จ่ายจากการเขียนโปรแกรม ค่าบริการ ค่าอะไหล่ที่แพงจากบริษัทผู้ผลิต ลงได้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์และระบุปัญหาพร้อมทั้งทบทวนทฤษฎีการออกแบบการลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ
- 1.2.2 เพื่อออกแบบพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)
- 1.2.3 เพื่อสร้างพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ และหาค่าพารามิเตอร์ ในการควบคุมระบบของ AGV (Automated Guided Vehicle)
- 1.2.4 เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.3 สมมติฐานงานวิจัย

- 1.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกใช้ระบบอัตโนมัติในกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) จากท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen)

1.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และระบบนำร่องพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ

1.3.3 ได้แบบจำลองในการออกแบบ 3D พาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) เพื่อใช้ในการเขียนแบบสั่งงาน (Working Drawings)

1.3.4 ได้ต้นแบบระบบอัตโนมัติในกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.3.5 การทดสอบหาสมรรถนะของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และระบบนำร่องอัตโนมัติในกระบวนการขนส่งตัวอย่าง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเทคนิคด้านการปรับปรุงคุณภาพในภาคอุตสาหกรรม มาประยุกต์ใช้ในงานบริการด้านอุตสาหกรรมทางการแพทย์

1.4.1 สถานที่ในการวิจัย ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) ชั้น 9 อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.4.2 กลุ่มประชากร ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1.4.2.1 กลุ่มผู้มีส่วนได้เสีย ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) ชั้น 9 อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้แก่ คณบดี คณะแพทย์ รองคณบดี ผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการ หัวหน้า และเจ้าหน้าที่

1.4.2.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ด้านการออกแบบวางผังโรงงาน ระบบอัตโนมัติ และในสาขาที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.4.3 ดำเนินการรวบรวมข้อมูลจาก ข้อ 1.4.1 และข้อ 1.4.2.1 โดยวิธีการแบบเฉพาะเจาะจง ขั้นตอนคือการเข้าพบหารือกับผู้มีส่วนได้เสียโดยตรง เพื่อการวิเคราะห์หาแนวทาง การออกแบบระบบอัตโนมัติในกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.4.4 ใช้แบบประเมินการทำงานของเจ้าหน้าที่ปฏิบัติห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) เพื่อใช้ประเมินระดับความรุนแรงของปัญหาการคำนวณค่าดัชนีความผิดปกติ (Abnormal Index AI) และใช้การวิเคราะห์ประเมินปัจจัยเสี่ยงต่อการยศาสตร์ด้วยวิธี ทำทางในการประเมิน ได้แก่ การเดินขนส่ง Specimen ของผู้ปฏิบัติงาน และถ่ายภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวในการทำงานเปรียบเทียบกับก่อน และหลังปรับปรุง

1.4.5 ออกแบบระบบอัตโนมัติในกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.4.6 สร้างพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.4.7 ทดสอบหาสมรรถนะของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และระบบนำร่องอัตโนมัติในกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.5.2 ได้ต้นแบบกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.5.3 ได้ต้นแบบของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.5.4 ทราบถึงสมรรถนะของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 พาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) หมายถึง รถขนส่งวัสดุอัตโนมัติ ที่ควบคุมให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ หรือหยุดในตำแหน่งต่าง ๆ โดยระบบคอมพิวเตอร์

1.6.2 ตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ หมายถึง สิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งตัวอย่างของมนุษย์ เช่น โลหิตวิทยาธนาการเลือด จุลทรรศนศาสตร์คลินิก เคมีคลินิก ภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก จุลชีววิทยาคลินิก ประสาทวิทยา พืชวิทยา นิติวิทยาศาสตร์ ชีววิทยาระดับโมเลกุลและมนุษย์ พันธุศาสตร์ อนุพันธุศาสตร์ เทคโนโลยีเกี่ยวกับเซลล์ต้นกำเนิด (Stem cell)

1.6.3 ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) หมายถึง ห้องปฏิบัติการสำหรับตรวจสิ่งส่งตรวจ (Specimens) ของผู้เข้ารับบริการตรวจทางสุขภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสุขภาพร่างกาย สำหรับประเทศไทย ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ อาจจะมีชื่อเรียกได้ หลายแบบ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการทางเทคนิคการแพทย์ ห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิก และห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง เป็นต้น

1.6.4 สมรรถนะ หมายถึง การวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (OEE – Overall Equipment Effectiveness) เป็นวิธีการวัดประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เครื่องจักรที่ดีไม่ใช่เป็นเพียงแค่เครื่องจักรที่ไม่เสีย หากแต่ต้องเป็น เครื่องจักรที่เปิดขึ้นมาแล้วทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

1.6.5 Abnormal Index (AI) หมายถึง การประเมินดัชนีความผิดปกติ

1.6.6 Efficiency Improvement หมายถึง การเพิ่มประสิทธิภาพ

1.6.7 Equipment Design หมายถึง การออกแบบอุปกรณ์

1.6.8 Ergonomics หมายถึง หลักการยศาสตร์

1.6.9 Methods Improvement หมายถึง การปรับปรุงวิธีการทำงาน

1.6.10 Musculoskeletal Disorders (MSDS) หมายถึง โรคความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก

1.6.11 Posture Assessment หมายถึง การประเมินท่าทางการทำงาน

1.6.12 Postural fatigue หมายถึง ความเมื่อยล้าจากการทำงาน

1.6.13 Risk Assessment หมายถึง การประเมินความเสี่ยง

1.6.14 Rapid Upper Limb Assessment (RULA) หมายถึง การประเมินการทำงานของร่างกาย
ส่วนบน

1.6.15 Rapid Entire Body Assessment (REBA) หมายถึง การประเมินการทำงานทั้งร่างกาย

1.6.16 Time Reduction หมายถึง การลดเวลา

1.6.17 Work Improvement หมายถึง การปรับปรุงการทำงาน

1.6.18 Workstation หมายถึง สถานที่ทำงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิจัย โดยมีหัวข้อที่สำคัญดังนี้

- 2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพ
- 2.2 ความสูญเสีย 7 ประการ
- 2.3 เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ
- 2.4 การตัดสินใจโดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น
- 2.5 เทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ FSUDEE
- 2.6 หลักการของเอจี้วี
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเพิ่มประสิทธิภาพ

การเพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency) เป็นกระบวนการวางแผนที่มีมุ่งจะพัฒนาความสามารถขององค์กร เพื่อให้สามารถที่จะบรรลุและดำรงไว้ซึ่งระดับการปฏิบัติงานที่พอใจที่สุด ซึ่งสามารถวัดได้ในแง่ของประสิทธิภาพ ประสิทธิผล และความเจริญเติบโตขององค์กร

(1) การเพิ่ม หมายถึง จำนวนที่มากขึ้น ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงขึ้น รูปแบบของผลผลิตสวยงามขึ้น การบริการที่รวดเร็วขึ้น

(2) ประสิทธิภาพ หมายถึง การทำงานที่มีการใช้ทรัพยากรการบริหารให้เกิดประโยชน์สูงสุด

(3) ประสิทธิผล หมายถึง การทำงานที่บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดไว้

(4) ส่วนองค์กร หมายถึง หน่วยงานต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในสังคมที่เราอาศัยอยู่ เช่น โรงเรียน บริษัทห้างร้าน หน่วยงานราชการต่าง ๆ โรงพยาบาล โรงงาน นั่นเอง

จากความหมายของการเพิ่มประสิทธิภาพในองค์กรสรุปได้ว่าต้องการให้องค์กรมีการเปลี่ยนแปลงมีความก้าวหน้าขึ้นในอนาคตโดยใช้ความรู้ทางด้านบริหารและการบริหารทรัพยากรมนุษย์ประยุกต์เป็นหลักและทิศทางการก้าวหน้าขององค์กรในอนาคตเป็นระบบที่องค์กรได้จัดรูปแบบให้อำนวยต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และสร้างกลุ่มทำงานอย่างมีประสิทธิภาพให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพให้กับองค์กร ทบทวนวรรณกรรมของการเพิ่มประสิทธิภาพ การที่ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงขึ้น รูปแบบของผลผลิตสวยงามขึ้น การบริการที่รวดเร็วขึ้นและการทำงานที่มีการใช้ทรัพยากรการบริหารให้เกิดประโยชน์สูงสุดซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นจึงนำการเพิ่มประสิทธิภาพมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการโลจิสติกส์โดยแนวคิดทฤษฎีลีนกับโลจิสติกส์การผลิต

ปีเตอร์สัน และพลาวแมน (Peterson and Plowman, 1980; อ้างอิงจาก ญัฐวัฒน์ วงศ์อาษา, 2555: 8) ได้ให้ความหมายของคำว่า ประสิทธิภาพในการบริหารงานด้านทางธุรกิจ ในความหมาย

อย่างแคบว่าหมายถึง การลดต้นทุนในการผลิต และความหมายอย่างกว้าง หมายถึงคุณภาพของการมีประสิทธิภาพ (Quality of Effectiveness) และความสามารถในการผลิต (Competence and Capability) และในการดำเนินงานทางด้านธุรกิจที่จะถือว่ามี ประสิทธิภาพสูงสุด ก็เพื่อสามารถผลิตสินค้า หรือบริการ ในปริมาณและคุณภาพที่ต้อง การที่เหมาะสมและต้นทุนน้อยที่สุดเพื่อคำนึงถึงสถานการณ์และข้อผูกพันด้านการเงินที่มีอยู่ ดังนั้นแนวความคิดของคำว่าประสิทธิภาพในด้านธุรกิจมีองค์ประกอบ 5 ประการ คือ ต้นทุน (Cost) คุณภาพ (Quality) ปริมาณ (Quantity) และวิธีการ (Method) ในการผลิต

มิลเลท (Millet, 1980; อ้างอิงจาก กฤติน ชุณหะวัณโชติ, 2557: 18) ได้ให้ทฤษฎีเกี่ยวกับ ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ผลการปฏิบัติงานที่ก่อให้เกิดความพึงพอใจแก่ มวลมนุษย์ และ ได้รับผลกำไรจากการปฏิบัติงานนั้น (Human Satisfaction and Benefit Produced) ซึ่งความพึงพอใจ หมายถึง ความพึงพอใจในการบริการให้กับประชาชน โดย พิจารณาจาก

- (1) การให้บริการอย่างเท่าเทียม (Equitable Service)
- (2) การให้บริการอย่างรวดเร็วและทันเวลา (Timely Service)
- (3) การให้บริการอย่างเพียงพอ (Ample Service)
- (4) การให้บริการอย่างก้าวหน้า (Progression Service)

ทิพาวลี เมฆสวรรค์ ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพในระบบราชการมีความหมายรวมถึงผลิตภาพ และ ประสิทธิภาพ โดยประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่วัดได้หลายมิติตามแต่วัตถุประสงค์ที่ต้องการพิจารณา คือ

- (1) ประสิทธิภาพในมิติของค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนของการผลิต (Input) ได้แก่ การใช้ทรัพยากร การบริหาร คือ คน เงิน วัสดุ เทคโนโลยี ที่มีอย่างประหยัด คุ่มค่า และ เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด
- (2) ประสิทธิภาพในมิติของกระบวนการการบริหาร (Process) ได้แก่ การทำงานที่ถูกต้องได้ มาตรฐาน รวดเร็ว และใช้เทคโนโลยีที่สะดวกกว่าเดิม
- (3) ประสิทธิภาพในมิติของผลผลิตและผลลัพธ์ ได้แก่ การทำงานที่มีคุณภาพเกิดประโยชน์ต่อ สังคม เกิดผลกำไร ทันเวลา ผู้ปฏิบัติงานมีจิตสำนึกที่ดีต่อการทำงานและ บริการเป็นที่พอใจของลูกค้า หรือผู้มารับบริการ

ทิพาวดี เมฆสวรรค์ (2550; อ้างอิงจาก ไพฑูรย์ ปะการะพัง, 2555: 10) ได้เสนอแนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารงานภาครัฐโดยศึกษาการปรับปรุงระบบ ราชการของต่างประเทศ ที่ได้รับการยอมรับว่าประสบความสำเร็จได้ดังนี้

- (1) ต้องกำหนดแนวทางและเป้าหมายของการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน หมายถึง ระบุการทำงานที่มี ประสิทธิภาพยึดถือผลสำเร็จ หรือผลสัมฤทธิ์ของงาน (Results) เป็นหลักในการดำเนินงานโดยมุ่งที่ ผลลัพธ์ (Outcome) โดยมีการประเมินผล และวัดผลสำเร็จของงานอย่างเป็นรูปธรรมสามารถตอบสนอง และสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าผู้มารับบริการ ปรับปรุงโครงสร้าง และระบบงานเพื่อยุบเลิกงานที่ซ้ำซ้อน โดยสร้างสรรค์กระบวนการ ทำงานใหม่ ลดขนาดกำลังคน เพื่อลดค่าใช้จ่ายขององค์กรด้านบุคลากร มีการกระจายอำนาจการตัดสินใจจากระดับบนสู่ระดับเจ้าหน้าที่

- (2) ระบบการบริหารงานที่จะยึดผลสำเร็จของงาน และผลลัพธ์ขององค์กรเป็นหลักสำคัญในการดำเนินการ รวมทั้งใช้มาตรการจูงใจและให้รางวัลตอบแทนแก่องค์กรที่ประสบความสำเร็จ

2.2 ความสูญเสีย 7 ประการ

2.2.1 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)

การผลิตสินค้าปริมาณมากเกินไปความต้องการการใช้งานในขณะนั้น หรือผลิตไว้นานเกินไปเป็นเวลานาน มาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้นตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในแต่ละครั้งโดยไม่ได้คำนึงถึงจะทำให้มีงานระหว่างทำ (Work in Process: WIP) ในกระบวนการเป็นจำนวนมากและทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

2.2.1.1 ปัญหาจากการผลิตมากเกินไป

- 1) เสียเวลาและแรงงานไปในการผลิตที่ยังไม่จำเป็น
- 2) เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ WIP
- 3) เกิดการขนย้าย
- 4) ของเสียไม่ได้รับการแก้ไขทันที
- 5) ต้นทุนจม
- 6) ปิดบังปัญหาการผลิต

2.2.1.2 การปรับปรุง

- 1) บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมผลิตตลอดเวลา
- 2) ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร โดยศึกษาเวลาในการตั้งเครื่องจักร จากนั้นทำ

การปรับปรุง

2.1) จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มตั้งเครื่อง

2.2) แยกขั้นตอนที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังทำงานอยู่ออกจากขั้นตอนที่ต้องทำ เมื่อเครื่องจักรหยุดเท่านั้น

2.3) จัดลำดับขั้นตอนในการตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสม

2.4) กระจายงานอย่างเหมาะสมโดยไม่ให้เกิดการรอนาน

2.5) จัดหา/ทำอุปกรณ์เพื่อช่วยในการกำหนดตำแหน่งอย่างรวดเร็ว

3) ปรับปรุงขั้นตอนที่เป็นคอขวด (Bottle-neck) ในกระบวนการเพื่อลดรอบ

เวลาการผลิต

4) ผลิตในปริมาณและเวลาที่ต้องการเท่านั้น

5) ฝึกให้พนักงานมีทักษะหลายอย่าง

2.2.2 ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)

การซื้อวัสดุคราวละมาก ๆ เพื่อเป็นประกันว่าจะมีวัสดุสำหรับผลิตตลอดเวลาหรือเพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อ จะส่งผลให้วัสดุที่อยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินไปความต้องการใช้งานอยู่เสมอเป็นภาระในการดูแลและการจัดการ

2.2.2.1 ปัญหาจากการเก็บวัสดุคงคลัง

- 1) ใช้พื้นที่จัดเก็บมาก
- 2) ต้นทุนจม
- 3) วัสดุเสื่อมคุณภาพ (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่ดีพอ)
- 4) สั่งซื้อซ้ำซ้อน (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่เพียงพอ)

5) ต้องการแรงงานและการจัดการมาก

2.2.2.2 การปรับปรุง

- 1) กำหนดระดับในการจัดเก็บ มีจุดสั่งซื้อที่ชัดเจน
- 2) ควบคุมปริมาณวัสดุ โดยใช้เทคนิคการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual control) เพื่อให้สามารถเข้าใจและสังเกตได้ง่าย
- 3) ใช้ ระบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in first out) เพื่อป้องกันไม่ให้มีวัสดุตกค้างเป็นเวลานาน
- 4) วิเคราะห์หาวัสดุทดแทน (Value engineering) ที่สามารถสั่งซื้อได้ง่ายมาใช้แทน เพื่อลดปริมาณวัสดุที่ต้องหาการจัดเก็บ

2.2.3 ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation)

การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ ดังนั้นจึงต้องควบคุมและลดระยะทางในการขนส่งลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

2.2.3.1 ปัญหาจากการขนส่ง

- 1) ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน
- 2) เสียเวลาในการผลิต
- 3) วัสดุเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม
- 4) เกิดอุบัติเหตุหากขาดความระมัดระวังในการขนส่ง

2.2.3.2 การปรับปรุง

- 1) วางผังเครื่องจักรใหม่ จัดลำดับเครื่องจักรตามกระบวนการผลิตให้อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งในแต่ละขั้นตอน
- 2) ลดการขนส่งซ้ำซ้อน
- 3) ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม
- 4) ลดปริมาณชิ้นงานในการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถส่งงานไปให้ขั้นตอนต่อไปได้เร็วขึ้นไม่ต้องเสียเวลารอนาน

2.2.4 ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มด้วยกของหนักที่วางอยู่บนพื้น ฯลฯ ทำให้เกิดความล้าต่อร่างกายและทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานอีกด้วย

2.2.4.1 ปัญหาจากการเคลื่อนไหว

- 1) เกิดระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิต
- 2) เกิดความล้าและความเครียด
- 3) อุบัติเหตุ
- 4) เสียเวลาและแรงงานในการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.2.4.2 การปรับปรุง

- 1) ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) เท่าที่จะทำได้
- 2) จัดสภาพการทำงาน (Working condition) ให้เหมาะสม

3) ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

4) ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, Fixtures) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

5) ออกกำลังกาย

2.2.5 ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing)

เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการทำงานซ้ำ ๆ กันในหลายขั้นตอน ซึ่งไม่มีความจำเป็นเพราะงานเหล่านั้นไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นหรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงาน หรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

2.2.5.1 ปัญหาจากกระบวนการผลิต

- 1) เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นของการทำงาน
- 2) สูญเสียพื้นที่การทำงานสำหรับกระบวนการนั้น ๆ
- 3) ใช้เครื่องจักรและแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์

2.2.5.2 การปรับปรุง

- 1) วิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ Operation Process Chart
- 2) ใช้หลักการ 5 W 1 H เพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ
- 3) หากกระบวนการทดแทนที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ของงานอย่างเดียวกัน

2.2.6 ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิตเช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

2.2.6.1 ปัญหาจากการรอคอย

- 1) ต้นทุนที่สูญเสียไปของแรงงาน เครื่องจักร และค่าเสียหาย ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม
- 2) เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส
- 3) เกิดปัญหาเรื่องขวัญและกำลังใจ

2.2.6.2 การปรับปรุง

- 1) จัดวางแผนการผลิต วัตถุดิบและลำดับการผลิตให้ดี
- 2) บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
- 3) จัดสรรงานให้มีความสมดุล
- 4) วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และจัดสรรกำลังคนให้เหมาะสม

5) เตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง

6) ใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

2.2.7 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

เมื่อของเสียถูกผลิตออกมา ของเสียเหล่านั้นอาจถูกนำไปแก้ไขใหม่ ให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการ หรือถูกนำไปกำจัดทิ้ง ดังนั้นจึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียขึ้น

2.2.7.1 ปัญหาจากการผลิตของเสีย

- 1) ต้นทุนวัตถุดิบ เครื่องจักร แรงงาน สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์
- 2) สิ้นเปลืองสถานที่ในการจัดเก็บและกำจัดของเสีย
- 3) เกิดการทวงงานซ้ำเพื่อแก้ไขงาน
- 4) เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

2.2.7.2 การปรับปรุง

- 1) มีมาตรฐานของงานและมาตรฐานของวัตถุดิบที่ถูกต้อง
- 2) พนักงานต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามมาตรฐานตั้งแต่แรก
- 3) พยายามปรับปรุงอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันการทำงานที่ผิดพลาด

(Poka-Yoke)

- 4) ฝึกให้พนักงานมีจิตสำนึกทางด้านคุณภาพ
- 5) ให้มีการตอบสนองข้อมูลทางด้านคุณภาพอย่างรวดเร็วในทุกขั้นตอนการผลิต

(Quick response system)

- 6) ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)
- 7) ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transpiration)
- 8) ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)
- 9) ความสูญเสียเนื่องจากระบวนการผลิต (Processing)
- 10) ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)
- 11) ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

2.3 เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ

ประวัติความเป็นมาของการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่น เมื่อช่วงประมาณทศวรรษที่ 60 โดย Prof.Dr.Yoji Akao ตั้งแต่ปี 1995 จนกระทั่งประมาณปี 1972 (Akao, 1997) ได้มีการนำเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ นี้ไปใช้ในการพัฒนาออกแบบเรือขนาดใหญ่ที่อู่ต่อเรือ (Shipyard) ของบริษัทมิตซูบิชิเฮฟวี่อินดัสตรี (Mitsubishi Heavy Industries Ltd.) ประเทศญี่ปุ่น และประสบความสำเร็จจึงเริ่มเป็นที่รู้จักมากขึ้น และหลังจากนั้นประมาณ คริสต์ศักราช 1980 บริษัทโตโยต้าประเทศญี่ปุ่นได้เทคนิคดังกล่าวนี้นำมาประยุกต์ใช้กับผู้ผลิตชิ้นส่วนทั้งหมดที่ส่งให้ทางบริษัทเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบให้มีคุณภาพทุกขั้นตอนส่วนทางด้านฝั่งประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกา เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) ได้นำมาใช้ครั้งแรกประมาณ คริสต์ศักราช 1984 ในบริษัท Ford Motor ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเพิ่มขึ้นจนเป็นสถาบัน Ford Supplier Institute เพื่อ

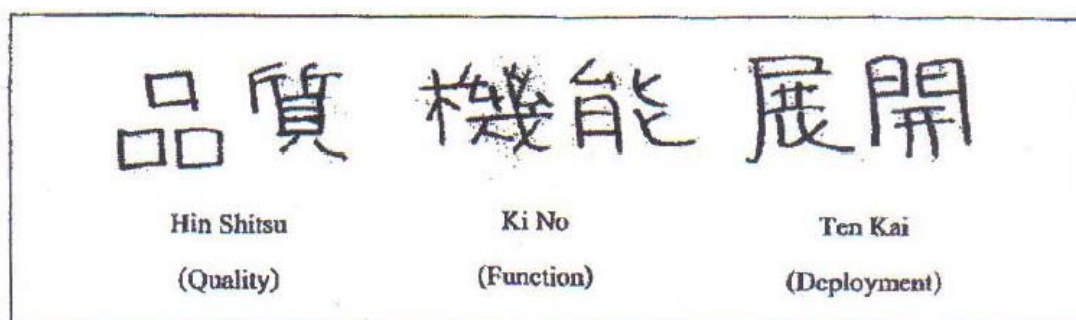
ใช้ในการพัฒนาคุณภาพของผู้ผลิตชิ้นส่วนให้ทางบริษัท หลังจากนั้นเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) ถูกนำไปใช้ต่อไปอย่างแพร่หลายในปัจจุบันเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) ยังมีหน่วยงานและองค์กรสำคัญที่เกี่ยวข้องตั้งขึ้นมากมายหลายองค์กร แต่ที่สำคัญ ๆ นั้นมีอยู่ 2 องค์กรหลัก ๆ ได้แก่ สถาบัน American Supplier Institute (ASI) และ GOAL/QPC ที่ได้ตั้งขึ้นเพื่อให้การฝึกอบรมและการให้คำปรึกษาทางด้านการใช้เทคนิค QFD

คำจำกัดความของเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment) มีคำจำกัดความดังแสดงในภาพที่ 2.1 และได้มีผู้ให้คำจำกัดความของเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพไว้หลากหลายความหมาย ดังนี้

American Supplier Institute (1987) ให้ความหมายว่า เป็นระบบการถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายที่เหมาะสมของบริษัทในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การวิจัยผลิตภัณฑ์ การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การผลิต การจำหน่าย การติดตั้งและการตลาด การขายและการบริการ

พิชัย ลิขิตพัฒน์ไพบุลย์ (2542) ให้ความหมายของเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพว่าเป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนโครงสร้างผลิตภัณฑ์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทีมงานพัฒนาความสามารถลงไปสู่รายละเอียดความต้องการ ของลูกค้าได้ รวมทั้งประเมินผลข้อเสนอผลิตภัณฑ์หรือบริการแต่ละรายการได้อย่างเป็นระบบ ทั้งนี้จะต้องอยู่ในส่วนของผลกระทบต่อความสอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า

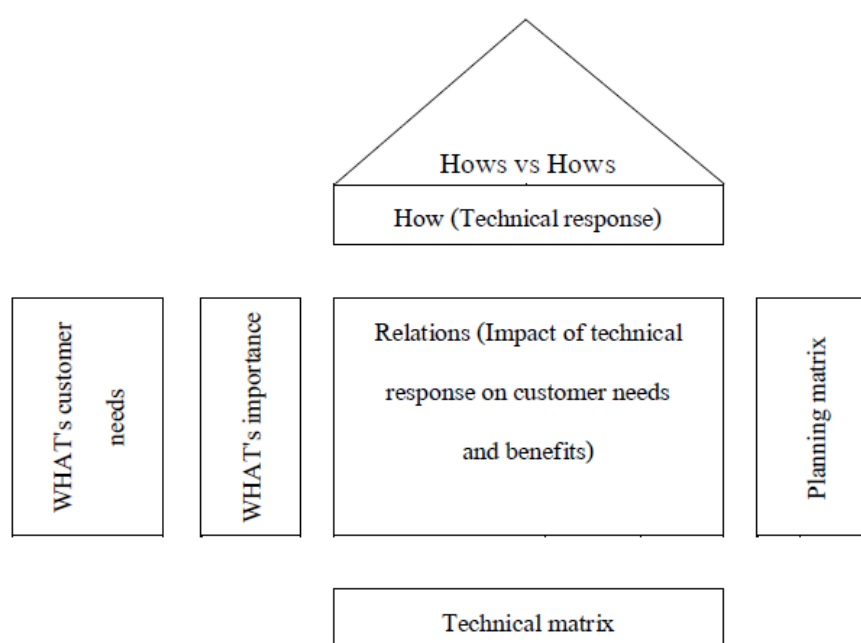
Akao (1997) สำหรับคำนิยามของการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment) สามารถทำการอ้างอิงได้จากคำนิยามที่กำหนดโดยสถาบัน American supplier institute (ASI) ที่ได้นิยามไว้ว่า QFD นั้นคือระบบการถ่ายทอดความต้องการของลูกค้าให้เป็นเป้าหมายที่เหมาะสมกับองค์กรในทุก ๆ กระบวนการ ตั้งแต่ขั้นตอนของการเริ่มต้นวิจัยผลิตภัณฑ์ ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การผลิต การติดตั้ง การตลาด ตลอดจนการขายและการบริการจากคำนิยามสามารถสรุปได้ว่าการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ มีพื้นฐานมาจากการแปลงความต้องการของลูกค้า (Customer Need) จากเสียงของลูกค้า (Voice of Customer: VOC) ให้มาเป็นความต้องการทางด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์ไปสู่คุณลักษณะทางด้านวิศวกรรม ต่อเนื่องทั้งกระบวนการ โดยอาศัยข้อมูลหลัก 2 ชนิด ในการแปลง (อรรถกร เก่งพล, 2547) นั่นคือวัตถุประสงค์ (Objective) ที่มักแทนด้วย คำถามว่าอะไร (Whats) และคำตอบที่ต้องตอบให้ได้ว่าทำอย่างไรจึงจะสามารถตอบสนองได้ตามวัตถุประสงค์นั้น หรือ อย่างไร (Hows)



ภาพที่ 2.1 รากศัพท์ของ Quality Function Deployment
ที่มา: อมรรัตน์ ปินตาม (2545)

2.3.1 กระบวนการสร้างบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality: HOQ)

บ้านแห่งคุณภาพเป็นการรวบรวมความคิดเห็นของผู้รับบริการที่มีต่อคุณลักษณะขั้นตอนการบริการที่ตรงตามความต้องการของลูกค้า และมีการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของความต้องการแต่ละคุณลักษณะ ซึ่งวิธีการเก็บรวบรวมความต้องการของผู้ใช้บริการสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการตอบแบบสอบถาม การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว เป็นต้น และแปรความต้องการของผู้ใช้บริการให้อยู่ในรูปของความต้องการทางด้านเทคนิค เพื่อแสดงว่าควรจะทำอย่างไรจึงจะทำให้ได้สิ่งที่ผู้ให้บริการต้องการ ซึ่งบ้านแห่งคุณภาพประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก ๆ ดังภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบของบ้านแห่งคุณภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ ข้อมูลจากผู้ให้บริการ (Customer Input) ข้อมูลจากภายในองค์กร (Technical Input) และส่วนของผลลัพธ์ที่ได้จากบ้านแห่งคุณภาพ ซึ่งมีรายละเอียดแสดงในภาพที่ 2.2 ส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างบ้านแห่งคุณภาพ



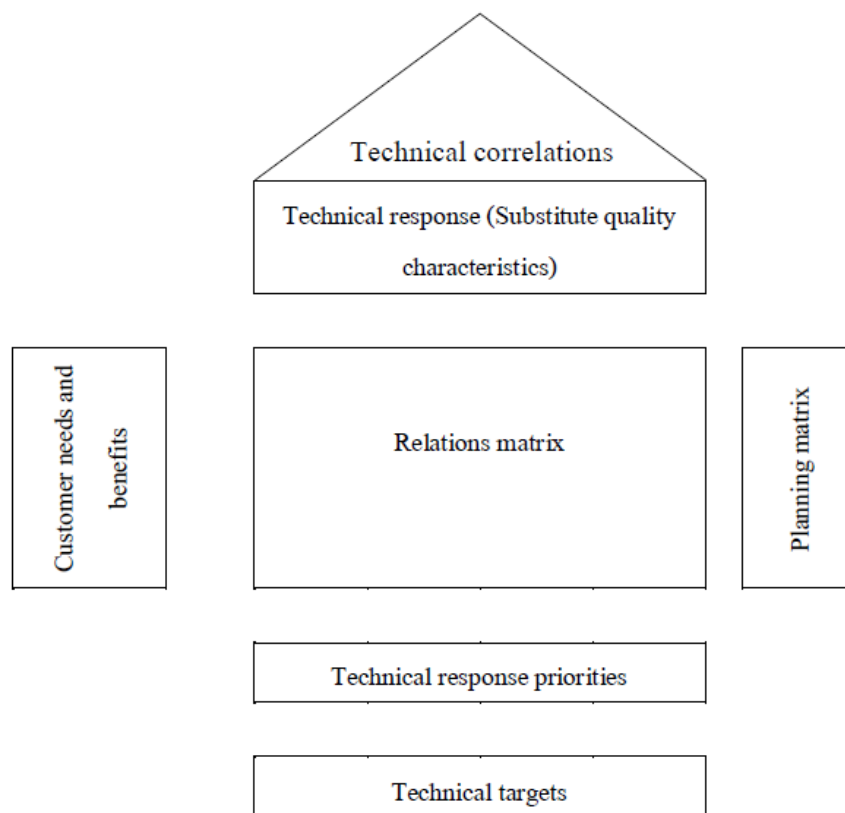
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างหลักของบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ)

ที่มา: สิทธิชัย ยกถาวร (2554)

2.3.2 โครงสร้างหลักของบ้านแห่งคุณภาพ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้

2.3.2.1 Whats เป็นส่วนของความต้องการของผู้รับบริการซึ่งมักจะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) จากการสำรวจโดยการสัมภาษณ์ การทำแบบสอบถาม และจากข้อความร้องทุกข์ และมีการจัดเรียงอย่างเป็นหมวดหมู่โดยผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลความต้องการเหล่านั้นโดยทั่วไปมักจะใช้เครื่องมือทางคุณภาพที่ช่วยในการจัดการข้อมูล

2.3.2.2 What's Importance เป็นส่วนของการกำหนดและจัดเรียงลำดับความสำคัญของความต้องการของผู้ใช้บริการ โดยข้อมูลอาจอยู่ในรูปของคะแนนเต็ม 10 หรือ 5 ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลความต้องการจากผู้ให้บริการแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดระดับความสำคัญของความต้องการเหล่านั้น



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบย่อยของโครงสร้างบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ)
ที่มา: สิทธิชัย ยกถาวร (2554)

2.3.2.3 Hows เป็นส่วนของเทคนิคในการผลิต จะเป็นข้อมูลทางเทคนิคที่จะใช้ในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ ซึ่งจะต้องมีการระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์หาเทคนิคที่จะนำมาใช้ในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ โดยทั่วไปจะนิยมใช้เทคนิคแทนค่าคุณลักษณะทางคุณภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการเปลี่ยนภาษาของผู้ใช้บริการเป็นภาษาที่ใช้ในองค์กร เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ โดยมีหลัก ดังนี้

- 1) กำหนดส่วนที่เป็นเทคนิคที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ
- 2) กำหนดเป้าหมายการปรับปรุงให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ
- 3) วิเคราะห์หาทิศทางในการปรับปรุง เพื่อนำมาใส่ลงในตารางบ้านแห่งคุณภาพ

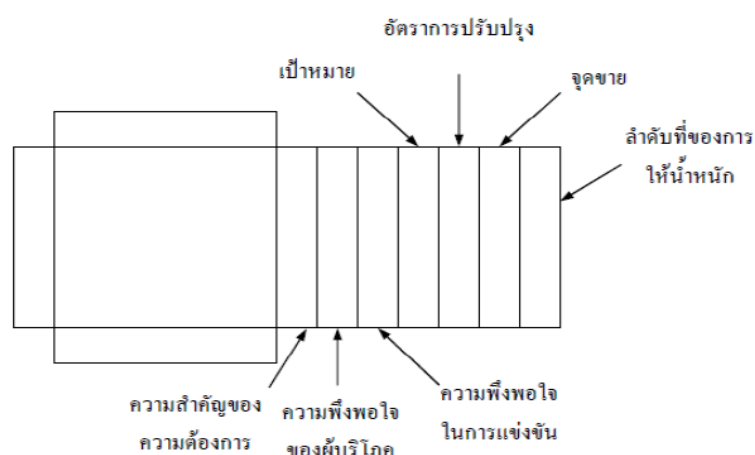
โดยการใช้สัญลักษณ์แทนเพื่อแสดงความหมายดังตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์วิเคราะห์หาทิศทางในการปรับปรุง

สัญลักษณ์	ความหมาย
↑	ค่าเป้าหมายยิ่งมากยิ่งดี
○	ค่าเป้าหมายคงที่
↓	ค่าเป้าหมายยิ่งน้อยยิ่งดี

4) กำหนดแนวทางการวัดผลการปรับปรุงของเทคนิคที่ได้นำมาใช้ และทำการจัดเรียงโดยใช้แผนผังกลุ่มเชื่อมโยงแล้วนำมาใส่ไว้ในบ้านแห่งคุณภาพ

2.3.2.4 Planning Matrix หมายถึงเมทริกซ์การวางแผนในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ช่วยให้กลุ่มผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถสร้างลำดับความต้องการของผู้บริโภค การเติมข้อมูลลงในเมทริกซ์จะเป็นวิธีในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ปัจจุบันกับคู่แข่งรายอื่น เพื่อที่จะสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ดีกว่าคู่แข่งขึ้น โดยเมทริกซ์จะประกอบไปด้วยหลายข้อมูลในแนวตั้ง เพื่อแสดงถึงข้อมูลสำคัญของการวางแผนสำหรับสิ่งที่ลูกค้าต้องการ ตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เมทริกซ์การวางแผน

ที่มา: สุดารัตน์ ทรองพาณิชย์ (2548)

ข้อมูลในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ช่วยให้กลุ่มผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถสร้างลำดับความต้องการของผู้บริโภค การเติมข้อมูลลงในเมทริกซ์จะเป็นวิธีในการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ปัจจุบันกับคู่แข่งรายอื่น ๆ ส่วนที่สำคัญมีดังนี้

1) ความสำคัญของความต้องการ ในทางปฏิบัติผู้บริโภคจะมีความต้องการที่หลากหลาย ดังนั้นจะต้องมีการเรียงเรียงลำดับความสำคัญ (Priority) ของความต้องการเหล่านั้น โดยการให้ผู้บริโภคกรอกข้อมูลลำดับความสำคัญ ซึ่งอาจจะใช้เป็นตัวเลข เช่น 1-5 ซึ่ง “1” หมายถึงค่าความสำคัญต่ำสุด และ “5” หมายถึง ค่าความสำคัญสูงสุด อย่างไรก็ตาม วิธีการให้ค่าความต้องการอาจจะใช้วิธีอื่นได้ แต่ต้องสามารถทำการหาค่าลำดับของการให้น้ำหนักได้ด้วย

2) ความพึงพอใจของผู้บริโภค (Customer Satisfaction) หมายถึง ผู้บริโภค คิดว่าผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน สามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้มากน้อยเพียงใด โดยปกติในการสำรวจข้อมูลจะแบ่งระดับความพึงพอใจออกเป็นความพึงพอใจ ระดับสูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ ต่ำมากเป็นต้น จากนั้นจะทำการแปลงระดับเป็นตัวเลข เพื่อการนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

3) ความพึงพอใจในการแข่งขัน หมายถึง การเปรียบเทียบกับระหว่างผลิตภัณฑ์ ของคู่แข่งกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังพิจารณาอยู่ ซึ่งจะใช้การสำรวจข้อมูลจากผู้บริโภคโดยจะแบ่งออกเป็น ระดับต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับความพึงพอใจของผู้บริโภค จากนั้นจะทำการแปลงระดับเป็นตัวเลขเพื่อ การนำไปคำนวณต่อไป

4) เป้าหมาย (Goal) หมายถึง เป้าหมายที่กลุ่มผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์ต้องการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามที่กลุ่มต้องการบนพื้นฐานของระดับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งมักจะต้องใช้ การวัดในลักษณะเหมือนกัน โดยจะพิจารณาเปรียบเทียบกับระหว่างผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันกับผลิตภัณฑ์ ที่จะออกแบบใหม่เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ ดังนั้นการวางเป้าหมายจะส่งผลกระทบต่อ การคำนวณในลำดับถัดไป

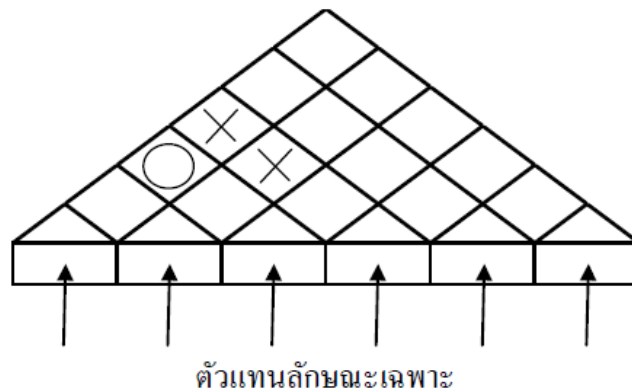
5) อัตราการปรับปรุง จะเป็นการเปรียบเทียบกับระหว่างเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ที่ ต้องการจะพัฒนาเปรียบเทียบกับความสามารถในปัจจุบันที่สามารถกระทำได้ ดังนั้น ข้อมูลเหล่านี้จะ หามาได้ก็ต้องมีพื้นฐานมาจากข้อมูลที่สำรวจมาจากผู้บริโภค ซึ่งจะต้องมีความละเอียดและถูกต้องของ ข้อมูลจะเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

2.3.2.5 Relationship Matrix เป็นส่วนที่ต้องทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD เพื่อใช้ ในการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์กันระหว่างความต้องการของลูกค้า (Whats) กับเทคนิคที่ใช้ใน การตอบสนองต่อความต้องการ (Hows) โดยจะอยู่ในรูปของตารางเมทริกซ์ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ความเชื่อมต่อกัน

ความเชื่อมต่อกัน	สัญลักษณ์	คุณค่า	คำอธิบาย
ไม่มีความเชื่อมต่อกัน	ไม่มี	0	ไม่มี
มีความเชื่อมต่อกัน เล็กน้อย		1	มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแทนลักษณะเฉพาะทาง คุณภาพมาก แต่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก หรือไม่ มีการเปลี่ยนแปลงเลยในการคาดการณ์ความพึงพอใจของลูกค้า
มีความเชื่อมต่อกัน ปานกลาง		3	มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแทนลักษณะเฉพาะทาง คุณภาพมาก แต่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย ในการ คาดการณ์ความพึงพอใจของลูกค้า
มีความเชื่อมต่อกันสูง		9	มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแทนลักษณะเฉพาะทาง คุณภาพน้อย แต่มีการเปลี่ยนแปลงมาก ในการ คาดการณ์ความพึงพอใจของลูกค้า

2.3.2.6 Technical Correlation เป็นส่วนที่จะต้องทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD ส่วนของหลังคาบ้านคุณภาพเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระดับความสัมพันธ์ระหว่างเทคนิค เพื่อให้มองเห็นภาพรวมของเทคนิคว่าสนับสนุนกันและขัดแย้งกันในทิศทางใด จะมีสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงถึงระดับและทิศทางของความสัมพันธ์โดยจะอยู่ในรูปของตารางเมทริกซ์แนวเฉียงซึ่งแสดงไว้ในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ความสัมพันธ์ตัวอย่างระหว่างตัวแทนลักษณะเฉพาะต่าง ๆ
ที่มา: ชาตรี หอมเขียว (2552)

สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของตัวแทนลักษณะเฉพาะมีความสัมพันธ์ต่อกันดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความหมายของสัญลักษณ์ด้านความเกี่ยวเนื่องในทางเทคนิค

สัญลักษณ์	ความหมาย
○	มีความสัมพันธ์ต่อกันมาก
X	มีความสัมพันธ์ต่อกันน้อย
ช่องว่าง	ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

2.3.2.7 Technical Matrix ในส่วนนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 2 ส่วนที่สำคัญ คือ การกำหนดเป้าหมายในการออกแบบน้ำหนักของค่าความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคซึ่งจะเป็นการบอกความสำคัญของข้อกำหนดทางด้านเทคนิคที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการซึ่งสามารถพิจารณาจากลำดับความสำคัญโดยเปรียบเทียบข้อกำหนดทางเทคนิคใด ๆ สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ข้อ คือ

1) ค่าน้ำหนักความสำคัญของ ข้อกำหนดทางเทคนิคสมบูรณ์ (Absolute Technical Requirement Important)

$$= \sum_{i=1}^n (\text{ค่าความสัมพันธ์ของข้อกำหนดทางด้านเทคนิคต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ} \times \text{ค่าลำดับที่ของการให้น้ำหนักเริ่มต้น}) \quad (2.1)$$

2) คำนวณน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคโดยเปรียบเทียบ

$$= \frac{\text{ค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคสมบูรณ์ของหัวข้อนั้น}}{\sum_{i=1}^n \text{ผลรวมทั้งหมดของค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดเทคนิคสมบูรณ์}} \times 100 \quad (2.2)$$

2.3.3 เมทริกซ์พื้นฐานของการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ

เมทริกซ์พื้นฐานของการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ และลักษณะการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างเมทริกซ์ การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ จะมีเครื่องมือพื้นฐานที่สำคัญ คือ เมทริกซ์โดยในหนึ่งเมทริกซ์พื้นฐานจะมีองค์ประกอบหลักของข้อมูล 5 ส่วน ได้แก่

2.3.3.1 วัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย (Whats)

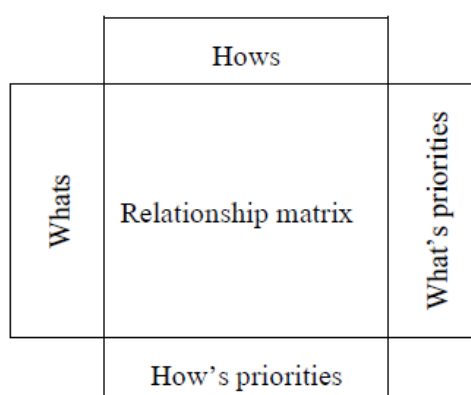
2.3.3.2 ความสำคัญของวัตถุประสงค์ (What's priorities)

2.3.3.3 วิธีการตอบสนอง (Hows)

2.3.3.4 ความสำคัญของวิธีการตอบสนอง (How's priorities)

2.3.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์กับวิธีการตอบสนอง (Relationship Matrix)

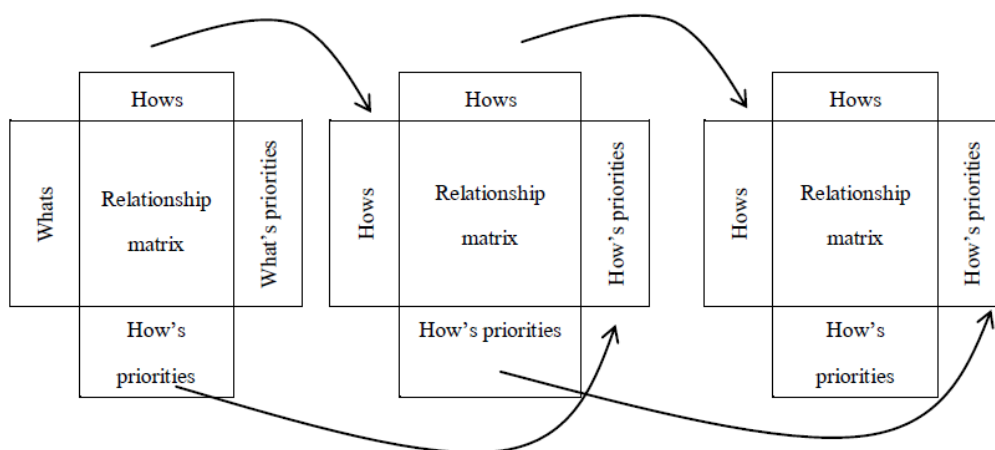
โดยเริ่มต้นจากวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งระบุไว้ทางด้านซ้ายของเมทริกซ์ และมีการจัดเรียงลำดับความสำคัญแสดงไว้ทางด้านขวาของเมทริกซ์ ส่วนวิธีการตอบสนองของวัตถุประสงค์นั้น ๆ จะระบุไว้ด้านบนของเมทริกซ์และมีการจัดเรียงลำดับความสำคัญซึ่งแสดงไว้ทางด้านล่างของเมทริกซ์ โดยความสำคัญที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่าง Whats และ Hows จะระบุไว้ในช่องตรงกลางของเมทริกซ์ ซึ่งทั้งหมดได้แสดงไว้ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 เมทริกซ์พื้นฐานของ QFD

ที่มา: วราภรณ์ พกนนท์ (2546)

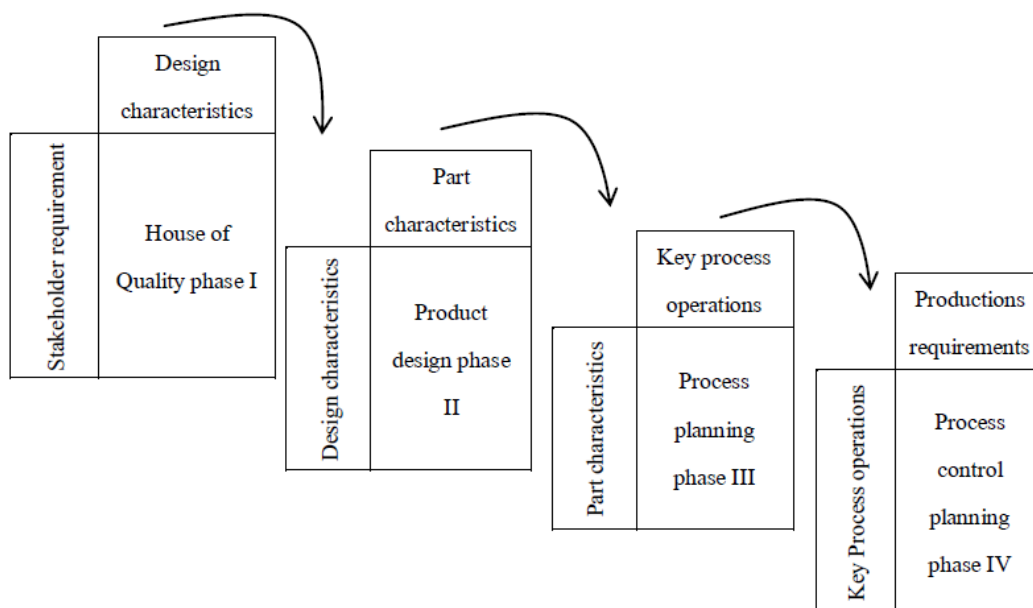
การดำเนินงานตามเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ จะสมบูรณ์ได้ต้องอาศัยการส่งผ่านของข้อมูลระหว่างเมทริกซ์ ซึ่งข้อมูลที่จะต้องส่งผ่านระหว่างเมทริกซ์ คือ Hows และ How's priorities ของเมทริกซ์ก่อนหน้า โดยแสดงการส่งผ่านของข้อมูลระหว่างเมทริกซ์ได้ ภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การส่งผ่านข้อมูลระหว่างเมทริกซ์
ที่มา: วราภรณ์ พกนนท์ (2546)

2.3.4 กระบวนการแปรข้อมูลแบบ Four-Phase Model

กระบวนการของเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือ แบบ Matrix of Matrices และแบบ Four-Phase Model ซึ่งรูปแบบกระบวนการของเทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพที่นิยมใช้กันจะเป็นแบบ Four-Phase Model โดยเป็นการใช้อนุกรมของเมทริกซ์ เพื่อการพัฒนากระบวนการซึ่งประกอบด้วย 4 เฟส ได้แก่ การวางแผนการผลิตภัณฑ์ (Product Planning) การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) การวางแผนกระบวนการ (Process Planning) และการวางแผนการควบคุมกระบวนการ (Process Control Planning) ซึ่งในแต่ละอุตสาหกรรมอาจมีการไหลของข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้ให้มีความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมนั้น ๆ โดยทั่วไปจะพัฒนาจากรูปแบบเดียวกัน ที่แสดงใน ภาพที่ 2.8 ภายในแต่ละเฟส ผลลัพธ์ที่ได้จะออกมาในรูปของลักษณะคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ซึ่งหามาจากข้อมูลป้อนเข้า (Input) และความสัมพันธ์กับข้อมูลป้อนเข้าที่แสดงในรูปของเมทริกซ์ โดยค่าตัวเลขจะกำหนดให้กับความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น เพื่อให้สามารถจัดลำดับความสำคัญกับผลลัพธ์ที่ได้ จะอยู่ในรูปแบบของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่มีความสำคัญต่อลูกค้า โดยแนวความคิดต่าง ๆ ที่นำเสนอเพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จะส่งผ่านเป็นข้อมูลป้อนเข้าในเฟสถัดไป ดังนั้นทำให้เชื่อมั่นได้ว่าแนวคิดต่าง ๆ ที่นำเสนอจะได้รับการพิจารณาและผ่านการวิเคราะห์แล้ว ซึ่งการตัดสินใจทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะสะท้อนให้เห็นถึงความต้องการของลูกค้าที่มีต่อผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2.8 การไหลของข้อมูลผ่าน 4 เฟสของ QFD
ที่มา: วราภรณ์ พกนันท (2546)

2.3.4.1 Phase I การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product Planning) หรือบ้านแห่งคุณภาพ ซึ่งเป็นเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับแปลความต้องการของลูกค้า (Stakeholder Requirement) ที่ได้มาให้อยู่ในรูปของความต้องการทางด้านเทคนิค (Technical Requirement) ซึ่งเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ตัววัดสมรรถนะ (Performance Measures) แทนคุณลักษณะทางคุณภาพ ซึ่งจะแสดงในรูปของผลลัพธ์ที่สามารถวัดค่าได้ และจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงและตัวแทนลักษณะเฉพาะทางคุณภาพ (Substitute Quality Characteristics: SQCs) โดยมีการตั้งเป้าหมายของการปรับปรุง (Target Value) พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบศักยภาพของคู่แข่งที่สำคัญ (Performance Measure Technical Importance: PMTI) ซึ่งทั้ง SQCs และ PMTI จะต้องนำไปใช้ใน Phase II

2.3.4.2 Phase II การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product Design) เป็นเมทริกซ์ที่ใช้สำหรับแปลความต้องการทางด้านเทคนิคที่ได้มาจากบ้านแห่งคุณภาพให้อยู่ในรูปของความต้องการหรือคุณสมบัติทางด้านส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ (Part Characteristics) และแยกส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพิจารณา ซึ่งอาจจะต้องอาศัยแผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) ช่วยในการแยกส่วนประกอบดังกล่าว โดยจะมีความสำคัญต่อการออกแบบและการคำนวณค่า Part Characteristics Importance ซึ่งเป็นตัววัดผลคุณลักษณะ และทั้งสองคุณลักษณะจะต้องนำไปใช้ใน Phase ถัดไป

2.3.4.3 Phase III การวางแผนกระบวนการ (Process Planning) เป็นเมทริกซ์ที่ใช้ในขั้นตอนการแปลความต้องการหรือคุณสมบัติทางด้านส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปของความต้องการหรือคุณสมบัติทางด้านกระบวนการ (Key Process Operations) และเป็นขั้นตอนการระบุพารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameters) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิตเพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในรูปของพารามิเตอร์ของกระบวนการ โดยจะเริ่มต้นจากกระบวนการหลักและหากระบวนการย่อยที่จำเป็นในการป้อนข้อมูลเข้าสู่กระบวนการหลัก

และระบุขั้นตอนการปฏิบัติงานของกระบวนการย่อยแต่ละชิ้นส่วนลงในตารางเมทริกซ์ และระบุพารามิเตอร์ที่สำคัญของกระบวนการซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับชิ้นส่วนย่อยโดยผลลัพธ์ที่ได้เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการซึ่งนำไปใช้ใน Phase สุดท้าย

2.3.4.4 Phase IV การวางแผนการควบคุมกระบวนการ (Process Control Planning) เป็นเมทริกซ์ที่ใช้ในการนำเอาความต้องการหรือคุณสมบัติทางด้านกระบวนการที่ได้มาจากการวางแผนกระบวนการมาออกแบบและกำหนดวิธีในการควบคุมการผลิต

2.3.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้เทคนิค QFD

เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพช่วยให้องค์กรที่ประยุกต์ใช้ได้รับประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้

2.3.5.1 เน้นที่ความสำคัญของลูกค้า โดยการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพนำข้อมูลป้อนกลับจากลูกค้ามาศึกษาและพยายามระบุความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าออกมา และค้นหาวิธีการในการที่จะทำให้บรรลุความต้องการดังกล่าวอย่างเหมาะสม ทำให้ความผิดพลาดในเรื่องผลิตภัณฑ์ใหม่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้า

2.3.5.2 ช่วยจัดโครงสร้างของข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่รัดกุม ซึ่งสามารถนำมาใช้ได้โดยง่ายและเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคณะทำงาน โครงสร้างของข้อมูลเหล่านี้จะทำให้การทำงานดำเนินต่อไปได้โดยไม่หยุดชะงัก นอกจากนี้การแปลงหน้าที่ทางคุณภาพยังยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโครงสร้างของเมทริกซ์เอื้ออำนวยต่อการเพิ่มหรือลดขนาดได้ตามข้อมูลที่ป้อนเข้าเมทริกซ์

2.3.5.3 ทำให้เกิดการทำงานเป็นทีม เนื่องจากการตัดสินใจจะขึ้นอยู่กับมติของเสียงส่วนใหญ่จึงเกิดเป้าหมายร่วมกัน สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการออกความคิดเห็น เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เป็น การประสานงานความร่วมมือทำให้เกิดความราบรื่น และความถูกต้องชัดเจนในการดำเนินการออกแบบและการผลิต

2.3.5.4 การจัดการสารสนเทศของการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ ช่วยให้องค์กรจัดโครงสร้างเกี่ยวกับสารสนเทศที่เกี่ยวข้องได้โดยการเขียนข้อมูลจำนวนมากลงบนกระดาษแผ่นเดียวในการทำ การวิเคราะห์ ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาเนื่องจากสามารถมองเห็นภาพรวมของข้อมูลทุก ๆ ด้านได้ครบในเวลาอันรวดเร็วและสามารถทบทวนซ้ำใหม่ ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้นได้

2.3.5.5 เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดสรรทรัพยากรในองค์กร เพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าใช้ทรัพยากรไปในการเพิ่มความพอใจของลูกค้าในผลิตภัณฑ์

2.3.6 ข้อควรระวังในการทำ QFD

2.3.6.1 การทำ QFD ต้องใช้ข้อมูลหลายด้าน ดังนั้นจึงควรประกอบด้วยทีมออกแบบที่มาจากหลายฝ่าย เพื่อเตรียมข้อมูลที่ต้องการในการสร้างตาราง ในทางปฏิบัติพบว่าทีมที่มีแต่วิศวกรจะประสบปัญหาแรกเริ่มในการทำทำความเข้าใจกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งในที่นี้ต้องอาศัยความรู้ทางด้านการตลาด ส่วนที่มีแต่การตลาดก็จะประสบปัญหาในการแปลงความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางด้านวิศวกรรม ดังนั้นทีม QFD จึงต้องมาจากหลายฝ่ายด้วยกัน

2.3.6.2 การสร้างตาราง QFD ไม่ควรสร้างตารางที่ใหญ่เกินไปเพราะจะทำให้ยุ่งยากต่อการนำไปใช้ ทั้งนี้ควรจำกัดขนาดไม่เกิน 50 แถวและคอลัมน์ และในการสร้าง QFD ให้ง่ายขึ้นนั้นสามารถทำได้โดยการสร้างตาราง QFD ที่ระดับต่าง ๆ กันของตัวผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น ในการออกแบบรถยนต์เราสามารถสร้างบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) สำหรับรถยนต์ทั้งคัน โดยข้อมูลที่ใส่ในตารางอาจ

รวมถึงความกว้างยาวทั้งหมด น้ำหนักในตัวรถ และการปลดล็อกง่าย จากนั้นเราสามารถแยกย่อยออกเป็นข้อกำหนดระหว่างประตู และสร้างบ้านแห่งคุณภาพขึ้นมาอีกตารางหนึ่งสำหรับประตูรถยนต์ เมื่อถึงการปลดล็อกง่าย อาจแตกเป็นตารางย่อยสำหรับข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้ นั่นคือเราสามารถสร้างบ้านแห่งคุณภาพได้หลายตารางโดยการแบ่งผลิตภัณฑ์ออกเป็นส่วนประกอบย่อย

2.3.7 การสำรวจความต้องการของลูกค้า

ขั้นตอนแรกในการทำ QFD คือ การระบุว่าคุณค่าหรือผู้มีอิทธิพลคือใคร ทุก ๆ คนไม่ว่าจะเป็นผู้ซื้อ ผู้ใช้หรือทำงานกับผลิตภัณฑ์ควรจะได้รับพิจารณาให้เป็นผู้ใช้บริการทั้งสิ้น ดังนั้น ทั้งผู้สั่งซื้อ ผู้ใช้ ผู้ขายปลีก วิศวกรฝ่ายบริการและโรงงานผู้ผลิต ล้วนเป็นเสียงเรียกร้องของผู้ใช้บริการ (Voice of Customer) ได้ทั้งนั้น ขั้นตอนในการหาเสียงของลูกค้า มีขั้นตอนดังนี้

2.3.7.1 การพิจารณาระบุกลุ่มเป้าหมาย

1) การหากลุ่มตลาดเป้าหมาย (Determine the Target Market) ต้องเริ่มทำการสำรวจ ตลาดเป้าหมาย เช่น ต้องการนำเสนอรถสปอร์ต ผู้ชมควรจะเป็นคนที่สนใจรถสปอร์ต คนที่เป็นเจ้าของรถขนาดใหญ่ จะไม่สามารถบอกถึงความต้องการที่แท้จริงเกี่ยวกับรถสปอร์ต เมื่อมีแผนการนำเสนอผลิตภัณฑ์ตัวใหม่จะต้องสำรวจว่าลูกค้ากลุ่มใดที่มีผลิตภัณฑ์ตัวนั้นอยู่แล้ว และลูกค้าจะต้องเป็นบุคคลที่มีอำนาจการซื้อ

2) ศึกษาข้อมูลความต้องการของประชากร (Demographics Need to be Established) การศึกษาถึงประชากรโดยการสุ่ม จะสามารถบอกได้ถึงแนวโน้มในการซื้อ ซึ่งสิ่งที่ต้องการทราบได้แก่ เพศ อายุ ระดับรายได้ เป็นต้น

3) การศึกษาทางกายภาพ (Determine the Geographical Distribution) จะต้องพิจารณาถึงลักษณะทางภูมิศาสตร์ เนื่องจากลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อความต้องการที่แตกต่างกัน เช่น คนในเขตหนาวต้องการซื้อเสื้อผ้าที่ใส่แล้วให้ความอบอุ่น ในขณะที่คนเขตร้อนต้องการซื้อเสื้อผ้าที่ใส่แล้วเย็นสบาย

4) องค์กรที่ทำหน้าที่ในการสำรวจต้องไม่เกี่ยวข้องกัน (Use a Nonaffiliated Survey Organization) เพื่อไม่ให้ข้อมูลที่ได้อำนาจที่มากเกินไป จึงไม่ควรใช้องค์กรที่เกี่ยวข้องต่อกัน อาจใช้องค์กรที่ทำหน้าที่สำรวจความต้องการตลาดเข้ามาทำหน้าที่แทน โดยจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หรือการบริการเป็นอย่างดี เพื่อให้ได้ประโยชน์จากการสัมภาษณ์สูงสุด

5) การสำรวจบุคคลภายนอกที่เกี่ยวข้องกับองค์กร (Survey With or Without Samples of the Current Product) การสำรวจจากบุคคลภายนอกองค์กร จะต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นองค์กรส่วนมากใช้คนภายในองค์กรเป็นแหล่งที่ใช้หาถ้อยคำหรือเสียงลูกค้า หรือคำติชมจากลูกค้าแทน เพื่อหลีกเลี่ยงทัศนคติที่ไม่ดีหรือดีเกินไปในองค์กร เนื่องจากคนภายในใกล้ชิดกับผลิตภัณฑ์และแนวคิดขององค์กรมากเกินไป

2.3.7.2 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

อรรถกร เก่งพล (2548) ได้กล่าวถึงขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของการสุ่มตัวอย่าง คือ การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างว่าจะต้องใช้จำนวนมากน้อยเท่าใดจึงจะมากเพียงพอหรือจะเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือได้ โดยทั่วไปขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละเรื่องจะมีจำนวนน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับขอบเขตของงานวิจัย งบประมาณ เวลา และกำลังคนที่มี

จะช่วยกันทำงานวิจัย รวมทั้งความเหมือน (Homogeneity) ของหน่วยประชากรที่ต้องการศึกษาและจำนวนตัวแปรที่ต้องการศึกษา การคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยที่สุดและสามารถยอมรับได้ว่ามากเพียงพอที่จะใช้เป็นตัวแทนของประชากร ได้แก่ สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างของ Taro Yamane (Yamane, 1973) ตามสมการที่ 2.3 คือ

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)} \quad (2.3)$$

โดย n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

e คือ ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างที่ยอมรับได้

2.3.7.3 วิธีการรวบรวมความต้องการของลูกค้า

ชาตรี หอมเขียว (2552) ได้กล่าวถึงการเก็บข้อมูลหรือรวบรวมข้อมูลด้านความต้องการของลูกค้าเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาจทำได้หลายวิธี โดยสามารถจำแนกประเภทของการเก็บข้อมูลได้ดังนี้

1) การจัดกลุ่ม (Focus Group) เป็นการจัดกลุ่มสนทนากลุ่มละประมาณ 5 ถึง 15 คน เพื่อพูดคุยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ โดยมีผู้อำนวยการสนทนาทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้ผู้ดำเนินรายการ 1 คน ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยในการสร้างคำถาม และวิธีการที่ใช้ในการสัมภาษณ์คือการจัดสถานที่ให้ทีมออกแบบสามารถสังเกตพฤติกรรมของลูกค้า โดยผู้ดำเนินรายการจะสอบถามเจาะลึกเพื่อหาความต้องการของลูกค้า และมีการจัดหลายครั้งต่อเนื่องกัน และมีการวิเคราะห์ความต้องการในระหว่างการประชุมแต่ละครั้ง ผลการวิเคราะห์จะทราบว่าผู้ดำเนินการควรถามเจาะลึกในประเด็นใดและจะสามารถสร้างรายการความต้องการของลูกค้าได้

2) การสัมภาษณ์ (Interview) ใช้การคุยระบบ 1 ต่อ 1 กับลูกค้า ซึ่งอาจมีการจดบันทึกหรืออัดเทปการสัมภาษณ์ เป็นการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูง ในการสัมภาษณ์อาจจะกระทำ ในสถานที่ที่ลูกค้าใช้ผลิตภัณฑ์ได้ทั้งทางตรงหรือทางโทรศัพท์ วิธีการสัมภาษณ์ประกอบด้วย 2 วิธี คือ วิธีการชอบ/ไม่ชอบ และวิธีพรรณนาการใช้

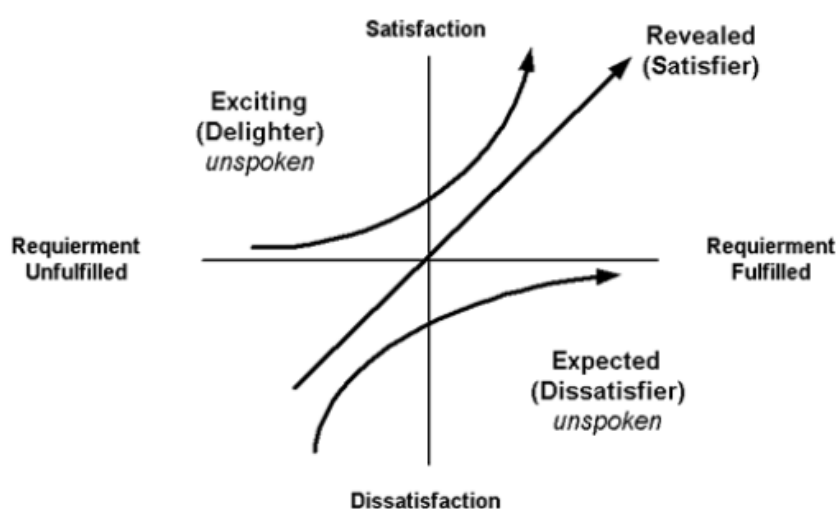
3) การใช้แบบสอบถามจัดส่งทางไปรษณีย์ (Mail Questionnaires) วิธีนี้จะมีประสิทธิภาพค่อนข้างน้อย เนื่องจากอัตราการตอบรับและส่งคืนมีน้อยคือ ประมาณ 15 - 50% ของแบบสอบถามที่ส่งไป ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความยาวของแบบสอบถาม และความน่าสนใจ

4) สืบจากจากรีวิวการเรียนของลูกค้า โดยส่วนมากบริษัทใหญ่จะมีหน่วยงานเก็บรวบรวมข้อร้องเรียนของลูกค้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลไกการควบคุมคุณภาพ การนำสิ่งที่ลูกค้าไม่พอใจจากผลิตภัณฑ์หรือบริการเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการใช้ข้อมูลจากข้อร้องเรียนจึงมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์เช่นกัน อย่างไรก็ตามในการสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์ไม่ควรถามด้วยคำถามซ้ำๆ เพราะข้อมูลความต้องการของลูกค้าที่ได้จะมีทัศนคติที่ไม่ดีหรือดีเกินไปเนื่องจากผู้สัมภาษณ์เอง และ

บางครั้งผู้สัมภาษณ์ควรระมัดระวังในการเก็บข้อมูลความต้องการที่แท้จริง เนื่องจากบางครั้งลูกค้าจะบอกรายละเอียดว่าควรทำการผลิตอย่างไร หรือออกแบบอย่างไรซึ่งเป็นการชี้นำผู้สัมภาษณ์ด้วย

2.3.7.4 ความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้า

ชาตรี หอมเขียว (2552) ได้กล่าวถึงความต้องการของลูกค้าภายใน มีความสำคัญมากในการดำเนินงาน QFD ซึ่งการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการของลูกค้า สามารถพิจารณาได้ตามแบบจำลองของ Kano ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 Kano's Diagram

ที่มา: Akao (1997)

1) Dissatisfies เป็น “Expected quality” ลูกค้าจะคาดหวังว่าจะต้องมีเมื่อไม่มีจะทำให้เกิดความไม่พึงพอใจ แต่ถ้ามีจะไม่ก่อให้เกิดความพึงพอใจเพิ่มขึ้น เพราะคิดว่าเป็นสิ่งที่ต้องมีเป็นปกติ ซึ่งลูกค้าจะไม่บอกแต่อาจรู้ได้จาก Customer's complaints เช่น รถยนต์ที่ซื้อใหม่จะต้องไม่มีรอยขีดข่วนที่ผิว ถ้ามีรอยขีดข่วนและลูกค้าสังเกตเห็นจะก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจ

2) Satisfiers เป็น “Desire quality” เป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการและมักบอกกับผู้ผลิต ซึ่งลักษณะนี้เมื่อเพิ่มขึ้น (เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น) จะก่อให้เกิดความพึงพอใจของลูกค้ามากขึ้น เช่น การประหยัดน้ำมันของรถยนต์ยิ่งรถประหยัดน้ำมันมากเท่าไรลูกค้าจะพึงพอใจมากขึ้นเท่านั้น

3) Delighters เป็น “Exciting Quality” หรือ “Unexpected Quality” เป็นสิ่งที่ลูกค้าไม่ได้คาดหวัง แต่ถ้ามีจะก่อให้เกิดความพึงพอใจอย่างมาก และมักจะก่อให้เกิดตลาดใหม่ เมื่อเวลาผ่านไปคู่แข่งสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะที่เป็น Delighters ลูกค้าจะเกิดความรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่ควรมี ลักษณะนั้นจะเปลี่ยนเป็น Satisfiers เช่น เดิมเมื่อมีระบบ Central Lock ภายในรถยนต์ ลูกค้าจะรู้สึกพอใจอย่างมาก ซึ่งการมีระบบ Central Lock เป็น Delighters และกลายมาเป็น Satisfiers และต่อมาถ้ารถยนต์ไม่มีระบบ Central Lock จะก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อลูกค้าในที่สุด

2.3.7.5 การจัดการกับความต้องการของลูกค้า

ชาตรี หอมเขียว (2552) ได้กล่าวถึงจากการสัมภาษณ์ลูกค้ามักจะบอกถึงความต้องการ (Determine Root Want) โดยไม่บอกถึงเหตุผลว่าทำไมจึงต้องการอย่างนั้น ดังนั้นผู้สัมภาษณ์จึงต้องมีความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า (Root Want)

- 1) Capture Verbatim จะต้องพยายามจดทุกคำพูดของลูกค้า โดยอาจใช้เทปอัดเพื่อความรวดเร็ว
- 2) Abbreviate the Voice as Necessary ทำการย่อความต้องการโดยจะต้องพยายามให้มีความครบถ้วน คนทั่วไปเข้าใจง่าย
- 3) Consolidate the Voice ทำการรวบรวมความต้องการที่เหมือนกันของลูกค้ามาอภิปราย เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจ

2.4 การตัดสินใจโดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

2.4.1 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการ “วัดค่าระดับ” ของการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุด กระบวนการที่ว่านี้ได้รับการคิดค้นเมื่อปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty แห่งมหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนีย

ตั้งแต่กระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นขึ้นมา ก็มีการนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจต่าง ๆ มากมาย เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับการดำเนินงานทางธุรกิจ ได้แก่ การสั่งซื้อวัตถุดิบ การเลือกสถานที่ในการประกอบการ การกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาด ฯลฯ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในเรื่องของการบริหารทรัพยากรบุคคลในองค์กร เช่น การจัดลำดับความสามารถของพนักงาน การประเมินทางเลือกของสายอาชีพ การสำรวจทัศนคติของพนักงาน ฯลฯ ซึ่งจุดเด่นของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ มีดังนี้

2.4.1.1 ให้ผลการสำรวจน่าเชื่อถือกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงคู่ในการตัดสินใจก่อนที่จะลงมือตอบคำถาม

2.4.1.2 มีโครงสร้างที่เป็นแผนภูมิลำดับชั้น เลียนแบบกระบวนการความคิดของมนุษย์ทำให้ง่ายต่อการใช้และการทำความเข้าใจ

2.4.1.3 ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณตัวเลข ทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญ และยังสามารถนำผลลัพธ์ดังกล่าวไปเปรียบเทียบกับ (Benchmarking) กับหน่วยงานอื่น ๆ ได้

2.4.1.4 สามารถจัดการตัดสินใจแบบมีอคติหรือลำเอียงออกไปได้

2.4.1.5 ใช้ได้ทั้งกับการตัดสินใจแบบคนเดียวและแบบที่เป็นกลุ่มหรือหมู่คณะ

2.4.1.6 ก่อให้เกิดการประนีประนอมและการสร้างประชาติ

2.4.1.7 ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญพิเศษมาคอยควบคุม

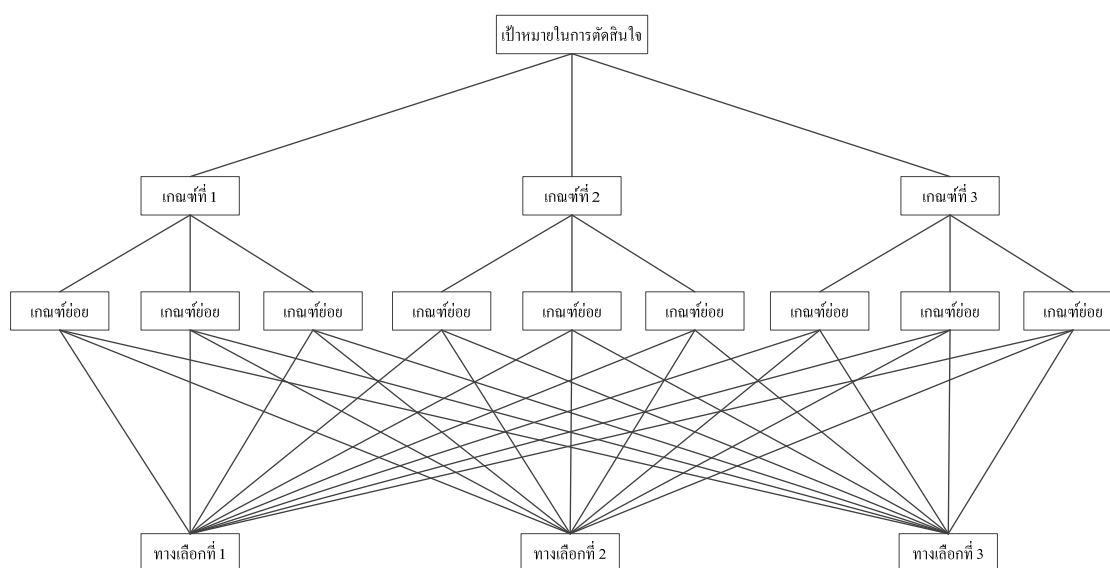
2.4.2 การจัดลำดับชั้นในการวิเคราะห์ (Structuring the Hierarchy)

ในการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเลือกของหรือทางเลือกที่ดีที่สุด จะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นลำดับชั้นดังนี้คือ เป้าหมาย (Goal) เกณฑ์ (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Sub Criteria) และทางเลือก (Alternatives) โดยในแต่ละชั้นอาจมีหลายเกณฑ์ และในแต่ละเกณฑ์อาจมีหลายเกณฑ์ ย่อยได้ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ชั้นล่างสุดคือชั้นของทางเลือก

2.4.3 การคำนวณหาลำดับความสำคัญ (Calculation of Relative Priority)

ในแต่ละชั้นผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องจะเป็นผู้ให้คะแนนความสำคัญหรือความชอบโดยการเปรียบเทียบของเกณฑ์หรือทางเลือก ทีละคู่ (Pairwise Comparison) โดยเริ่มจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่าง โดยแบ่งระดับความสำคัญหรือความชอบ (AHP Measurement Scale) ออกเป็น 9 ระดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.12

หลังจากที่ทราบความเห็นที่ผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องในรูปของคะแนนความสำคัญหรือความชอบจากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ในชั้นนั้นแล้ว จะทำการคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ (Weight) หรือลำดับความสำคัญสัมพัทธ์ (Relative Priority) ของของในชั้นนั้นทำการวิเคราะห์ให้ทำนองเดียวกันทีละชั้นจากชั้นบนลงสู่ชั้นล่างจนครบทุกชั้น จะทราบคะแนนความสำคัญรวมของทางเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างของกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process)

ตารางที่ 2.4 สเกลในการเปรียบเทียบความสำคัญหรือความชอบของสองสิ่ง (Pairwise Comparison Scale)

เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ
เท่ากัน (Equally Preferred)	1
เท่ากันถึงปานกลาง (Equally to Moderately)	2
ปานกลาง (Moderately Preferred)	3
ปานกลางถึงค่อนข้างมาก (Moderately to Strongly)	4
ค่อนข้างมาก (Strongly Preferred)	5
ค่อนข้างมากถึง มากกว่า (Strongly to Very Strongly)	6
มากกว่า (Very Strongly Preferred)	7
มากกว่าถึงมากที่สุด (Very Strongly to Extremely)	8
มากที่สุด (Extremely Preferred)	9

ที่มา: Huizingh and Vriolijk (1994)

น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หรือทางเลือกในแต่ละชั้นจะคำนวณได้จากสมการ

$$A\bar{w} = \lambda_{\max} w \quad (2.4)$$

เมื่อ A คือ สแควร์เมตริกแสดงความเห็นของผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องในรูปของคะแนนความสำคัญซึ่งปรับค่าให้เป็น 1 แล้ว (Normalized)

$\bar{w}$ คือ Eigenvector แสดงน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของของซึ่งอยู่ในลำดับชั้นเดียวกัน หรือกลุ่มของที่อยู่ภายใต้ของในลำดับชั้นที่สูงกว่า

$\lambda_{\max}$ คือ Maximum eigenvalue

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdot & \cdot & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}} = \text{คะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบทีละคู่ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1}$$

$$\underline{W} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{A^k \underline{e}}{\underline{e}^T A^k \underline{e}} \quad (2.5)$$

เมื่อ k = คือ การคำนวณครั้งที่ k

$\underline{e}$ = คือ Unit Vector

2.4.4 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency)

ความเห็นผู้บริหารหรือผู้เชี่ยวชาญหรือผู้เกี่ยวข้องในรูปของคะแนนความสำคัญ ซึ่งได้จากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ บางครั้งอาจไม่สมเหตุสมผลหรือมีข้อผิดพลาด (Error) ในการแสดงความเห็น เช่น เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง นาย ก. และ นาย ข. ชอบนาย ก. เป็น 2 เท่าของ นาย ข. ถ้าเปรียบเทียบระหว่าง นาย ข. กับ นาย ค. ชอบนาย ข. เป็น 3 เท่าของ นาย ค. และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง นาย ก. กับ นาย ค. ชอบ นาย ก. เป็น 5 เท่าของ นาย ค. เป็นต้น ซึ่งตามหลักของเหตุผลแล้วควรชอบนาย ก. เป็น 6 เท่าของนาย ค. เป็นต้น ความไม่สมเหตุสมผลหรือข้อผิดพลาดเป็นสิ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบของเป็นคู่ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล โดยการคำนวณดัชนีความสมเหตุสมผลของข้อมูล (Consistency Index, CI) ถ้า $CI > 0.1$ แสดงว่าข้อมูลคะแนนความสำคัญที่ได้จากการเปรียบเทียบของเป็นคู่ไม่สมเหตุสมผล จะต้องปรับคะแนนความสำคัญในการเปรียบเทียบของเป็นคู่ใหม่ก่อนที่จะวิเคราะห์ในลำดับขั้นถัดไป

$$CI = \frac{CR}{RI} \quad (2.6)$$

เมื่อ CI คือ ดรรชนีความสมเหตุสมผล (Consistency Index)

CR คือ สัดส่วนความสมเหตุสมผล (Consistency Ratio)

RI คือ ดรรชนีค่าสุ่มของความไม่สมเหตุสมผล (Random Inconsistency Index) ขึ้นอยู่กับขนาดของสแควร์เมตริก

$$CR = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.7)$$

เมื่อ n คือ ขนาดของสแควร์เมตริก

ตารางที่ 2.5 Random Inconsistency Index (RI)

N	RI	n	RI	n	RI
1	0	6	1.24	11	1.51
2	0	7	1.32	12	1.48
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.90	9	1.46	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.59

ที่มา: Sahoo (1998)

2.4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วย AHP

การวิเคราะห์การตัดสินใจด้วย AHP มี 8 ขั้นตอน ดังนี้

2.4.5.1 กำหนดทางเลือก ในแต่ละปัญหาจะมีทางเลือกในการแก้ไขที่หลากหลาย ในขั้นตอนนี้ให้กำหนดทางเลือกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

2.4.5.2 ระบุระดับของเกณฑ์ต่ำสุด (Threshold Level) ที่ต้องการของแต่ละทางเลือก

2.4.5.3 คัดเลือกทางเลือกเบื้องต้นจากทางเลือกที่กำหนดในขั้นที่ 1 โดยตรวจสอบกับเกณฑ์ต่ำสุด ถ้าทางเลือกใดต่ำกว่าเกณฑ์ ให้คัดออก

2.4.5.4 ระบุเกณฑ์ (Criteria) หรือเกณฑ์ย่อย (Sub Criteria) เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกใน (3)

2.4.5.5 สร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ (Develop Decision Hierarchy) จากทางเลือกและเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยอย่างน้อยจะมี 3 ลำดับชั้น คือ เป้าหมาย (Goal) เกณฑ์ (Criteria) และทางเลือก (Alternatives)

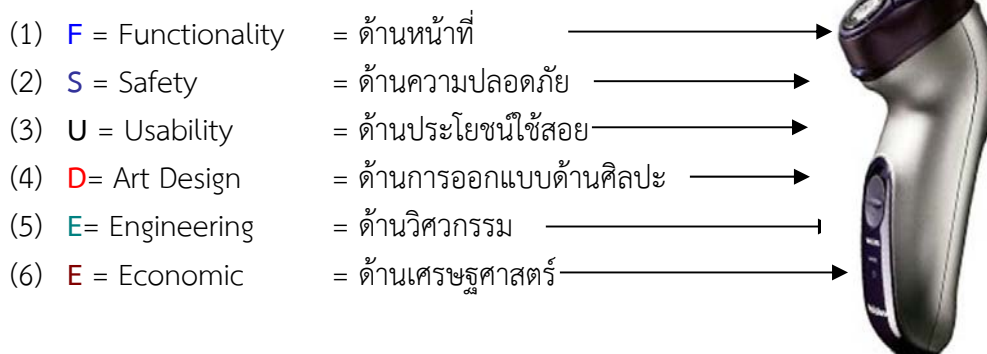
2.4.5.6 เปรียบเทียบเกณฑ์ทีละคู่ แล้วจึงเปรียบเทียบทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทีละเกณฑ์ จนครบทุกเกณฑ์ ในการเปรียบเทียบทางเลือกนั้นจะให้คะแนนเป็นเชิงปริมาณหรือคุณภาพก็ได้

2.4.5.7 คำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือก โดยการนำค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละทางเลือกในแต่ละเกณฑ์ คูณกับค่าน้ำหนักของเกณฑ์ แล้วหาผลรวม ถ้าเรียงลำดับผลลัพธ์ของแต่ละทางเลือกตามคะแนนจากมากไปน้อย ทางเลือกที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

2.4.5.8 วิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ก่อนที่จะตัดสินใจเลือกทางเลือกจากข้อ 7 จำเป็นต้องวิเคราะห์ความอ่อนไหวอันเกิดจากความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักหรือความสำคัญของเกณฑ์แล้ว ทางเลือกที่ดีที่สุดจะยังคงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดหรือไม่ ถ้าเป็นจะทำให้เกิดความมั่นใจที่เลือกทางเลือกนั้น

2.5 เทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ FSUDEE

สุนทร นาคนันทน์ (2555) การออกแบบหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือพัฒนาแบบงาน ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิควิธี FSUDEE System ซึ่งมีส่วนประกอบในการดำเนินการดังนี้



ภาพที่ 2.11 ขั้นตอน FSUDEE

จาก FSUDEE System ทั้ง 6 ขั้นตอนข้างต้น แสดงเป็นภาพความคิดได้ดังภาพที่ 2.11 และนำไปพัฒนาเป็นกระบวนการสำหรับการดำเนินโครงการโดยออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านอุตสาหกรรมแบ่งการออกแบบเป็น 4 ช่วง คือ

2.5.1 การออกแบบภาพประกอบรวมของผลิตภัณฑ์ (Conceptual Design) เป็นการออกแบบภาพรวมของของผลิตภัณฑ์ โดยเน้นออกแบบตามแนวคิดที่กำหนด ด้านหน้าที่ (Functionality) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) และ ด้านศิลปะ (Art Design) มีขั้นตอนดังนี้

2.5.1.1 ออกแบบด้านหน้าที่ (Functionality) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) และด้านการออกแบบทางศิลปะ (Art Design)

2.5.1.2 วิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic)

2.5.1.3 เขียนแบบงาน (Working Drawing) โดยเขียนด้วยโปรแกรม AutoCAD Inventor หรือโปรแกรมอื่น ๆ ให้ได้รูปทรง สัดส่วนตามแนวคิดที่กำหนด (Conception)

2.5.1.4 สร้างโมเดล (Model) เพื่อประเมินรูปแบบ รูปทรงตามแนวคิด

2.5.1.5 ปรับปรุงแบบงาน

2.5.2 การออกแบบชุดชิ้นส่วน (Part Set Design) เป็นการออกแบบภาพรวมของชุดชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น ชุดกระบะรถปิกอัพ ชุดแคสซีรยนต์ ชุดประตูรถยนต์ เป็นต้น โดยออกแบบเน้นด้านหน้าที่ (Functionality) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) ด้านศิลปะ (Art Design) และด้านวิศวกรรม (Engineering) มีขั้นตอน ดังนี้

2.5.2.1 ออกแบบด้านหน้าที่ (Functionality) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) และ ด้านศิลปะ (Art Design)

2.5.2.2 วิเคราะห์ด้านวิศวกรรม (Engineering)

2.5.2.3 เขียนแบบงานเบื้องต้น (Working Drawing) โดยเขียนด้วยโปรแกรม AutoCAD Inventor หรือ โปรแกรมอื่น ๆ ให้ได้รูปทรง สัดส่วน และการทำงานตามแนวคิดที่กำหนด

2.5.2.4 สร้างโมเดล (Model) เพื่อประเมินรูปแบบ รูปทรงตามแนวคิด

2.5.2.5 ปรับปรุงแบบงาน

2.5.3 การออกแบบชิ้นส่วนแต่ละชิ้น (Part Design) เป็นการออกแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนที่เป็นส่วนประกอบของชุดชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ เช่น เฟือง เพลาขับเคลื่อนต์ ปีกนกกรรณต์ ชิ้นส่วนคานแควสซี เป็นต้น โดยการออกแบบจะเน้นด้านด้านวิศวกรรม (Engineering) หน้าที่ (Functionality) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) ด้านศิลปะ (Art Design) มีขั้นตอน ดังนี้

2.5.3.1 ออกแบบด้านหน้าที่ (Functionality) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) และ ด้านศิลปะ (Art Design)

2.5.3.2 วิเคราะห์ด้านวิศวกรรม (Engineering)

2.5.3.3 เขียนแบบงาน (Working Drawing) โดยเขียนด้วยโปรแกรม AutoCAD Inventor หรือโปรแกรมอื่น ๆ ให้ได้รูปทรง สัดส่วน และการทำงานตามแนวคิดที่กำหนด

2.5.3.4 สร้างโมเดล (Model) เพื่อประเมินรูปแบบ รูปทรงตามแนวคิด

2.5.3.5 ปรับปรุงแบบงาน

2.5.4 การสร้างต้นแบบ (Prototype) มีขั้นตอนดังนี้

2.5.4.1 ผลิตชิ้นส่วนต้นแบบ โดยนำแบบแยกชิ้นที่เขียนขึ้นมาผลิตต้นแบบรายชิ้น

2.5.4.2 ประกอบเป็นชุดชิ้นส่วน

2.5.4.3 ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

2.5.4.4 ทดสอบหาคุณภาพ/ประสิทธิภาพ (Q&E Evaluation)

2.5.4.5 ปรับปรุงให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Industrial Design) ด้วย The FSUDEE System ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ทันสมัยและตอบสนองความต้องการของตลาด นั้นจำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์รายละเอียดของผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบตามขั้นตอน โดยสามารถพัฒนารูปแบบการวิเคราะห์ในรูปแบบตารางสำหรับวิเคราะห์ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

(1) การกำหนดองค์ประกอบสำหรับการวิเคราะห์ออกแบบ

(2) การศึกษาสภาพปัจจุบันของผลิตภัณฑ์

(3) การวิเคราะห์ปัญหาของผลิตภัณฑ์

(4) การวิเคราะห์สาเหตุของผลิตภัณฑ์

(5) การวิเคราะห์แนวทางแก้ไขปัญหาของผลิตภัณฑ์

(6) รูปแบบแนวความคิดตามแนวทางในการแก้ปัญหา

จากส่วนประกอบทั้ง 6 ข้างต้น สามารถพัฒนาเป็นตารางวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ออกแบบผลิตภัณฑ์ตามวิธีการ The FSUDEE System

ประเด็นที่วิเคราะห์	ข้อมูล/สภาพปัจจุบัน	ปัญหา	สาเหตุ/ เหตุผล	แนวทางแก้ไข	ภาพแสดงรูปแบบแนวทางแก้ไข
ด้านหน้าที่: Functionality					
ด้านความปลอดภัย: Safety					
ด้านประโยชน์ใช้สอย: Usability					
ด้านการออกแบบศิลปะ: Art Design					
ด้านวิศวกรรม: Engineering					
ด้านเศรษฐศาสตร์: Economic					

จากตารางที่ 2.6 ประเด็นที่วิเคราะห์ทั้ง 5 ประการ สามารถวิเคราะห์ประเด็นย่อยสำหรับการวิเคราะห์รายละเอียดได้ดังนี้

- (1) F = Functionality = การวิเคราะห์ด้านหน้าที่ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้
 - (1.1) หน้าที่หลัก (Main Function or Essential Function)
 - (1.2) หน้าที่รอง (Sub Function or Supporting Function)
- (2) S = Safety = การวิเคราะห์ด้านความปลอดภัย แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้
 - (2.1) ความปลอดภัยต่อบุคคล (Personal Safety)
 - (2.2) ความปลอดภัยต่อตัวผลิตภัณฑ์เอง (Machine Self Safety)
 - (2.3) ความปลอดภัยต่ออาคาร สถานที่ (Building Safety)
 - (2.4) ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม (Environment Safety)
- (3) U = Usability = การวิเคราะห์ด้านประโยชน์ใช้สอย แบ่งเป็น 5 ส่วน ดังนี้
 - (3.1) ความสะดวกสบายในการใช้งาน (Use Easy)
 - (3.2) การเคลื่อนย้าย การขนส่ง (Displacement, Transportation)
 - (3.3) การเก็บรักษา การบรรจุหีบห่อ (Storage, Packing)
 - (3.4) การถอดประกอบ (Assembly & Loose)
 - (3.5) การบำรุงรักษา (Maintenance)
- (4) D = Art Design = การวิเคราะห์ด้านการออกแบบทางศิลปะ แบ่งเป็น 17 ส่วน ดังนี้
 - (4.1) ทฤษฎีของสี (Theory of Color)
 - (4.2) หลักสรีรศาสตร์ หรือการยศาสตร์ของมนุษย์ (Ergonomics)

- (4.3) แรงดลใจ (Inspire)
- (4.4) ความสวยงาม (Beautiful)
- (4.5) ความทันสมัย (in Trend)
- (4.6) ขนาด (Dimension)
- (4.7) ตำแหน่งติดตั้ง (Position)
- (4.8) รูปร่าง รูปทรง (Shape) และรูปแบบ (Form)
- (4.9) พื้นผิว (Texture/Surface)
- (4.10) สัดส่วน (Proportion)
- (4.11) ช่วงระยะ (Space)
- (4.12) ช่วงจังหวะ (Rhythm)
- (4.13) ความสมดุล (Balance)
- (4.14) ความกลมกลืน (Hamony)
- (4.15) ความตัดกัน ตรงกันข้ามกัน (Contrast)
- (4.16) จุดเน้น การเน้น (Emphasis)
- (4.17) การวาด/สเก็ตภาพ (Drawing/Sketching)
- (5) E = Engineering = การวิเคราะห์ด้านวิศวกรรม แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้
 - (5.1) ความสามารถเข้ากันได้กับระบบสากล (International)
 - (5.2) ด้านการออกแบบ วิเคราะห์ คำนวณ เชิงวิศวกรรม (Engineering Analysis)
 - (5.3) ด้านการเขียนแบบสั่งงานผลิต (Working Drawing)
 - (5.4) ด้านกรรมวิธีการผลิต (Production Process & Operation Method)
- (6) E = Economic = การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ แบ่งเป็น 3 ส่วน ดังนี้
 - (6.1) ด้านเงินลงทุน (Investment)
 - (6.2) ด้านต้นทุน (Cost)
 - (6.3) ด้านผลตอบแทน/กำไรขาดทุน (Benefit/Profit and Loss)

หลังจากวิเคราะห์ให้ได้ประเด็นหลักและประเด็นย่อยของทั้ง 6 องค์ประกอบแล้ว จากนั้นนำประเด็นหลักและประเด็นย่อยทั้งหมดมากำหนดลงในตารางที่ 2.14 ผลจากการออกแบบตารางวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์ตามวิธีการ FSUDEE System ที่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์และออกแบบผลิตภัณฑ์ตามวิธีการ FSUDEE System ผู้ออกแบบสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์ในรูปแบบอื่น ๆ ก็ได้ เช่น วิเคราะห์ออกแบบโดยวิธีอธิบายเป็นขั้นตอนตามลำดับหัวข้อ (Running Number Analysis Method) หรือวิเคราะห์ออกแบบโดยวิธีแสดงกระบวนการ (Process Analysis Method) หรือวิธีการอื่น ๆ ตามที่ผู้ออกแบบมีประสบการณ์และเชี่ยวชาญ โดยต้องสามารถอธิบายหลักการ ขั้นตอนวิธีการในการดำเนินการได้

2.6 หลักการของเอจีวี

เอจีวี (Automatic Guide Vehicle: AGV) เป็นรถขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ได้เองโดยไม่ต้องมีคนขับ เอจีวีถูกนำมาใช้งานจริงในอุตสาหกรรมครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1953 ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยตอนนั้น

ถูกนำมาใช้ขนถ่ายสินค้าในโกดังเก็บสินค้าทำให้สามารถประหยัดในเรื่องของแรงงานคนและเวลาได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นอุปกรณ์ลำเลียงที่มีการบังคับด้วยคนน้อยที่สุดนั้นเป็นการรวมกันของแต่ละส่วนของระบบการผลิตอัตโนมัติกับการเจริญเติบโตของระบบการผลิตที่มีปริมาณและความหลากหลายในระดับกลางซึ่งเป็นระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing System: FMS) ที่มีความต้องการไม่เฉพาะเครื่องจักรที่มีการผลิตแบบยืดหยุ่นแต่ยังต้องการรวมถึงการขนย้ายการจัดเก็บและการนำออกอย่างยืดหยุ่น ซึ่งนั่นเป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องเอจีวีและระบบการจัดเก็บและนำออกแบบอัตโนมัติ (Automatic Storage and Retrieval System: AS/RS) โดยเชื่อมโยงกันกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นระบบเอจีวีเป็นระบบขนถ่ายวัสดุที่ใช้รถทำงานได้โดยอิสระต่อกัน ขับเคลื่อนด้วยตัวเองระบบเอจีวีนี้ จะประกอบด้วย

(1) ตัวรถกลไก ระบบขับเคลื่อน มอเตอร์และแบตเตอรี่

(2) ชุดควบคุมการทำงานของรถ

(3) ระบบนำร่องทางเดินรถ

(4) ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลหรือเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปส่วนของตัวรถและกลไกของรถนั้นที่ถูกออกแบบมาให้เหมาะกับการประยุกต์ในการใช้งานในอุตสาหกรรมแต่ละประเภท แล้วตัวขับเคลื่อนให้รถเคลื่อนที่นั้นก็จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งพลังงานในการหมุนมอเตอร์ จะได้จากแบตเตอรี่ซึ่งจะมีแรงดันอยู่ระหว่าง 12 ถึง 48 โวลต์ ส่วนชุดควบคุมการทำงานของรถจะมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ

พีแอลซี (Programmable Logic Control: PLC) ไมโครโปรเซสเซอร์บอร์ด ซิงเกิลบอร์ด คอมพิวเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้ผลิตรายใดจะออกแบบระบบไว้อย่างไร

ระบบนำร่องทางเดินของเอจีวีจะแบ่งออกเป็นสองแบบ คือ แบบกำหนดเส้นทางเดินแน่นอนเช่นแบบใช้สายและแบบใช้แถบสีบนพื้นกำหนดทางเดิน และแบบเส้นทางเดินอิสระซึ่งจะมีการใช้เซนเซอร์หลายชนิดหลายแบบมารวมกัน

ระบบจีพีเอส (Global Positioning System: GPS) สัญญาณวิทยุและเลเซอร์ และองค์ประกอบสุดท้ายของเอจีวี ก็คือส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์โดยจะมีการเชื่อมต่อกันทั้งแบบระบบเครือข่ายไร้สาย (Local Area Network: LAN)

ระบบคลื่นวิทยุซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีไว้เพื่อการจัดการกับระบบทั้งหมด

2.6.1 ชนิดของเอจีวี

2.6.1.1 เอจีวีแบบลากจูง (AGV Towing Vehicle) เป็นแบบชนิดของเอจีวีที่มีความนิยมมากชนิดหนึ่ง เอจีวีนี้จะเป็นอุปกรณ์นำทางอัตโนมัติ แบบลากจูง มีความกว้างให้เลือกหลายชนิด ชนิดของอุปกรณ์บรรทุกถูกใช้สำหรับบรรทุกและ ปลอดภัยของสัมภาระ รถพ่วง(Trailer) ยังรวมถึงเอจีวีที่ใช้จูงรถไฟ เครน อุปกรณ์ขนส่งอัตโนมัติ คนทำงานกันเอง การส่งผ่านโดยรถไฟและอุปกรณ์ที่โปรแกรมการบรรทุกและปลดแบบ อัตโนมัติ โดยมากการประยุกต์การลากจูง จะเป็นในลักษณะของการเคลื่อนที่ของหีบผลิตภัณฑ์ให้ ไปสู่ภายนอกโกดัง ซึ่งการลากจูงจะใช้กับการขนส่งที่ปริมาณมาก ๆ โดยมีระยะทางขนส่งที่ไกลมากกว่า 1,000 เมตร

2.6.1.2 เอจีวีแบบมีลูกกลิ้งลำเลียง (AGV Unit Load Transports) เอจีวีแบบนี้จะถูกใช้งานร่วมกับร่องที่ใช้ในการโหลดชิ้นงาน โดยเอจีวีเดินทางมายังแท่น ได้ที่ช่องดังกล่าวสามารถส่งกำลัง

หรือไม่ส่งกำลังผ่านลูกกลิ้ง โซ่ หรือร่องสายพาน หรือ ร่องที่ ทำการแบ่งเป็นหลายส่วนอย่างชัดเจน ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับสายพานลำเลียงแบบมีกำลังหรือไม่มีจำกัดก็ได้ สถานีผลัด-ติง สามารถรวมตัวกัน โดยสัมผัสสามารถใส่ และนำออกโดยรถโฟล์คลิฟต์ อุปกรณ์บรรทุกหรือปลดลงอัตโนมัติอุปกรณ์เหล่านี้ส่วนมากเป็น อิสระต่ออันหนึ่งและสามารถผ่านไปยังที่อื่น ๆ ที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในหลาย ๆ สถานการณ์ นอกจากนั้นพวกมันยังสามารถเคลื่อนที่ได้สองทิศทาง เอจีวีแบบมีลูกกลิ้งลำเลียงปกติจะถูกใช้อยู่ในคลังและระบบการกระจายในคณะที่ความ ยาวของเส้นทางเดินเป็นความสัมพันธ์อย่างสิ้น ๆ

2.6.1.3 เอจีวีแบบบรรทุกพาเลท (AGV Pallet Truck) เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการหลบหลีกและการขนส่งวัสดุที่อยู่นิ่ง พวกมันยังถูกใช้อย่างกว้างขวางในหลายหน้าที่ โดยที่อุปกรณ์นี้ถูกนำไปใช้ในการขนของ ขึ้นและลงในระดับชั้นต่าง ๆ โดยไม่เจาะจงสิ่งที่จะขนมา และไม่มีอุปกรณ์พิเศษใด ๆ ที่ต้อง นำมาใช้นอกเสียจากสิ่งของที่ขนนั้นต้องวางอยู่บนพาเลท เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทมีความสามารถในการบรรทุกได้ 1,000-2,000 ปอนด์ มีความเร็ว 264 ฟุต/นาทีก เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทสามารถที่จะยกของขึ้นและนำของลงได้สองวิธีคืออัตโนมัติ และ ใช้มือการนำของไปส่งยังที่ ต่างที่ไ้ระบุไว้ก่อนนั้นของจะถูกยกโดยการใช้น้ำสอดเข้าไปในพาเลท เอจีวีแบบบรรทุกพาเลทที่ใช้การทำงานแบบอัตโนมัตินั้นต้องการความแม่นยำในการที่จะเข้าสู่ ตำแหน่งที่จะยกของและต้องใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัด ซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงแต่สามารถ ทำงานได้ยืดหยุ่นกว่าและไม่ต้องใช้พนักงานเข้าไปในบริเวณที่จัดเก็บสินค้า

2.6.1.4 เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์ (AGV Forklift Trucks) เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์มีความสามารถในการที่ยกแทนสัมภาระขึ้นและลงได้ในทั้งที่เป็นบน พื้นและบนชั้นวางของและความสูงในการขึ้นของสามารถที่จะต่างระดับความสูงกับตอนลงของ ได้ ในบางกรณีสามารถที่จะกองของรวมกันได้ในชั้นเดียวกัน ตัวนำทางของรถยกมีความสามารถที่จะระบุตำแหน่งความสูงของงาได้ ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้งานร่วมกับระบบการ ขนถ่ายวัสดุอื่น ๆ ได้ เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์เป็นเอจีวีที่มีราคาแพงมากชนิดหนึ่งดังนั้นมันจึงถูกนำมาใช้งาน ร่วมกับระบบการผลิตที่เป็นแบบอัตโนมัติเต็มระบบและรถยกนี้ทำงานโดยการติดอุปกรณ์ ตรวจจับไว้ที่ส่วนปลายของงาน ดังนั้นมันจึงสามารถที่จะยกได้สูงและวางซ้อนกันได้และด้วยระบบการทำงานของอุปกรณ์จึงต้องเข้าไปเกี่ยวข้องกับหลายส่วน หลายระดับและวิธีการเพื่อ ความแม่นยำในการระบุตำแหน่งทั้งบนพื้นและบนชั้น เอจีวีแบบโฟล์คลิฟท์มีความสามารถในการทำงานได้ที่ความสูงหลายระดับมีความสามารถในการบรรทุกได้ 1,000-2,000 ปอนด์ ความเร็ว 264 ฟุต/นาทีก รัศมีในการเลี้ยว น้อยที่สุด 7 ฟุต

2.6.1.5 เอจีวีแบบบรรทุกขนาดเล็ก (AGV Light Load Transporter) เป็นเอจีวีที่มีความสามารถในการบรรทุกได้น้อยกว่า 500 ปอนด์ ใช้ในการขนส่งที่มีขนาดเล็กและเบาที่มีความยาวพอประมาณใช้ในการขนถ่ายระหว่างที่จัดเก็บโดยมีความเร็วปกติอยู่ที่ 100 ฟุต/นาทีก รัศมี การเลี้ยว 2 ฟุต มันถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการทำงานในพื้นที่จำกัดเช่นสายการประกอบ การใช้ส่วนของประโยชน์

2.6.2 การนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่อง

จากสภาพในการทำงานของภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเดินนำร่อง (Guide Path) ทั้งนี้เพราะจะได้ความแม่นยำดีกว่าวิธีที่ไม่ใช้ทางเดินนำร่องนั่นเอง ทางเดินนำร่องของเอจีวีถูก กำหนดตามความเหมาะสมของสภาวะแวดล้อมของโรงงานนั้น ๆ อาทิเช่น

การใช้แถบสติคบน พื้น จะนิยมกันมากในโรงงานที่มีความสะอาดสูง เช่น ทำไอซี เพราะโรงงานชนิดนี้ไม่ต้องการ ฝุ่นละอองในห้องปฏิบัติการ ผลพลอยได้ของเอจีวี ในระบบแถบสที่ที่ใช้จะไม่ได้รับความเสียหายจากฝุ่นละอองที่อาจจะมาเกาะติดกับแถบสที่ใช้นำร่องเอจีวีเลย วิธีการนี้เป็นการลงทุนที่น้อย ที่สุด หรืออาจจะมีการฝังลวดหรือโลหะตัวนำใต้พื้นเพื่อให้เอจีวี สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่กำหนดไว้ได้ เทคโนโลยีในการนำร่องของเอจีวีมีหลายวิธีพอสรุปได้ดังนี้

2.6.2.1 การใช้แถบโลหะ (Metal Tape) การใช้แถบโลหะเป็นแถบแบบเดียวกับแถบส วิธีการนี้จะต้องเปลี่ยนตัวตรวจจับสไปเป็น พรอกซิมีตี้ (Proximity Sensor) แทน พรอกซิมีตี้เซนเซอร์จะให้เอาต์พุตออกมาในกรณีที่ตรวจพบ แถบโลหะเท่านั้น เอาต์พุตมีให้เลือกทั้งแบบที่เป็นอนาลอกและดิจิตอล ข้อดีของวิธีการนี้ คือ ความแม่นยำคงที่ คือ แม้มีฝุ่นละอองมาเกาะติดก็ยังทำงานได้ดี ข้อเสียของวิธีนี้คือ ราคาแพง การซ่อมบำรุงทำได้ยาก

2.6.2.2 การใช้แถบแม่เหล็ก (Magnetic Tape) ฝังลงในพื้นมีลักษณะเป็นตารางทั่ว ๆ ไปบนพื้นเอจีวี จะทำการตรวจจับแถบแม่เหล็ก ด้วยแมกเนติกเซนเซอร์(Magnetic Sensor) โดยเอจีวีจะเคลื่อนที่ไปตามแนวของตารางจุดตัด ของเส้นตารางจะเป็นตัวนับตำแหน่งในการเคลื่อนที่การทำงาน ของวิธีนี้ลักษณะของแมกเนติก เซนเซอร์นั้นประกอบด้วย ขดลวดกระตุ้น 1 ชุด (Exciting Coil) ชุดตรวจจับ 2 ชุด (Detecting Coil) การทำงานเริ่มจากขดลวดกระตุ้น ผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าโดยมีชุดตรวจจับคอยตรวจจับ

2.6.2.3 การใช้กล้องทีวีหรือซีซีดี (CCD Camera) เป็นตัวนำร่อง โดยการนำสัญญาณภาพที่ได้รับ ซึ่งอาจเป็นดิจิตอลมาทำการประมวลผลเพื่อหาทางเดิน ของแถบที่ติดอยู่บนพื้น การใช้กล้องทีวี มีข้อดีคือ สามารถหาตำแหน่งที่ ถูกต้องของแถบสได้ แม้ว่าแถบนั้นจะมีการเลอะเลือนหรือชำรุดเสียหายไปบ้างก็ตาม ด้วยข้อดี ที่กล่าวมาทำให้สามารถนำไปใช้กับการขนส่งภายนอกอาคารได้ โดยเฉพาะการขนถ่ายวัสดุจาก อาคารหนึ่งไปสู่อีกอาคารหนึ่ง แต่ข้อเสียก็คือ ความเร็วในการประมวลผลช้ามาก โดยเฉพาะการ ทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการทำงาน แต่ปัญหาข้อนี้จะถูกแก้ไขด้วยการปรับปรุง หน่วยประมวลผลกลางให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.6.2.4 การใช้แถบสหรือเทปสะท้อนแสงติดบนพื้น วิธีการนี้ทำได้โดยการติดแถบสที่มีความแตกต่างกับสีของพื้น เมื่อเอจีวีตรวจพบแถบส นั้นจะนำเอาข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการควบคุม การเคลื่อนที่ต่อไป ข้อดีของวิธีนี้คือระบบการนำร่อง ไม่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงแก้ไขง่าย การซ่อมบำรุง กระทำได้ในระยะเวลาสั้น ตลอดจน ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งถูก สำหรับเทคนิคในการตรวจจับ เทปสมี 2 วิธี ได้แก่

1) การใช้ตัวเซนเซอร์ตรวจจับแถบสโดยเฉพาะ วิธีการนี้มีความเชื่อถือได้สูงสุด โดยตัวตรวจจับแถบสนี้จะรับเอาความถี่แสงที่กำหนดไว้ไป ใช้เท่านั้น ความถี่แสงอื่นจะถูกปฏิเสธออกไป ข้อเสียของวิธีนี้คือราคาสูง

2) การใช้โฟโต้เซนเซอร์ (Photo Sensor) ตัวตรวจจับความเข้มของแสงที่สะท้อนกลับออกมา วิธีการนี้จะต้องทำงานในที่บริเวณ สะอาดมาก ๆ การใช้โฟโต้เซนเซอร์จึงเหมาะสำหรับห้อง ควบคุมความสะอาดของโรงงานผลิต ไอซี ข้อดีของการใช้โฟโต้เซนเซอร์ คือ เป็นอุปกรณ์ที่หาง่าย ง่ายต่อการสร้าง ราคาถูก

2.6.3 ปัจจัยในการเลือกใช้พาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)

พื้นฐานการออกแบบในการเลือกใช้พาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) นั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยรอบข้างเพื่อเป็นการประกอบการตัดสินใจ และการออกแบบยานพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่า ด้านทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ คือ

2.6.3.1 ด้านพื้นที่ (Space) พื้นที่เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงผังโรงงาน หรือแผนผังการปฏิบัติงาน เพื่อกำหนดความเร็วของมอเตอร์ และรัศมีการเลี้ยวของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ

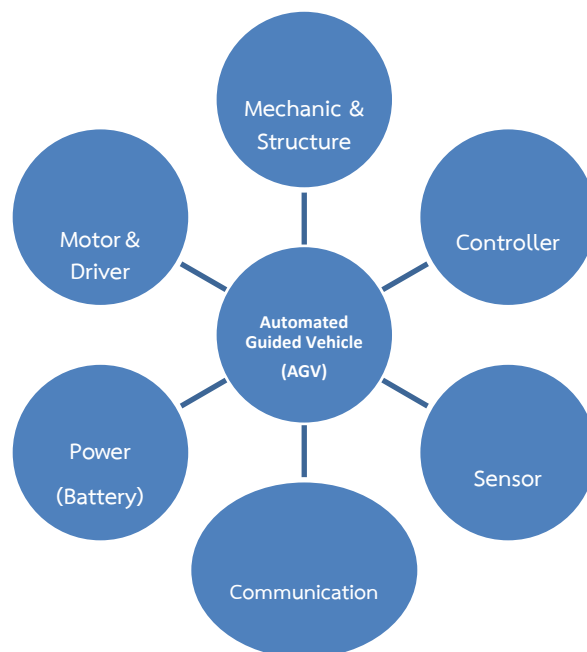
2.6.3.2 ด้านน้ำหนัก (Load) วัสดุที่จะใช้ลำเลียงนั้นจะต้องทราบถึง น้ำหนักของสิ่งของที่จะขนส่งเพื่อออกแบบโครงสร้างของตัวพาหนะเพื่อรองรับน้ำหนัก มีผลต่อการคำนวณทอร์กของการขับเคลื่อนมอเตอร์

2.6.3.3 ด้านปริมาณ (Capacity) ปริมาณ ขนาดของวัตถุสิ่งของ ที่ใช้ในการขนส่ง เล็กใหญ่มีผลต่อการออกแบบ

2.6.3.4 ด้านต้นทุน(Costs) ในการออกแบบนั้น การเลือกใช้อุปกรณ์เงื่อนไขต่าง ๆ ข้อจำกัด ระบบการควบคุม โปรแกรมที่ใช้ นั้นจะเป็นตัวกำหนดราคาของตัวพาหนะ

2.6.3.5 เวลา(Operating Hours) เวลา ระยะทางมีความสัมพันธ์ ต่อกัน การขนส่งของพาหนะลำเลียง

2.6.4 ส่วนประกอบหลักของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)



ภาพที่ 2.12 ส่วนประกอบของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)

ส่วนประกอบของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) นั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องศึกษา ลักษณะการทำงานเพื่อการออกแบบ แต่ส่วนประกอบบางส่วนอาจจะไม่ต้องนำมาใช้ทุกชิ้นก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและเงื่อนไขของการใช้งาน ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องทำการศึกษาข้อด้านทางเทคนิค เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการใช้งาน มากที่สุดคุ้มค่าต้องงบประมาณ ที่ลงทุน

2.6.4.1 Mechanic & Structure หมายถึง หมายถึง โครงสร้างกลศาสตร์ เป็นรากฐาน ในการสร้างรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ มีไว้ให้เกิดความแข็งแรง เพื่รองรับน้ำหนักสิ่งของในการขนส่ง ตัวถังซึ่งมีมอเตอร์ใช้ในการขับเคลื่อน เฟลาขับ สปริง เฟลา ล้อ ยาง ยึดติดกับโครงรถ

2.6.4.2 Controller หมายถึง การควบคุมอัตโนมัติที่มีความสำคัญในการควบคุมเชิงตัวเลข ของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ซึ่งมีหลากหลายให้เลือกใช้

2.6.4.3 Sensor หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับปริมาณทางฟิสิกส์ โดยอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซนเซอร์ สามารถกำเนิดสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสิ่งที่ต้องการตรวจจับได้ โดยการแปลงสัญญาณทางด้านอินพุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางด้านเอาต์พุตซึ่งเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้า เพื่อป้อนให้กับระบบ หรือกระบวนการ แล้วนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป อาจกล่าวได้ว่าเซนเซอร์ คือ ทรานสดิวเซอร์ (transducer) ประเภทหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรูปแบบหนึ่งให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ในบางครั้งจึงมีการเรียกเซนเซอร์ว่าทรานสดิวเซอร์หรือเรียกทรานสดิวเซอร์ว่าเซนเซอร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ และลักษณะการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการวัด

ตัวอย่างของเซนเซอร์ ได้แก่

1) เซนเซอร์ชนิดเทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) ทำหน้าที่ตรวจจับพลังงาน ความร้อนและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของค่าแรงดันไฟฟ้า

2) เซนเซอร์ชนิดอาร์ทีดี (Resistor Temperature Detector: RTD) ทำหน้าที่ ตรวจจับพลังงานความร้อนและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของค่าความต้านทานไฟฟ้า

3) เซนเซอร์ชนิดสเตรนเกจ (strain gauge) ทำหน้าที่ตรวจจับความเครียด (strain) และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของค่าความต้านทานไฟฟ้า

โดยทั่วไปการเลือกเซนเซอร์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร นิยมเลือกระดับ การป้องกันที่ IP65 หรือสูงกว่า ซึ่งสามารถป้องกันฝุ่นและน้ำได้ดีมาก นอกจากนี้ควรเลือกใช้เซนเซอร์ ที่ออกแบบมีการปิดตัวอุปกรณ์มิดชิด มีผิวเรียบ และไม่มีช่องว่างให้เป็นทีสะสมของเศษอาหารหรือ ฝุ่นซึ่งอาจส่งผลต่อการปนเปื้อนไปสู่ผลิตภัณฑ์ได้

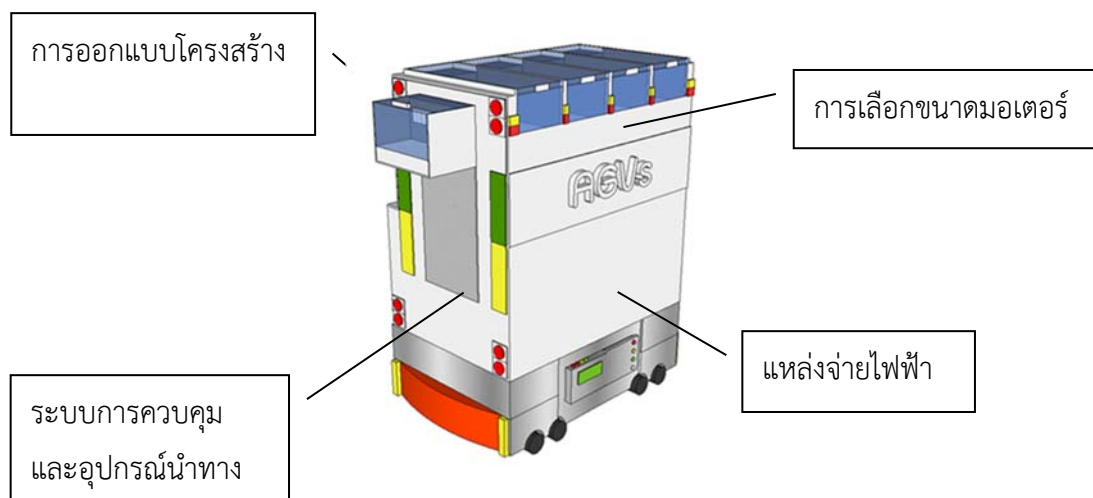
2.6.4.4 Communication หมายถึง กระบวนการส่งข่าวสารข้อมูลจากผู้ส่งข่าวสารไปยังผู้รับข่าวสาร มีวัตถุประสงค์เพื่อชักจูงให้ผู้รับข่าวสารมีปฏิกิริยาตอบสนองกลับมา โดยคาดหวังให้เป็นไปตามที่ผู้ส่งต้องการ

2.6.4.5 Power (Battery) หมายถึง แบตเตอรี่ (อังกฤษ: Battery) เป็นอุปกรณ์ที่ ประกอบด้วย เซลล์ไฟฟ้าเคมี หนึ่งเซลล์หรือมากกว่า ที่มีการเชื่อมต่อภายนอกเพื่อให้งานกับ อุปกรณ์ไฟฟ้า แบตเตอรี่มี ขั้วบวก (อังกฤษ: anode) และ ขั้วลบ (อังกฤษ: cathode) ขั้วที่มีเครื่องหมาย บวกจะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วที่มีเครื่องหมายลบ ขั้วที่มีเครื่องหมายลบคือแหล่งที่มาของ อิเล็กตรอนที่เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกแล้วอิเล็กตรอนเหล่านี้จะไหลและส่งมอบพลังงานให้กับ

อุปกรณ์ภายนอก เมื่อแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก สาร อิเล็กโทรไลต์ มีความสามารถที่จะเคลื่อนที่โดยทำตัวเป็นไอออน ยอมให้ปฏิกิริยาทางเคมีทำงานแล้วเสร็จในชั่วไฟฟ้าที่อยู่ห่างกัน เป็นการส่งมอบพลังงานให้กับวงจรภายนอก การเคลื่อนไหวของไอออนเหล่านั้นที่อยู่ในแบตเตอรี่ทำให้เกิดกระแสไหลออกจากแบตเตอรี่เพื่อปฏิบัติงาน ในอดีตคำว่า “แบตเตอรี่” หมายถึงเฉพาะอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์หลายเซลล์ แต่การใช้งานได้มีการพัฒนาให้รวมถึงอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว

2.6.4.6 Motor & Driver หมายถึง อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ หรือ (Motor & Drive) ที่มีให้เลือกหลากหลายตามความต้องการของแต่ละงาน ทั้งงานควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ ด้วยเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) หรือสเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor) หรือ อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมความเร็วรอบและแรงบิดในการทำงานมอเตอร์ หรือการควบคุมการสตาร์ทของมอเตอร์ด้วยซอฟต์แวร์ ซึ่งเหมาะกับอุตสาหกรรมทุกประเภทที่ต้องการให้กระบวนการผลิต ระบบกลไกหรือเครื่องจักร ทำงานอย่างถูกต้องแม่นยำ และสามารถช่วยในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์ได้ด้วยเช่นกัน ซึ่งทางเรามี มอเตอร์ อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์ หลากหลายสำหรับมอเตอร์หลายขนาด เพื่อความเหมาะสมในงานนั้น ๆ

2.6.5 ขั้นตอนการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)



ภาพที่ 2.13 วัฏจักรการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)

2.6.5.1 โครงสร้าง ในการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ผู้สร้างจะต้องคำนึงถึงภาระการรับน้ำหนักของวัสดุที่พาหนะลำเลียงขนส่ง และการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ต่าง ๆ กลไกขับเคลื่อน ซึ่งหนักกรรมของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติหนักเกินไป อาจทำให้ต้องเลือกใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นโครงสร้างที่นิยมมาใช้ คือ โครงสร้างอลูมิเนียม (Aluminium) ถือเป็นโลหะที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากทั้งในภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือน สำหรับภาคอุตสาหกรรมใช้ในการผลิตอลูมิเนียมผสม และผลิตภัณฑ์อลูมิเนียม ส่วนภาคครัวเรือนมีใช้มากในการก่อสร้าง และตกแต่งบ้าน ทดแทนไม้ และเหล็ก เนื่องจากเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติคงทนต่อการหัก ความร้อน การกัดกร่อน

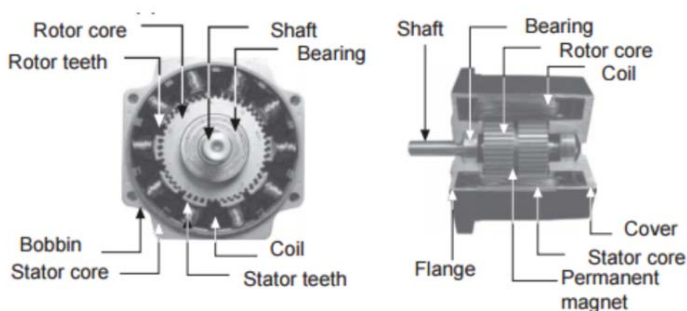
น้ำหนักเบา และมีความสามารถในการสะท้อนแสง และความร้อนได้ดี มักใช้ในงานก่อสร้าง งานตกแต่ง เช่น การทำประตู หน้าต่าง ฝ้า รวากัน และโครงสร้างต่าง ๆ



ภาพที่ 2.14 อลูมิเนียม (Aluminium)

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

2.6.5.2 การเลือกขนาดมอเตอร์ ในการออกแบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ นั้นส่งสำคัญ อีกประการหนึ่งด้านการขับเคลื่อนที่ ดังนั้นนักออกแบบมักนิยมเลือกใช้ สเต็ปป์มอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ โดยโครงสร้างภายในนั้นจะประกอบไปด้วยขั้วแม่เหล็กบน สเตเตอร์ (Stator) ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวน จะมีซี่ยื่นออกมาประกอบกันเป็นขั้น ๆ โดยแต่ละซี่ที่ยื่นออกมานั้นจะมีขดลวด (คอยล์) พันอยู่ เมื่อมีกระแสผ่านคอยล์จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น



ภาพที่ 2.15 โครงสร้าง Stepping Motor

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

ในการทำงานของ Stepping Motor หรือ Stepper Motor นั้นจะไม่สามารถขับเคลื่อนหรือทำงานเองได้ จำเป็นต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณหรือจ่ายพัลส์ไปให้วงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ (Stepping Motor Drive) การสร้างสัญญาณนั้นจะต้องสร้างและเรียงลำดับของสัญญาณด้วยและอีกสิ่งที่สำคัญคือการดูตำแหน่งของสายที่ทำการต่อเข้ากับตัวสเต็ปมอเตอร์



ภาพที่ 2.16 แผนผังการทำงานของ Stepping Motor

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

1) วิธีการเลือก Stepping Motor

ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการความแม่นยำสูงในเรื่องของตำแหน่งการเคลื่อนที่ของชิ้นงาน มักจะมี Stepping Motor อยู่ในกระบวนการผลิตด้วย ซึ่งหากเราไม่รู้จักวิธีการเลือกซื้อที่ถูกต้อง งานที่ออกมานั้นอาจไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นเรามาดูวิธีการเลือกซื้อสเต็ปมอเตอร์กันเลย ซึ่งวิธีการเลือกซื้อสเต็ปมอเตอร์ มีดังนี้

จำนวนเฟสของมอเตอร์ (Phase) ให้พิจารณาจากงานที่เราจะนำมาใช้ว่าต้องการแบบใด เช่น 2 Phase, 5 Phase

ขนาดของมอเตอร์ (Size) ขนาดของมอเตอร์ที่เราจะเลือกใช้นั้นให้ดูจากขนาดของบริเวณพื้นที่ที่เราจะนำไปติดตั้ง

กระแสที่มอเตอร์ใช้ ควรทราบค่ากระแสที่มอเตอร์ตัวที่เราจะทำการเลือกมาใช้งานนั้นสามารถใช้งานกับกระแสที่เท่าไร

ความละเอียดของมอเตอร์ (องศา) เป็นส่วนที่สำคัญมากในการเลือกซื้อ Stepping Motor ซึ่งตัวองศาจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความละเอียดและความแม่นยำของตำแหน่งงาน

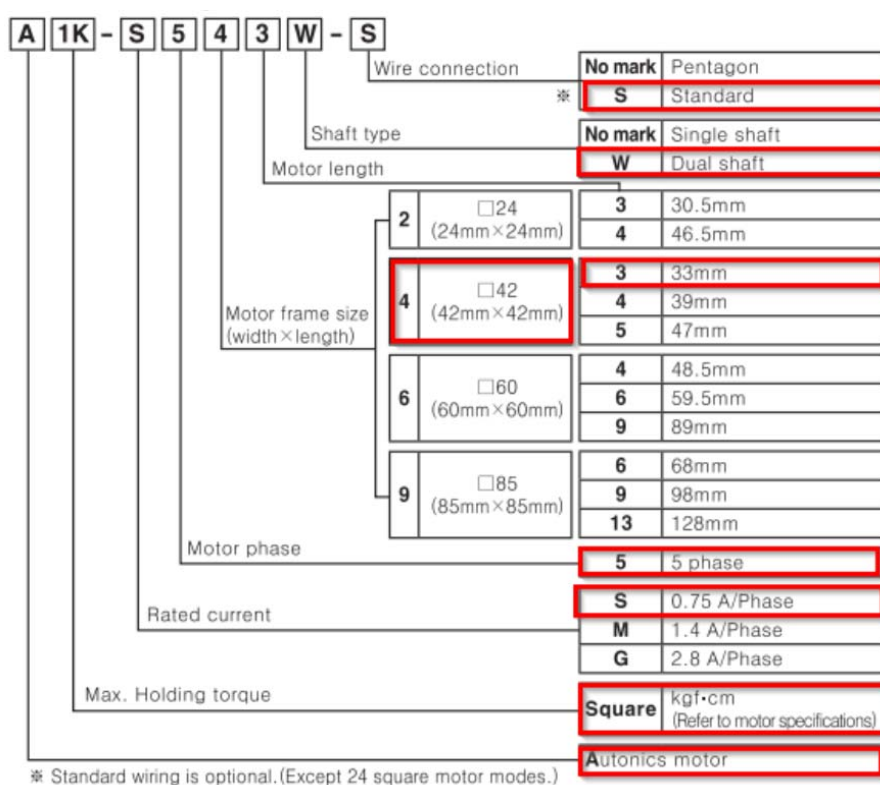
ตัวอย่างเช่น มอเตอร์สามารถหมุนได้ 0.72 องศา ต่อหนึ่งครั้ง นั้นหมายความว่าถ้ามอเตอร์หมุนครบหนึ่งรอบ (360 องศา) จะมีการขยับทั้งหมด 500 ครั้ง หากงานที่จะนำไปใช้นั้นต้องการความแม่นยำสูงก็ควรเลือกมอเตอร์ที่มีองศาในการเคลื่อนที่น้อย ๆ หรือสามารถปรับความละเอียดขององศาได้จาก Stepping Motor Driver

□42			
Model	A1K-S543(W)-□	A2K-S544(W)-□	A3K-S545(W)-□
Max. Holding torque(*1)	1.3 kgf·cm (0.13 N·m)	1.8 kgf·cm (0.18 N·m)	2.4 kgf·cm (0.24 N·m)
Moment of rotor inertia	35 g·cm ² (35×10 ⁻⁷ kg·m ²)	54 g·cm ² (54×10 ⁻⁷ kg·m ²)	68 g·cm ² (68×10 ⁻⁷ kg·m ²)
Rated current	0.75 A/Phase		
Basic step angle	0.72°/0.36° (Full/Half)		
Unit weight	Approx. 0.25kg	Approx. 0.3kg	Approx. 0.4kg

ภาพที่ 2.17 รายละเอียดของ Stepping Motor

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

ในการเลือกซื้อสเต็ปมอเตอร์หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีชื่อ Model กำกับอยู่ นั้น เราควรศึกษาความหมายของ Model ให้ดีเสียก่อน เนื่องจากในชื่อ Model ของสินค้านั้นจะมีความหมายหรือเป็นตัวบอกคุณสมบัติของอุปกรณ์นั้น ๆ



ภาพที่ 2.18 รายละเอียดความหมายของชื่อ Model สเต็ปมอเตอร์

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

2) วิธีการเลือก Servo Motor

เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่มีการควบคุมการเคลื่อนที่ของมัน (State) ไม่ว่าจะเป็นระยะ ความเร็ว มุมการหมุน โดยการใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ

(Feedback control) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed) ควบคุมแรงบิด (Torque) ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position) ระยะทางในการเคลื่อนที่ (หมุน) (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้ โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ขนาดของ Servo Motor จะมีหน่วยในการบอกขนาดเป็นวัตต์ (Watt) Servo Motor ของ Panasonic จะมีขนาดตั้งแต่ 50W-15kW ทำให้ผู้ใช้งานมีความหลากหลายในการใช้งาน

ประเภทของเซอร์โวมอเตอร์ โดยทั่วไปจะมีทั้งดีซีและเอซีเซอร์โว ในเครื่องจักรรุ่นเก่า ๆ เราจะพบว่า DC Servo Motor มีการใช้เครื่องจักรกลอุตสาหกรรมมากกว่า AC Servo Motor เนื่องจากช่วงที่ผ่านมากการควบคุมกระแสกระแสสูง ๆ นั้นจะต้องใช้ SCRs แต่ปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้พัฒนาขีดความสามารถให้ตัดต่อกระแสสูงและใช้งานที่ความถี่ได้สูง ๆ ขึ้น จึงทำให้ระบบควบคุมทางเอซีและระบบเซอร์โวได้ถูกนำมาใช้งานมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกประเภทของเซอร์โวได้ดังนี้



ภาพที่ 2.19 เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor)

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

Gearheads	= เกียร์สำหรับลดความเร็วรอบเพื่อเพิ่มแรงบิด
Shafts	= เพลาของมอเตอร์
Flanges	= หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมอเตอร์
Feed back	= อุปกรณ์ป้อนกลับหรือ encoder
Connectorization	= ขั้วต่อสายไฟเข้ามอเตอร์และขั้วต่อสายสำหรับ Encoder
Breakes	= ชุดเบรก

โครงสร้างของ AC servo Motor จะคล้ายกับมอเตอร์ 3 เฟสทั่ว ๆ ไป ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือ สเตเตอร์และโรเตอร์ โดยสเตเตอร์จะประกอบด้วยขดลวด 3 ชุด ขดลวดภายในจะต่อเป็นแบบสตาร์ (Star หรือ WYE) และมีสายต่อมาที่ขั้วต่อสายด้านนอก 3 เส้น

(จุดนิวทรอลจะอยู่ด้านใน) ส่วนโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet) ไม่มีขดลวดพัน ไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และไม่มีแปรงถ่าน (Brushless)

โครงสร้างที่ไม่มีขดลวดพันไม่และแปรงถ่าน จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้น ไม่มีการสูญเสียในขดลวดทองแดง ไม่ต้องบำรุงรักษาเนื่องจากแปรงถ่าน ไม่เกิดประกายไฟเนื่องจากการเรียงกระแสจากแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์ไปยังขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในตัวโรเตอร์

สำหรับวัสดุที่นำมาสร้างแม่เหล็กถาวรนี้จะแตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับราคาและเทคโนโลยีของบริษัทผู้ผลิตนั้น ๆ ซึ่งมีตั้งแต่ชนิดที่ราคาถูกเช่น เซรามิก (เฟอไรต์) จนถึงการใช้วัสดุที่มีราคาแพงอย่างเช่น ซามาเรียม โคบอลต์ หรือนิโอดีเมียม เป็นต้น (ปัจจุบันเอซีเซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่จะใช้วัสดุสารแม่เหล็กแบบ นิโอดีเมียม เนื่องจากมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็ก และความเหมาะสมเรื่องราคาดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุสารแม่เหล็กแบบอื่น ๆ

2.6.5.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า. เป็นคำที่ใช้กันมากที่สุด ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าจากรูปแบบหนึ่ง ไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง แม้ว่ามันจะยังอาจหมายถึง อุปกรณ์ที่แปลงพลังงานรูปแบบหนึ่ง (เช่นพลังงานกล พลังงานเคมี พลังงานแสงอาทิตย์) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟแบบควบคุมได้ (อังกฤษ: regulated power supply) สามารถควบคุมแรงดันหรือกระแสเอาต์พุตให้มีค่าที่คงที่แน่นอน แม้ว่าโหลดจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงที่พลังงานที่อินพุตก็ตาม แหล่งจ่ายไฟทุกตัวต้องได้รับพลังงานจากแหล่งพลังงานภายนอกเพื่อจ่ายให้โหลดและการบริโภคพลังงานของตัวมันเองในขณะที่ปฏิบัติงาน แหล่งพลังงานภายนอกจะขึ้นอยู่กับการออกแบบ แหล่งจ่ายไฟอาจจะได้รับพลังงาน จากระบบสายส่งพลังงานไฟฟ้า อาจเป็นกระแสสลับ หรือกระแสตรงที่ได้จากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้า กระแสสลับให้เป็นกระแสตรงอุปกรณ์จัดเก็บพลังงาน เช่นแบตเตอรี่ และเซลล์เชื้อเพลิงระบบเครื่องกลไฟฟ้า เช่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานกล เช่น Generator และ Alternator พลังงานแสงอาทิตย์แหล่งจ่ายไฟอาจถูกนำมาใช้แบบแยกส่วน หรือเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของโหลด เช่นแหล่งจ่ายไฟในคอมพิวเตอร์เดสก์ท็อป และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปสำหรับผู้บริโภค คุณลักษณะเฉพาะที่ระบุไว้บนแหล่งจ่ายไฟ ได้แก่ ปริมาณของแรงดันและกระแสที่สามารถจ่ายให้กับโหลดได้วิธีการที่จะทำให้แรงดันหรือกระแสเอาต์พุตมีเสถียรภาพ ภายใต้เงื่อนไขที่กระแสไฟฟ้าอินพุตและสถานะของโหลดที่เปลี่ยนแปลงระยะเวลาการใช้งานได้นานเท่าใดโดยไม่ต้องเติมเชื้อเพลิงหรือหรือชาร์จประจุใหม่ (เฉพาะ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แหล่งพลังงานแบบพกพา)

2.6.5.4 ระบบการควบคุม และอุปกรณ์นำทาง ในการออกแบบพาหนะลำเลียงอุปกรณ์การควบคุมที่นำมาใช้นั้นผู้ออกแบบจะต้องเลือกจากการใช้งาน และมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้คือ

1) Computer หมายถึง อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ทำางด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถจำข้อมูลและคำสั่งได้ ทำให้สามารถทำงานไปได้ โดยอัตโนมัติด้วยอัตราความเร็วที่สูงมาก ใช้ประโยชน์ในการคำนวณหรือการทำงานต่าง ๆ ได้เกือบทุกชนิด มี 3 ขนาด คือ ขนาดใหญ่ (main frame) ขนาดกลาง (mini computer) และขนาดเล็กที่กำลังได้รับความนิยมทั่วไปในขณะนี้ เรียกว่า ไมโครคอมพิวเตอร์ (micro computer) หรือคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (personal computer) ที่เรียกกันย่อ ๆ ว่า พีซี ปัจจุบัน การใช้ระบบเครือข่ายทำให้เราสามารถใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เป็นที่พักข้อมูลต่าง ๆ สื่อสารได้ นอกเหนือไปจากการใช้เพื่อการคำนวณตามวัตถุประสงค์

2) PLC โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

3) Microcontroller ไมโครคอนโทรลเลอร์ (อังกฤษ: Microcontroller มักย่อว่า μC , uC หรือ MCU) คือ อุปกรณ์ ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวม เอาชีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าแปลความหมายแบบตรงตัวก็คือ ระบบคอนโทรลขนาดเล็กเรียกอีกอย่าง หนึ่งคือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่าง ๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input/Output เพื่อสั่งงานให้ไป ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อีกด้วย ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้าน Digital และ Analog ยกตัวอย่างเช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ ระบบบัตรคิว ระบบตอกบัตรพนักงาน และอื่น ๆ ยิ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบ Network ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่อาจจะเป็นการสั่งงานอยู่คนละ ซีกโลกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตก็ได้

ตารางที่ 2.7 การเปรียบเทียบข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม

Lists	Computer	PLC	Microcontroller
ความเสถียร	มาก	มาก	น้อยกว่า
ความเร็วในการประมวลผล	มาก	ค่อนข้างมาก	น้อยกว่า
ราคา	สูง	สูง	ถูกกว่า
ความยืดหยุ่นของโปรแกรม	มาก	น้อยกว่า	มาก
กำลังไฟฟ้า	สิ้นเปลือง	สิ้นเปลือง	ประหยัด

4) อุปกรณ์นำทาง (Guided Sensor) คืออุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณหรือปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ เสียง แสง การสัมผัส เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำระบบ sensor มาใช้บนโทรศัพท์มือถือ ในหลายรูปแบบ เช่น G-sensor ระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว Accelerometer Sensor ระบบหมุนภาพ อัตโนมัติ Orientation Sensor เซ็นเซอร์ปรับมุมมองหน้าจอ Sound Sensor เซ็นเซอร์

ตรวจวัดระดับเสียง Magnetic Sensor ตรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็ก Light Sensor ตรวจจับแสงสว่าง สำหรับการปรับแสงบนหน้าจออัตโนมัติ และ Proximity Sensor ระบบเปิด/ปิดหน้าจออัตโนมัติขณะ สันทนาแบบหู เป็นต้น ซึ่งเรามักพบคุณสมบัติเหล่านี้ได้กับโทรศัพท์มือถือ แบบ smartphone ทั้งใน ระบบ iOS และ Android OS ในงานวิจัย ครั้งนี้ได้เลือกใช้ระบบการควบคุมด้วย Sensor ชนิดแบบ ตรวจจับสี หรือสีที่บ่งแสง ในการศึกษาการทำงานของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) นั้น หัวใจสำคัญ ที่สุดอยู่ที่ขั้นตอนของการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ให้สามารถทำงาน ตามเงื่อนไขที่เรากำหนดไว้ได้ ซึ่งการที่จะสามารถสร้างระบบพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ให้มีความเฉลียวฉลาดได้มากน้อยเพียงใดนั้น ปัจจัยหลักอย่างหนึ่งก็คือ การติดตั้ง อุปกรณ์ ตรวจจับแบบต่าง ๆ ให้กับพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)เพื่อใช้ในการตรวจจับสภาพสิ่งแวดล้อม ภายนอกรอบ ๆ ตัวพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)อันจะเป็นหนทางเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์และ ตัดสินใจสั่งงานระบบกลไกต่าง ๆ เพื่อตอบสนองต่อเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ตรวจจับได้ สำหรับระบบโครงสร้าง ของรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ก็เช่นเดียวกัน ในชุดมาตรฐานจะมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับ ตรวจจับ Input แบบต่าง ๆ ไว้ 2 ส่วนด้วยกัน คือ Switch สำหรับตรวจสอบการชน ด้านหน้าและ ด้านหลัง และแผงวงจรสำหรับตรวจจับเส้นขนาด 3 จุด สำหรับใช้นำทางให้พาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ไปตามแนวเส้น ซึ่งในบทนี้เราจะมาทดลองศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการในการตรวจจับ เส้นของรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) โดยจะทดลองกำหนดสถานะการณ์ของเส้นในลักษณะต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นสนามในการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานของรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ไม่ว่าจะเป็น การเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นตรงและเส้นโค้ง การเคลื่อนที่ไปตามเส้นตรงและเส้น มุมฉาก การเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นตรงและเส้นสลับฟันปลา หรือ การตรวจจับเส้นเพื่อควบคุมให้รถ เคลื่อนที่อยู่ภายในกรอบของเส้น เป็นต้น

สำหรับแนวทางและวิธีการในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ ควบคุมการเคลื่อนที่ ของรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวของเส้นที่กำหนดเอาไว้ ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ของการเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) อย่างมีเงื่อนไข ซึ่งการที่จะสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้รถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ ไปตาม แนวเส้นที่กำหนดไว้นั้น ในอันดับแรกผู้อ่านจะต้องเข้าใจถึงพื้นฐานในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ พาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)เสียก่อน ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เคลื่อนที่ถอยหลัง การควบคุมให้รถเลี้ยวซ้าย หรือเลี้ยวขวา เป็นต้น ซึ่งในบทนี้จะไม่ขอกล่าวถึงวิธีการในเรื่องเหล่านี้ โดยผู้อ่านสามารถย้อนกลับไปทำความเข้าใจในหัวข้อการทดลองเรื่อง “การควบคุมการเคลื่อนที่ของ รถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV)” ได้ และจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้อ่านจะต้องทำความเข้าใจกับวิธีการ ควบคุมการเคลื่อนที่ของรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ในลักษณะต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ไม่เช่นนั้นแล้วอาจไม่สามารถเข้าใจและทำการทดลองในหัวข้อนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร สำหรับ หลักการและวิธีการในการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นนั้น ความจริงแล้วจะไม่มีหลักเกณฑ์หรือหลักการใด ๆ เป็นตัวบังคับ ว่าจะต้องทำอย่างนั้น อย่างนี้ จึงจะถูกต้อง ถ้าทำอย่างนั้นจะผิดต้องทำอย่างนี้จึงจะถูก ซึ่งวิธีการต่าง ๆ สามารถปรับเปลี่ยนไปได้ตามสถานะการณ์และความเหมาะสม โดยผู้ออกแบบสามารถคิดค้นและพัฒนา เทคนิควิธีต่าง ๆ ขึ้นมาใช้งานเองได้ สำหรับตัวอย่างที่จะแสดงให้เห็นในหัวข้อการทดลองของบทนี้ ถือว่า

เป็นเพียงตัวอย่างหรือแนวทางเบื้องต้น ในการเขียนโปรแกรมควบคุมเท่านั้น ซึ่งผู้อ่านอาจใช้เป็นแนวทางในการทดลองเพื่อประกอบความเข้าใจเบื้องต้น ซึ่งถ้าเห็นว่ามีข้อดีก็สามารถจดจำและนำไปใช้งานในโอกาสต่อไปได้ หรือถ้าผู้อ่านยังเห็นว่าตัวอย่างยังมี ข้อจำกัดหรือข้อบกพร่องอยู่ก็อาจนำไปพัฒนาปรับปรุงให้มีความสามารถมากยิ่งขึ้น หรือถ้าหากผู้อ่านสามารถคิดค้นหรือมีวิธีการอื่น ๆ ที่ดีกว่าก็สามารถพัฒนาเทคนิคเหล่านั้นขึ้นมาใช้งานทดแทนเองก็ได้ไม่ถือว่าผิดอะไร โดยทุกอย่างควรยึดเอาผลการทำงานของโปรแกรมเป็นเครื่องชี้วัด ว่าการทำงานของโปรแกรมสามารถตอบสนองต่อเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้เพียงใดมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามก่อนที่จะเริ่มต้นเข้าสู่การทดลองนั้น ในอันดับแรกเราควรมาทำความเข้าใจกับการทำงานของวงจรที่ใช้ในการตรวจจับเส้นกันเสียก่อนว่า วงจรมีหลักการทำงานเป็นอย่างไร และให้ผลลัพธ์ของการทำงานสัมพันธ์กับลักษณะของเส้นที่ตรวจจับได้อย่างไรบ้าง จากนั้นค่อยไปทำความเข้าใจกับวิธี การเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบเงื่อนไขการตรวจจับเส้น เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการสังวรภาพหะลำเลียงอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ ในภายหลัง

5) การตรวจจับเส้น (Tracker Sensor)

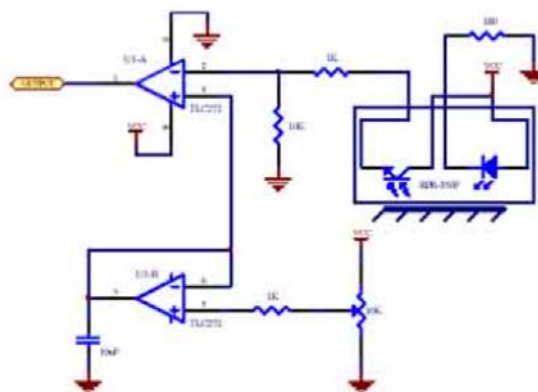
ในการตรวจจับเส้น (Tracker) นั้น บอร์ด ได้จัดเตรียมขั้วต่อ ซึ่งเป็นขั้วต่อสำหรับเชื่อมต่อกับบอร์ดตรวจจับเส้นขนาด 3 จุด ไว้ให้ภายในบอร์ดแล้ว โดยบอร์ดตรวจจับเส้น นั้น จะให้ผลการทำงานของการทำงานเป็นสัญญาณลอจิก กล่าวคือจะให้ผลการทำงานเพียง 2 สถานะ คือ จริง กับ เท็จ โดยบอร์ด เป็นวงจรตรวจจับเส้น โดยจะใช้หลักการส่งและสะท้อนกลับของแสงอินฟราเรด ซึ่งภายในบอร์ด นั้นจะมีการติดตั้งชุดตรวจจับเส้นแบบอินฟราเรดไว้ 3 จุด ด้วยกันเพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับให้มากขึ้น โดยจะอาศัยหลักการในการสะท้อนกลับของสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งคุณสมบัติของแสงอินฟราเรดนี้จะมี

การสะท้อนกลับในวัตถุหรือพื้นผิวที่เป็นสีดำ ดังนั้นเราจึงสามารถทำการตรวจสอบหรือแยกความแตกต่างระหว่างวัตถุ หรือพื้นผิวที่เป็นสีขาวและสีดำได้ แต่เนื่องจากในสถานที่ต่าง ๆ นั้นจะมีความเข้มข้นหรือปริมาณของแสงที่ไม่เท่ากัน ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของวงจรอินฟราเรด ดังนั้นเราจึงได้ออก แบบวงจรตรวจจับให้สามารถทำการปรับระดับความไวในการตรวจจับได้ โดยการปรับที่ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกมาค่า 10KOHM เพื่อให้มีความอ่อนตัวเมื่อนำไปใช้ในสถานที่ต่าง ๆ มากขึ้น



ภาพที่ 2.20 วงจรสำหรับตรวจจับเส้นขนาด 1 จุด (Tractor Circuit)

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)



ภาพที่ 2.21 วงจรสำหรับตรวจจับเส้นขนาด 1 จุด (Tractor Circuit)

ที่มา: มงคล ตันนามล และคณะ (2560: เว็บไซต์)

จากภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะการสะท้อนของตัวตรวจจับเส้นโดยใช้ชุดรับส่งอินฟราเรดข้างต้น จะเห็นได้ว่า เมื่อตัวส่งทำการส่งคลื่นอินฟราเรดออกไปกระทบ กับวัตถุก็จะมี การสะท้อนกลับของสัญญาณไปยังตัวรับแต่ขนาดความแรงของสัญญาณที่สะท้อนกลับนั้นจะขึ้นอยู่กับ สีพื้นผิวของวัตถุ โดยในพื้นที่ที่มีสีทึบ เช่น สีดำ จะมีการสะท้อนกลับของสัญญาณน้อยมาก ส่วนสีที่มีความสว่าง เช่น สีขาว จะมีการสะท้อนสัญญาณได้ดี จากคุณสมบัติดังกล่าวเราจึงสามารถแยก ความแตกต่างของเส้นได้ สำหรับวงจรของชุดตรวจจับเส้น R-TRACKER3 นั้น จะใช้วงจรเปรียบเทียบ แรงดัน (OP-AMP) ในการตรวจจับ โดยการ ปรับค่าแรงดันอ้างอิงของการตรวจจับไว้ล่วงหน้าโดย ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเก็อกมาเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันที่ได้จากการสะท้อนกลับของ ตัวรับ อินฟราเรด เมื่อมีการสะท้อนกลับของคลื่นอินฟราเรดจำนวนมากจนได้ค่าแรงดันเท่ากับแรงดันอ้างอิง ที่กำหนดไว้จะได้ผลการเปรียบเทียบ เป็นค่า โวลิจ “0” แต่ถ้าการสะท้อนกลับ มีค่าน้อยจะให้ผลเป็น “1” ซึ่ง บอร์ด ET-ROBOT RD2 จะมีหลอดแสดงผลแบบ LED สำหรับใช้แสดงผล การตรวจจับเส้น เติร์มไว้ให้ด้วย โดยหลอด แสดงผล LED จะติดสว่างเมื่อผลการตรวจจับเส้นได้ผลลัพธ์ เป็น “0” โดยผลการตรวจจับจะมีการเปลี่ยนแปลงตามการ สะท้อน ของสัญญาณอินฟราเรดดังนี้

เมื่อมีการสะท้อน (พื้นผิวสีขาว) ที่ขาสัญญาณเอาต์พุตจะมี Logic “0” และ LED ติดสว่าง

เมื่อไม่มีการสะท้อน (พื้นผิวสีดำ) ที่ขาสัญญาณเอาต์พุตจะมี Logic “1” และ LED จะดับ

สำหรับการปรับแต่งค่าระดับความเข้มของเส้นในการตรวจจับนั้น จะขึ้นอยู่กับ ลักษณะความแตกต่างของพื้นและเส้น ซึ่งควรใช้พื้นและเส้นที่มีความ แตกต่างกันอย่างชัดเจน เช่น ใช้พื้นสีขาวกับเส้นสีดำ หรือ ใช้พื้นสีดำกับเส้นสีขาว เป็นต้น โดยวิธีการปรับแต่งค่าความไวในการตรวจจับ เส้นนั้นให้ทำการ นำรถหุ่นยนต์ที่ติดตั้งแผงตรวจจับเส้นเรียบร้อยแล้วไปวางทับไว้กับเส้น พร้อมกับ ปรับค่าตัวต้านทานจนได้จุดที่เกิดความแตกต่างของวงจรตรวจจับพอดี แล้วจึงลองนำ Sensor เคลื่อนที่ ผ่านแนวเส้นดู ซึ่งจะต้องเห็นการเปลี่ยนแปลงของ LED ที่แสดงสถานะการตรวจจับเส้นทำงานได้ อย่างถูกต้อง เมื่อ Sensor อยู่ในตำแหน่งทับเส้น และ อยู่นอกเส้น ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้พื้นสีขาวกับเส้น

สีดำ เมื่อ Sensor ทับอยู่บนเส้น LED จะต้องดับ แต่เมื่อ Sensor อยู่บนพื้น LED แสดงสถานะการณทำงานของ Sensor จะต้องติดสว่าง

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 งานวิจัยในประเทศ

จักรกฤษณ์ ลัทธวิชพันธ์ (2551) ได้ทำงานวิจัยเรื่อง การจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา “ส่วนผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วง ในโรงงานตัวอย่าง” ปัญหาที่พบเวลาการผลิตของสายงานผลิตภายในและภายนอก ไม่สมดุลกัน จึงได้ทำการศึกษาขั้นตอนการผลิตและเวลามาตรฐานของโรงงานตัวอย่าง นำข้อมูลมาจัดสมดุลสายการผลิตโดยมีวิธีจัดสมดุล 3 วิธี หลังจากที่ได้วิธีในการจัดสมดุลสายการผลิตแล้ว ได้ใช้เทคนิคการปรับปรุงแบบ ECRS ได้พบว่าของรุ่น RX162 ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 48 และ 49 ชิ้น ต่อวัน ส่วนรอบเวลารุ่น RX180 พบว่าผลผลิตเพิ่มขึ้น 42 และ 44 ชิ้นต่อวันตามลำดับ

นิติเศรษฐ เพชรจุ (2555) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการทำงานของเจ้าหน้าที่สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด จากการใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่สหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด สรุปได้ว่าเจ้าหน้าที่มีอาการเจ็บปวดส่วนใหญ่มากจากสถานีรับซื้อน้ำยาง และมีค่าดัชนีความไม่ปกติ (AI) สูงมากเมื่อเทียบกับสถานอื่น คือมีค่าเฉลี่ย 3.35 ซึ่งหมายถึง จำเป็นต้องได้รับการแก้ไข จากนั้นจึงนำเจ้าหน้าที่ทั้งหมด 5 คนในสถานงานรับซื้อน้ำยาง มาทำการวิเคราะห์ 2 ตัวแปร คือ RULA และ EMG ขณะทำงานปกติ จากการศึกษาการทำงานของเจ้าหน้าที่ และประเมินค่าคะแนนท่าทางการทำงาน (RULA) พบค่าเฉลี่ย $6.03 (\pm 1.44)$ คะแนน อยู่ในระดับสูงซึ่งบ่งบอกว่าการทำงานอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม ควรมีการปรับปรุงการทำงาน และค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อขณะทำงาน (EMG) ที่บริเวณหลังส่วนบนใช้ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ trapezius (ซ้ายและขวา) และในขณะบริเวณหลังส่วนล่างใช้ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ erector spinae (ซ้ายและขวา) พบว่ามีค่า $47.52 (\pm 7.77)\%$, $42.29 (\pm 8.82)\%$, $50.08 (\pm 5.06)\%$ และ $45.67 (\pm 3.74)\%$ ของกระแสไฟฟ้าสูงสุดของกล้ามเนื้อ (MVE) ตามลำดับ ดังนั้นการปรับปรุงสถานงานเพื่อปรับเปลี่ยนสภาพการทำงานจึงเป็นสิ่งสมควร เพื่อลดปัญหาได้เปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่โดยใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการเท และเคลื่อนย้ายถังน้ำยางที่ได้ออกแบบมาช่วยให้ท่าทางการทำงานดีขึ้น หลังการปรับปรุงสถานงานพบว่าค่าคะแนนท่าทางการทำงานมีค่าเฉลี่ย $3.85 (\pm 1.53)$ หรือลดลง 36.15% และสำหรับค่ากระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อทั้ง 4 ตำแหน่งข้างต้นมีค่า $19.33 (\pm 4.01)\%$, $21.17 (\pm 5.90)\%$, $17.29 (\pm 1.62)\%$ และ $17.95 (\pm 1.74)\%$ ตามลำดับ และสามารถลดรอบเวลาการทำงานลงได้ 64%

อรุณ สังขพงศ์กลางเดือน และคณะ (2556) ได้ทำการวิจัยเพื่อลดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ โดยการสำรวจอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อการทำงานในกระบวนการผลิตปลาพูน่าด้วยแบบสำรวจเบื้องต้นทำการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายของแรงงาน และประเมินผลกระทบทางกายภาพต่อร่างกายในสภาพการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงเพื่อเปรียบเทียบผลสถิติด้วยคะแนนท่าทางการทำงานด้วย RULA แรงกด และแรงเฉือนต่อหมอนรองกระดูก L5/S1 และค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วย EMG พบว่าแรงงานในขั้นตอนชุดแยกเลือดปลาเกิดอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 92 โดยตำแหน่งบนร่างกาย ซึ่งเกิดอาการปวดเมื่อยล้ากล้ามเนื้อมากที่สุดเรียงตามลำดับ

ได้แก่ตำแหน่งหัวไหล่ซ้าย และขวาตำแหน่งสะโพกตำแหน่งหลังส่วนล่าง และตำแหน่งขาส่วนล่างซ้าย และขวาทำการปรับปรุงสภาพการปฏิบัติงานในขั้นตอนชุดแยกเลือดปลาเป็นการปฏิบัติงานแบบงานนั่งด้วยการสร้างเก้าอี้ และชั้นวางถาด พร้อมกับประเมินผลกระทบทางกายภาพต่อร่างกายของแรงงานในสภาพการปฏิบัติงานก่อน และหลังปรับปรุง พบว่าคะแนนการประเมินท่าทางการทำงานด้วย RULA มีคะแนนเฉลี่ยลดลง ผลการวิเคราะห์แรงกด และแรงเฉือนตรงบริเวณหมอนรองกระดูก L5/S1 นั้นมีค่าของแรงกด และแรงเฉือนลดลง ผลการประเมินค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อด้วย ค่าความถี่เฉลี่ยของกล้ามเนื้อ Erector Spines กล้ามเนื้อ Trapezius และกล้ามเนื้อ Anterior Deltoid นั้นพบว่าความถี่เฉลี่ยของกลุ่มกล้ามเนื้อทั้งหมดในสภาพการปฏิบัติหลังปรับปรุงมีค่าน้อยกว่าสภาพการปฏิบัติงานก่อนปรับปรุง และเมื่อประเมินผลอัตราผลิตภาพ และอัตราผลิตภาพในสภาพการปฏิบัติงานหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้น 1.17 กิโลกรัมต่อคนต่อวันโดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 6 เดือนจากผลการศึกษาสรุปได้ว่าการปรับปรุงสภาพการปฏิบัติงาน แบบงานนั่งด้วยการสร้างเก้าอี้และชั้นวางถาด สามารถลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของแรงงานอีกทั้งเพิ่มผลผลิตด้วย

กิตติพงษ์ ประสงค์การ และคณะ (2557) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิตเส้นขนมจีนโดยประเมินความเสี่ยงจากการทำงานโดยหลักการทางกายศาสตร์ทั้งหมด 2 วิธี 1) ประเมินด้วยดัชนีค่าความผิดปกติวิธี Abnormal Index: AI และ 2) ประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี Rapid Upper Limb Assessment: RULA ผลการวิจัยพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ย Abnormal Index: AI = 4.08 ซึ่งหมายถึงรับไม่ได้แก้ไขทันที และผลการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี Rapid Upper Limb Assessment: RULA ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7 ซึ่งหมายถึง งานนั้นมีปัญหาด้านการยศาสตร์ที่ต้องปรับปรุงโดยทันที ในขั้นตอนกระบวนการผลิตเส้นขนมจีน มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน โดยทุกขั้นตอนเกี่ยวข้องกับการทำงานด้วยแรงงานผู้ปฏิบัติงานประจำที่ต้องมีการยกย้ายสิ่งของในกระบวนการผลิตอยู่เสมอ สำหรับแนวทางการปรับปรุงงานได้มุ่งเน้นสำหรับการลดปัจจัยเสี่ยงใน 3 ขั้นตอน 1) ขั้นตอนการตักแบ่งออกจากเครื่องปั่น 2) การยกแบ่งเหลวเพื่อทำการกรองเศษ และ 3) การเทแบ่งเหลวลงในถัง ซึ่งผู้ปฏิบัติงานมีปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บจากการทำงาน ผู้วิจัยจึงกำหนดแนวทางการปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ และมีการออกแบบสร้างเครื่องมืออุปกรณ์เข้ามาช่วยสำหรับการทำงานทั้ง 3 ขั้นที่มีความเสี่ยง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานลดการใช้แรงกายในการยกย้ายสิ่งของให้ลดลง ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดปัจจัยเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ จากการทำงานของพนักงานลงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเมื่อทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งเครื่องช่วยลำเลียงและกรองแบ่ง จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมานั้นทำให้การบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงานลดลงจากเดิม

เจษฎา เกตุพ้อคำ (2557) การปรับปรุงกระบวนการทำงานตามหลักการยศาสตร์ในห้องปฏิบัติการของโรงงานปุ๋ย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสถานงาน ตรวจสอบค่าธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี โดยใช้หลักการยศาสตร์ เพื่อความเสี่ยงที่ส่งผลต่อความเมื่อยล้า และความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกระดูก และกล้ามเนื้อ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในสถานงานตรวจค่าธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี ผลจากการสำรวจข้อมูล โดยใช้แบบสอบถามกับพนักงานในหน่วยงานจัดการคุณภาพสินค้า ซึ่งพบปัญหาการปวดเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อของพนักงาน รวมทั้งประเมินดัชนีความผิดปกติของสถานงาน (Abnormal Index: AI) และใช้แบบประเมินท่าทางการทำงานที่ เรียกว่า “RULA” พบว่ามี 5 ขั้นตอนการทำงาน จากทั้งหมด 9 ขั้นตอน ที่มีความเสี่ยง จึงดำเนินการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานทั้ง 5 ขั้นตอน

ภายหลังการปรับปรุงสถานีทั้ง 5 ขั้นตอน ได้ทำการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม รวมทั้งประเมินดัชนีความไม่ปกติของสถานงาน (Abnormal Index: AI) และแบบประเมินท่าทางการทำงาน “RULA” ใหม่หลังการปรับปรุง พบว่าค่าคะแนนดัชนีความไม่ปกติของสถานงาน (Abnormal Index: AI) ลดลงจาก 4.03 คะแนน มาอยู่ที่ 1.39 คะแนน และค่าคะแนนท่าทางการทำงาน “RULA” ลดลงจาก 4.35 คะแนน มาอยู่ที่ 2.33 คะแนน ซึ่งคะแนนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามแนวทางการยศาสตร์ และสามารถลดระยะเวลาการทำงานลงได้ 65 วินาที จาก 680 วินาที เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของงาน คิดเป็น 9.6%

เมธินี ครุสนธิ์ และสุณิสา ชายเกลี้ยง (2557) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ของพนักงานสำนักงานมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 231 คน ที่ใช้คอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะในการทำงานมากกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน มีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงด้านการยศาสตร์ด้วยเทคนิค Rapid Office Strain Assessment (ROSA) พบว่า พนักงานมีความเสี่ยงทางการยศาสตร์จากการทำงานในระดับที่สูงร้อยละ 66.23 รองลงมา คือระดับปานกลาง ร้อยละ 19.48 และระดับสูงมาก ร้อยละ 13.85 ตามลำดับ แสงสว่างในการทำงานกับคอมพิวเตอร์ไม่ผ่านมาตรฐานร้อยละ 99.13 ผลการวิจัยนี้พบว่า จากการใช้แบบประเมินมาตรฐาน ROSA พบความเสี่ยงทางการยศาสตร์จากการทำงานกับคอมพิวเตอร์ของส่วนใหญ่ในพนักงานกลุ่มนี้พบอยู่ในระดับสูง จึงเสนอแนะให้มีการปรับปรุงทั้งด้านพฤติกรรม และออกแบบสถานงานของพนักงานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์เพื่อป้องกันปัญหาโรคทางระบบโครงร่าง และกล้ามเนื้อ

วีรชัย มัญญารักษ์ และคณะ (2557) งานวิจัยแนวทางการปรับปรุงการทำงานเพื่อลดปัญหาทางการยศาสตร์ของชาวเกษตรกรชาวสวนยาง มีวัตถุประสงค์ศึกษาแนวทางการปรับปรุงการทำงานเพื่อลดปัญหาทางการยศาสตร์ของเกษตรกรชาวสวนยางในพื้นที่หมู่ที่ 2 ตำบลนิคมพัฒนา อำเภอมะนัง จังหวัดสตูล ในการศึกษาเป็นการศึกษากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรในพื้นที่ ซึ่งมีผู้ประกอบการอาชีพสวนยางประมาณ 136 หลังคาเรือน โดยมีทำเป็นแผ่นยาง 6 หลังคาเรือนโดยงานวิจัยได้ทำการปรับปรุงการทำงานเพื่อลดปัญหาทางการยศาสตร์ของเกษตรกรชาวสวนยาง โดยตรวจสอบ และประเมินภาวะทางการยศาสตร์โดยใช้วิธีการ RULA และวิธีการ REBA ในขั้นตอนการนวดยางแผ่น ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ RULA พบว่ามีคะแนนเท่ากับ 7 ซึ่งหมายความว่า มีปัญหาทางการยศาสตร์ต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานโดยทันที ผลนี้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ด้วย วิธีการ REBA ซึ่งพบว่ามีคะแนนเท่ากับ 11 ซึ่งหมายถึงการทำงานที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งต้องการการตรวจสอบ และปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงานในทันที จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงได้นำเสนอแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อช่วยลดปัญหาทางการยศาสตร์ของเกษตรกรชาวสวนยาง 2 แนวทาง คือ การออกแบบปรับปรุงสถานที่ทำงาน และการออกแบบสร้างเครื่องนวดยางแผ่นเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับสุขภาวะอนามัยในการทำงาน จากผลการวิเคราะห์ทางการยศาสตร์พบว่ามีท่าทางในการกางแขนออกไปด้านข้างลำตัวอีกทั้งยังมีการทำงานเป็นแบบซ้ำ ๆ โดยมีการเคลื่อนไหวไปมา มีการยกน้ำหนัก ศีรษะและคอ มีการก้มลำตัวมีการเคลื่อนไหว และท่ามีลักษณะไม่สมดุลกับการรองรับบนพื้นที่ไม่ดี จึงทำให้มีระดับคะแนนค่อนข้างสูง โดยการนำเสนอการออกแบบปรับปรุงวิธีการทำงานโดยการออกแบบสร้างเครื่องนวดยางแผ่นที่นอกจากคำนึงถึงผลการวิเคราะห์ทางการยศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยก็ได้คำนึงถึงจำนวนผู้ปฏิบัติงาน และเวลาที่ลดลง รวมถึงท่าทางการทำงานที่มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย อีกทั้งเพื่อการปรับเปลี่ยนตำแหน่ง และระดับ

ความสูงที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานในขั้นตอนการนวดยาง และสามารถลดท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม และช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยในการทำสวนของเกษตรกรชาวสวนยาง

อรุณีย์ พรหมศรี (2557) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินท่าทางการทำงานและการบาดเจ็บจากการทำงานในกลุ่มผู้จักสานผักตบชวา ตำบลสันปาม่วง อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา อาสาสมัครจำนวน 10 คน ได้รับการบันทึกภาพเคลื่อนไหวขณะจักสานด้วยกล้องดิจิตอล และได้รับบันทึกข้อมูลการบาดเจ็บจากการทำงานด้วยแบบประเมิน Standard Nordic Questionnaires ฉบับภาษาไทย ซึ่งท่าทางการทำงานของอาสาสมัครจะถูกประเมินด้วยแบบประเมิน Rapid upper limb assessment (RULA) ผลการศึกษาพบว่า ระดับคะแนนสุดท้ายจากการประเมินด้วยแบบประเมิน RULA ของอาสาสมัครทั้งหมดอยู่ในระดับ 2 (3-4 คะแนน) หมายถึงท่าทางการทำงานของอาสาสมัครควรได้รับการตรวจสอบต่อไป และอาจต้องแก้ไข นอกจากนี้ ข้อมูลการบาดเจ็บจากการทำงานพบว่าอาสาสมัครส่วนใหญ่มีอาการปวดหลังส่วนล่าง เมื่อวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน พบว่า อาสาสมัครส่วนใหญ่มีการยกและงอแขนส่วนบนและส่วนล่างอยู่ในช่วง 20-45 และ 60-100 องศา ตามลำดับและมีการก้มลำตัวและคออยู่ในช่วง 10-20 องศา ซึ่งท่าทางดังกล่าวถือเป็นท่าทางที่ไม่เหมาะสมและยังเพิ่ม ความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานอีกด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบท่าทางการทำงานใหม่หรือการปรับสถานีงานใหม่ การให้คำแนะนำสำหรับอาสาสมัครในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน จัดให้มีที่พิงรองรับหลังเพื่อลดการทำงาน และผ่อนคลายกล้ามเนื้อบริเวณหลังไม่ให้เกิดการเกร็งตัวต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน แนะนำให้อาสาสมัครเพิ่มระยะเวลาในการพักระหว่างทำงานให้มากขึ้น รวมทั้งมีการยืดเหยียด และผ่อนคลายกล้ามเนื้อด้วยเมื่อเกิดอาการบาดเจ็บ สามารถช่วยให้อาสาสมัครทำงานได้สะดวกขึ้น ลดปัญหาการปวดเมื่อยบริเวณหลังได้ ทั้งนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้อีกด้วย

กิตติพงษ์ ดวงตาผา และธีรวัฒน์ อุไรสาย (2557) ได้ออกแบบเครื่องผสมอาหาร TMR เพื่อแก้ปัญหาด้านเครื่องผสมอาหารใช้เวลานานในการผสม และมีข้อจำกัดทางด้านต้นทุนกำลังซึ่งรถแทรกเตอร์ที่มีขนาดต่ำกว่า 50 แรงม้า ไม่สามารถทำงานได้ และแก้ปัญหาคอมบำรุงแต่ละครั้งต้องสั่งอะไหล่จากต่างประเทศ และมีราคาแพง ใช้เวลานานในการจัดส่ง โดยนำหลักการออกแบบตามหลัก FSUDE System พร้อมเขียนแบบสั่งงานการผลิต ประกอบด้วย 1) แบบประกอบ 3 มิติ แบบประกอบ 2 มิติ แบบสั่งงานการผลิต 2) คู่มือการใช้งาน และทำการออกแบบใบประเมินคุณภาพ ซึ่งแบ่งการประเมินคุณภาพออกเป็น 2 ด้าน คือ กระบวนการออกแบบ และการเขียนแบบสั่งงานการผลิต แบบประเมินนั้นได้ผ่านการประเมินหาความสอดคล้องของหัวข้อคำถามโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จากนั้นจึงทำการประเมินคุณภาพกระบวนการออกแบบเครื่องผสมอาหาร TMR และด้านการเขียนแบบสั่งงานการผลิต ผลการประเมินคุณภาพด้านกระบวนการออกแบบมีคุณภาพเฉลี่ย 90.06% และผลการประเมินคุณภาพด้านแบบสั่งงานการผลิตมีคุณภาพเฉลี่ย 87.66% จึงสรุปได้ว่าการออกแบบเครื่องผสมอาหาร TMR และแบบสั่งงานการผลิตมีคุณภาพสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือ 80%

สุวินัย ชัยชาญ และอดิสร กรมนวล (2558) งานมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบเชิงพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่ง กึ่งอัตโนมัติ กรณีศึกษา ร้านภาณุรุจการเกษตร เพื่อประเมินคุณภาพกระบวนการออกแบบ และประเมินคุณภาพแบบสั่งงานสั่งงานการผลิต โดยวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์เดิมด้วยหลักการออกแบบ FSUDEE System โดยการออกแบบวิเคราะห์ใน 5 ด้านคือ ด้านหน้าที่ ด้านความ

ปลอดภัย ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านวิศวกรรม จากนั้นนำผลที่ได้มาออกแบบ และเขียนแบบ สิ่งงานการผลิตใหม่ ตามมาตรฐาน ISO โดยใช้โปรแกรม Solidwork 2015 ประกอบด้วย ภาพประกอบ 3 มิติ ภาพระเบิด ภาพแยกชิ้น จากนั้นออกแบบใบประเมินคุณภาพ โดยประเมินความเที่ยงตรงของ เครื่องมือ ด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำเครื่องมือที่ผ่านประเมินความเที่ยงตรงไปประเมิน คุณภาพกระบวนการออกแบบ และประเมินคุณภาพแบบสิ่งงานการผลิต โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเป็น ผู้ประเมินในแต่ละด้าน ผลการดำเนินงานปรากฏว่า ได้แบบสิ่งงานการผลิตเครื่องอัดถ่านแท่ง กิ่งอัดโนมิตี พร้อมคู่มือประกอบการใช้งานเครื่องอัดถ่านแท่งกิ่งอัดโนมิตี และผลประเมินคุณภาพ กระบวนการออกแบบมีคุณภาพ 83.1% ผลประเมินคุณภาพ แบบสิ่งงานการผลิตมีคุณภาพ 93.1%

ธนา นาคโนนหัน (2558) ได้ทำงานวิจัยเพื่อออกแบบเชิงพัฒนารถสเปรย์ยาง กรณีศึกษา บริษัท ปิเคเค คอนสตรัคชั่นซัพพลาย เพื่อแก้ปัญหาการถอดประกอบและขนส่ง ออกแบบให้วิธีการติดตั้ง ที่เน้นให้ยึดด้วยสกรูเป็นหลัก โดยมีขนาดที่สามารถขนย้ายด้วยตู้คอนเทนเนอร์หรือกระบะท้าย รถบรรทุกได้ เพื่อความสะดวกในการขนส่งไปยังสถานที่ห่างไกลทั้งในและต่างประเทศ ด้วยหลักการ วิเคราะห์ออกแบบ FSUDE System พร้อมเขียนแบบสิ่งงานการผลิตตามมาตรฐาน ISO ด้วยโปรแกรม Solid Works จากนั้นออกแบบและสร้างแบบประเมินด้านการเขียนแบบสิ่งงานการผลิต โดยได้ผ่านการประเมินความสอดคล้องของหัวข้อคำถามจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลการประเมินคุณภาพด้านการเขียน แบบสิ่งงานการผลิตมีคุณภาพเฉลี่ยเท่ากับ 94.2% จึงสรุปได้ว่าการออกแบบเชิงพัฒนารถสเปรย์ยาง มีคุณภาพสอดคล้องตามวัตถุประสงค์และสมมุติฐานที่กำหนด

สุวิทย์ ธรรมแสง และดนัย สอนสุภาพ (2559) ได้ทำงานวิจัยเรื่องการออกแบบเครื่องเก็บ กะหล่ำสำหรับติดรถไถนาเดินตาม มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องเก็บกะหล่ำปีและประเมินคุณภาพ ของแบบเครื่องเก็บกะหล่ำปีสำหรับติดรถไถนาเดินตาม โดยศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยหลักการ ของ Quality Function Development: QFD และหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยการวิเคราะห์ FSUDE System ประกอบด้วยการวิเคราะห์ด้านหน้าที่การใช้งาน (Function) ด้านความปลอดภัย (Safety) ด้านประโยชน์ใช้สอย (Usability) ด้านการออกแบบ (Design) และด้านวิศวกรรม (Engineering) จากนั้นสังเคราะห์หลักการทั้งสองเพื่อดำเนินการออกแบบเครื่องเก็บกะหล่ำปีสำหรับติดรถไถนาเดิน ตาม ออกแบบใบประเมินความสอดคล้องของหัวข้อคำถามด้วยหลักการวิเคราะห์ IOC จากนั้นประเมิน คุณภาพแบบสิ่งงานการผลิตและแบบภาพ 3 มิติ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลการดำเนินงานพบว่าผล การประเมินคุณภาพของแบบสิ่งงานการผลิตมีคุณภาพ 91.24% แบบภาพ 3 มิติ มีคุณภาพ 95.17% ดังนั้นเครื่องเก็บกะหล่ำปีสำหรับติดรถไถนาเดินตามมีคุณภาพเฉลี่ย 90.33% และจากการวิเคราะห์ ระบบเครื่องที่ออกแบบสามารถใช้แรงดึงสูงสุดได้ 250 N ที่มุมเอียงสูงสุด 23 องศา เก็บกะหล่ำปีได้สูงสุด 7.83 ตัน/ชั่วโมง ใช้พนักงานในการทำงาน 2 คน คือ คนขับรถไถนาเดินตามและคนจัดเรียงกะหล่ำปี

อดุลย์ พุกอินทร์ (2552) หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม: หุ่นยนต์มีความกว้าง 400 มิลลิเมตร ความยาว 600 มิลลิเมตร ความสูง 300 มิลลิเมตร และในตัวโครงสร้างของหุ่นยนต์ออกแบบแผงวงจร ลักษณะของการควบคุมที่ประกอบด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมหุ่นยนต์ ในการเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมการทำงานของเบสิกสเตมพ์ 2sx นั้นจะใช้ภาษาเบสิกที่เรียกว่า พีเบสิก (PBASIC) โดยผ่าน โปรแกรมที่ชื่อว่า เบสิกสเตมพ์อีดิเตอร์ (BASIC Stamp Editor) จากการวิจัยเพื่อออกแบบและสร้าง หุ่นยนต์ที่ใช้ในการขนถ่ายชิ้นงานในงานอุตสาหกรรม ผลที่ได้หุ่นยนต์เดินได้ตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ และ

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์ยังออกแบบการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของการทำงานในสถานการณ์จริง โดยออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์เดินไปและกลับในระยะทาง 10 เมตร เมื่อทำการเดินครบ 5 รอบแล้วทำการวัดค่ากระแสจากแบตเตอรี่ และเก็บข้อมูล และบอกได้ว่าหุ่นยนต์สามารถที่จะทำงานได้ 3.50 ชั่วโมง

सानนท์ บุญมี และเชิดชัย จันทองแท้ (2547) จากการทดลองรถเก็บลูกกอล์ฟควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์แบบไร้สาย สามารถสรุปผลการทดลองว่าสามารถควบคุมรถเก็บลูกกอล์ฟได้ในระยะ 70 เมตร สามารถเก็บลูกกอล์ฟได้ครั้งละประมาณ 45 ลูก สามารถขับเคลื่อนได้ดีในพื้นที่หญ้า และมีประสิทธิภาพในการเก็บลูกกอล์ฟได้ 90%

เอกพล ทิพย์ภักดี (2552) การควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้คลื่นวิทยุควบคุมคอมพิวเตอร์ สามารถเดินหาตำแหน่งของลูกบอลและประตูตามการประมวลผลของโปรแกรม หุ่นยนต์สามารถที่จะรับสัญญาณได้ในระยะ 3 เมตร ในบริเวณที่โล่ง ทดสอบการทำงานเป็นเวลา 30 วินาที หุ่นยนต์สามารถที่จะทำงานตามที่ประมวลผล หุ่นยนต์ควบคุมด้วยรีโมทโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์จะมีส่วนประกอบทั้งหมดที่สร้างขึ้นจากเหล็กกล่อง มีลักษณะเป็นท่อสี่เหลี่ยมขนาดหน้าตัดกว้าง 2 เซนติเมตร ซึ่งประกอบขึ้นด้วยการนำท่อเหล็กมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน มีลักษณะคล้ายตัวยู ขนาดยาว 60 เซนติเมตร ขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร และนำลูกปืนรถจักรยานยนต์ทั้งหมด 6 ตัวมาติดเข้ากับชุดโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ไว้สำหรับติดตั้งล้อ ลูกปืนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ในการหมุนของมอเตอร์ทั้งหมดจะถูกสั่งการด้วยวงจรควบคุมรีเลย์

พงศ์เทพ ดวงมาศ (2550) การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวี การวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวีชนิดแบบลากจูง โครงสร้างของเอจิวีประกอบด้วย 3 ล้อโดยล้อขับเคลื่อนอยู่ตรงด้านหน้าซึ่งมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนและมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกตัวหนึ่งเป็นตัวบังคับเลี้ยวและมีตัวตรวจจับตำแหน่งหรือเอนโคเดอร์เป็นตัวตรวจสอบมุมในการเลี้ยว และมีล้อตามอีก 2 ล้อซึ่งแต่ละล้อมีตัวตรวจจับตำแหน่งเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ โดยใช้ระบบนำร่องแบบพิกัดตำแหน่ง X, Y ซึ่งเป็นการนำร่องที่ยืดหยุ่นสามารถปรับเปลี่ยนตามสายการผลิตได้ง่าย ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้พีแอลซีเป็นตัวควบคุมการทำงานของเอจิวีและใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมและรับส่งข้อมูลร่วมกับพีแอลซี การควบคุมนี้ถูกออกแบบโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีดีเพื่อควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของเอจิวี ในการทำงานของเอจิวีจะเริ่มต้นด้วยการป้อนเส้นทางเดินในโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งถ่ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปพีแอลซีบนเอจิวีโดยใช้โปรโตคอลแบบมอดบัสผ่านระบบเครือข่ายไร้สายจากนั้นเอจิวีก็จะเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่ได้รับจากผู้ใช้งาน ซึ่งตัวควบคุมแบบพีดีเป็นตัวชดเชยค่าความเบี่ยงเบนจากค่าที่ถูกกำหนดเป้าหมายไว้ โดยในส่วนของโปรแกรมระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจิวีจะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ การควบคุมแบบบังคับด้วยมือ การควบคุมแบบอัตโนมัติและในส่วนสุดท้ายคือส่วนแสดงผลซึ่งมีการแสดงผลด้วยกราฟเส้นและภาพจากกล้องซีซีดีไร้สาย ซึ่งการทดลองของงานวิจัยนี้จะให้เอจิวีเคลื่อนที่ด้วยรูปแบบเส้นทางเดินแบบเส้นตรง ตัวเอส วงกลม และสี่เหลี่ยมโดยการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงมีความแม่นยำเฉลี่ย 96.478% แบบตัวเอสมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.5475% แบบวงกลมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.7668% โดยมีความสามารถในการเข้าตำแหน่งเดิมเฉลี่ย 97.335% แบบสี่เหลี่ยมมีความแม่นยำเฉลี่ย 98.122% แล้วมีความสามารถในการเข้าตำแหน่งเดิมเฉลี่ย 99.964%

จักรพันธ์ สุริยกุล ณ ออยุธยา (2555) การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาถึงผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมรถขนถ่ายอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle: AGV) ในระบบการผลิต โดยวิธีการสร้างแบบจำลองปัญหาด้วยโปรแกรม Arena ร่วมกับวิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลโดยผู้วิจัยได้ศึกษาปัจจัยในการควบคุมรถ AGV ที่ส่งผลกระทบต่อขนาดรถและกฎเกณฑ์การควบคุมรถ AGV โดยขนาดรถ AGV ประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ จำนวนรถ AGV และความจุของรถ AGV ส่วนกฎเกณฑ์การควบคุมรถ AGV ประกอบด้วย 2 กฎคือ กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานและกฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำไปศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบจากปัจจัยเหล่านี้ โดยใช้ค่าวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบจำนวน 5 ประเภท ได้แก่ เวลาเฉลี่ยที่สินค้าอยู่ในระบบ ผลผลิตที่ได้รับ เวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวม เวลาเสร็จช้ากว่ากำหนดรวม และประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV จากการศึกษาพบว่าทั้ง 4 ปัจจัยส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพทั้ง 5 ประเภทอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มจำนวนรถ AGV และความจุของรถ AGV ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้รับและเวลาเสร็จเร็วกว่ากำหนดรวมเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลาเสร็จช้ากว่ากำหนดรวม เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต และค่าวัดประสิทธิภาพการใช้งาน AGV ไม่แตกต่างกันมากนักเนื่องจากปริมาณงานของระบบมีจำนวนมากส่วนการหยิบและวางชิ้นงานหากใช้กฎเวลาผลิตสถานีต่อไปสั้นสุด (Shortest Processing Next Station Time: SPNT) จะส่งผลที่ดีกว่ากับค่าวัดประสิทธิภาพ ค่าเฉลี่ยเวลาอยู่ในระบบ จำนวนผลผลิต และเวลารวมงานที่ผลิตเสร็จก่อนเวลาส่งมอบ แต่จะส่งผลเสียกว่ากับค่าวัดผลเวลารวมงานที่ผลิตเสร็จช้ากว่าเวลาส่งมอบ ส่วนค่าวัดผลประสิทธิภาพการใช้งานรถ AGV กฎเกณฑ์การวางชิ้นงานแบบมาก่อนรับบริการก่อน (First Come First Serve: FCFS) จะให้ส่งผลที่ดีกว่า แต่กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงานทั้ง 2 กฎนั้นให้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกัน กรณีสนใจเฉพาะตัววัด Mean Flow Time และ Throughput เป็นหลักทางโรงงานสามารถพิจารณาใช้กฎ Drop Rule 2 โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดความจุของรถ โดยในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

นิพนธ์ เรืองวิริยะนันท์ และมานะ ทะนะอัน (2554) การศึกษารถขนส่งวัสดุในโรงงาน บทความนี้นำเสนอผลการทดสอบรถขนส่งวัสดุในโรงงานสามารถลากจูงรับและส่งวัสดุน้ำหนัก 10 กิโลกรัม วิ่งรับและส่งของทั้งหมด 4 สถานี ใช้รีโมทเพื่อส่งสัญญาณคลื่นวิทยุสั่งรถให้วิ่งจากจุดจอดรอกออกไปลากจูงกระบะบรรทุกของ โดยใช้โปรแกรมแม่เหล็กคอนโทรลเลอร์พร้อมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ควบคุมการทำงานของรถขนส่งวัสดุในโรงงานวิ่งตามเส้น ด้วยความเร็ว 1.447 กิโลเมตร/ชั่วโมง ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดสอบคือ 12 โวลต์ 45 แอมแปร์/ชั่วโมง การชาร์ตแบตเตอรี่แต่ละครั้งใช้งานได้นาน 4.40 ชั่วโมง มีวงจรตรวจระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่ ให้ส่งสัญญาณเตือนที่ 11 โวลต์รถสามารถวิ่งส่งวัสดุ ในบริเวณที่กำหนดได้ตรงทุกจุดหลังจากส่งวัสดุเรียบร้อยแล้วจะวนกลับมาจุดจอดรอ (Home Position) เมื่อมีผู้เรียกใช้รถจึงจะวิ่งออกไปรับและส่งของใหม่ ระหว่างทางหากมีคนหรือสิ่งของกีดขวางแนวทางการเดินรถข้างหน้า ในระยะทาง 40 เซนติเมตร รถก็จะหยุดรอจนกว่าสิ่งกีดขวางเหล่านั้นถูกนำออกพ้นเส้นทางเดินรถ จึงจะสามารถวิ่งต่อไปได้ ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่ได้ ในแต่ละวันจะชาร์ตแบตเตอรี่ 1 ครั้ง เป็นเงิน 40 บาท จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สามารถนำรถขนส่งวัสดุในโรงงานเข้ามาทดแทนแรงงานคนได้

ปิยนันท์ เรืองอุไร (2557) การหาตำแหน่งของหุ่นยนต์อัตโนมัติในพื้นที่เปิด ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะใช้การรวมกันของเซนเซอร์หลายชนิดเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการหาตำแหน่งของหุ่นยนต์อัตโนมัติ เราได้ใช้ Extended Kalman Filter เพื่อจะประมาณค่าตำแหน่งของหุ่นยนต์โดยค่าที่มาจาก GPS และ compass ซึ่งมีสัญญาณรบกวนเป็นเกาส์เซียน ผลการทดลองของวิจัยนี้ได้ทำการจำลองบนโปรแกรม Scilab

2.7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Govers (2001) กล่าวว่า การดำเนินงานการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) จำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงปรัชญามากกว่าที่จะมองว่าเป็นเพียงแค่เครื่องมือที่ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ ความขัดแย้งทางด้านมุมมองและวัฒนธรรมจะทำให้เกิดความแตกต่างทางด้านวิธีการดำเนินการ ซึ่งงานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมามักจะมองเพียงประโยชน์ของการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD หรือมองเพียงแค่ว่า

Benner and et al. (2002) ได้ทำงานวิจัยเพื่อแสดงให้เห็นว่าสามารถนำ QFD เข้ามาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารได้หรือไม่ เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน ซึ่งจากที่ผู้วิจัยได้ทำการงานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้ประยุกต์ใช้ QFD ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งพบว่าส่วนใหญ่มีข้อจำกัดทางด้านความต้องการของลูกค้า มีบทความหรืองานวิจัยน้อยมากที่สามารถนำ QFD ไปใช้ในผลิตภัณฑ์ได้จริง ดังนั้นผู้วิจัยจึงการปรับปรุงลักษณะของ QFD ทั้งทางด้านวิธีการทำและลักษณะเฉพาะให้เข้ากับอุตสาหกรรมอาหารโดยพบว่าลักษณะของ DFD ควรจะแบ่งออกเป็น 2 เส้นทาง คือ บรรจุภัณฑ์ และอาหาร โดยจากความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นเฟสที่ 1 ของ QFD จะมีทั้งความต้องการของบรรจุภัณฑ์และอาหารดังนั้นในเฟสที่ 2 ควรจะทำการวิเคราะห์แยกกันโดยในส่วนที่เป็นบรรจุภัณฑ์ เฟสที่ 2 จะเป็นการพัฒนาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ เฟสที่ 3 จะเป็นการวางแผนกระบวนการบรรจุภัณฑ์ และเฟสที่ 4 จะเป็นการวางแผนการผลิตบรรจุภัณฑ์ แต่ในส่วนที่เป็นอาหาร เฟสที่ 2 และเฟสที่ 3 จะทำการวิเคราะห์รวมกันในรูปแบบของการวางแผนส่วนประกอบและกระบวนการ และในเฟสที่ 4 จะเป็นการวางแผนกระบวนการผลิตอาหาร ซึ่งจากการทำการแบ่งการดำเนินการ QFD เป็น 2 เส้นทางทำให้สามารถทำการปรับปรุงผลิตภัณฑ์อาหารให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าได้มากขึ้นนอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของการนำเทคนิค QFD ไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อีกด้วย

Duffuaa and et al. (2003) ได้ทำการวิจัยโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบหลักสูตรวิชาสถิติขั้นพื้นฐาน ในภาควิชาวิศวกรรมระบบปิโตรเลียมและเหมืองแร่ของมหาวิทยาลัยคิงฟาห์ด (King Fahd) ซึ่งหลักสูตรนี้จะช่วยวิศวกรในด้านแนวความคิดและเครื่องมือการวิเคราะห์ทางด้านสถิติมาใช้พิจารณาข้อมูลที่มีความสำคัญและเป็นเทคนิคเพื่อทำการตัดสินใจ หลักสูตรนี้แบ่งนักศึกษาด้วยวิธีการด้านสถิติเชิงพรรณนา แนวคิดความน่าจะเป็น และเทคนิคพื้นฐานทางด้านสถิติ เช่น การประมาณคะแนน การประมาณความแตกต่างและการทดสอบสมมติฐาน นอกจากนั้น การวิเคราะห์ผลทางสถิติยังเป็นการประกันความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้นั้น ยกตัวอย่างเช่น วิธีการสอน สมาชิกในคณะ ประเภทของตำราเรียน หลักสูตรวิชา ข้อมูลที่จำเป็นต้องมีก่อนการเตรียมตัวของนักศึกษา และขนาดชั้นเรียน

Koksal and Egitman (1998) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการวางแผนและพัฒนาคุณภาพระบบการศึกษาของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมใน Middle East

Technical University (METU) ซึ่งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาของภาควิชาชีพวิศวกรรมอุตสาหการ ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย นักศึกษา อาจารย์และผู้ว่าจ้าง โดยมีวิธีการสำรวจความต้องการด้วยการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถาม โดยนำผลที่ได้มาใช่วางแผนในการพัฒนาการเรียนการสอนภายในมหาวิทยาลัยให้มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของบริษัทหรือตลาดแรงงาน

Ngai and Chan (2005) งานวิจัยฉบับนี้ได้ประยุกต์กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ในการเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการความรู้ความเข้าใจ วิธีการที่นำมาใช้นี้อยู่บนพื้นฐานการตัดสินใจที่หลากหลาย ช่วยให้วิเคราะห์และเปรียบเทียบเครื่องมือบริหารจัดการความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้ซอฟต์แวร์ทางการตลาด วิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานของการเปรียบเทียบแบบจับคู่ระหว่างปัจจัยทั้งหมด ซึ่งมีผลต่อการเลือกเครื่องมือบริหารจัดการความรู้ที่เหมาะสมที่สุด โมเดลกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) คือระบบที่ได้รับการประยุกต์ใช้เป็นผู้ช่วยตัดสินใจกับเหตุการณ์จริง ในบริษัทผู้ดำเนินการสื่อสาร เพื่อประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือ ซึ่งเชื่อว่าผลจากการประยุกต์ใช้วิธีการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) สามารถช่วยบริหารจัดการ เพราะมีความง่ายในการนำไปปฏิบัติ

Partovi (2001) งานวิจัยนี้จะแสดงถึงวิธีการวิเคราะห์เพื่อใช้กำหนดกลยุทธ์ทางด้านวิสัยทัศน์ในการบริการ โมเดลนี้จะใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่คุณภาพ (QFD) และการเทียบวัดอย่างเป็นระบบ (Benchmarking) โดยเริ่มต้นด้วย 2 เมทริกซ์ที่เกี่ยวข้องกับส่วนทางการตลาด (Market Segments) แนวคิดทางด้านการบริการ (Service Concept) และกระบวนการต่าง ๆ มาใส่เข้าไปในแถวและหลักของเมทริกซ์ QFD นอกจากนี้ยังใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ซึ่งเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างแถวและหลักของแต่ละเมทริกซ์ และใช้กระบวนการโครงข่ายเชิงวิเคราะห์ (Analytic Network Process: ANP) ในการหาผลกระทบของตัวแปรหลักต่าง ๆ นอกจากนี้จะใช้ วิธี Benchmarking เพื่อเป็นการเปรียบเทียบศักยภาพในการบริการจัดส่ง ซึ่งจากการใช้ QFD และ Benchmarking ทำให้กระบวนการในการตัดสินใจในทางกลยุทธ์เชิงคุณภาพมีความถูกต้องและแม่นยำขึ้น แต่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค QFD เพียงในขั้นตอนของการวางแผนเพื่อให้ได้เทคนิคที่จะนำมาใช้เท่านั้น แต่ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการในการปฏิบัติ

Chin and et al. (2002) การศึกษาในครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยหลักและปัจจัยรองสำหรับองค์กรที่ดำเนินการนำระบบบริหารคุณภาพโดยรวม (TQM) มาปฏิบัติในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้หลักการกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) กลุ่มที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้มี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มพนักงานภายในองค์กรและกลุ่มบริษัทข้ามชาติที่ร่วมลงทุน ปัจจัยหลักที่ใช้ในการพิจารณามีทั้งสิ้น 4 ปัจจัย คือ องค์กร ระบบและเทคนิค ผลตอบกลับ และพนักงานจากการวิเคราะห์พบว่าควรให้ความสำคัญกับองค์กรและพนักงาน

Rajeev K Piyare, Member, IAENG, and Ravinesh Singh (2011) Wireless Control of an Automated Guided Vehicle บทความนี้แสดงถึงการออกแบบการใช้งานและผลการทดลองของคลื่นความถี่วิทยุ (RF) การควบคุมแบบไร้สายของ Peripheral Interface Controller (PIC) ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ระบบนำทางอัตโนมัติ (AGV) ซึ่งเรียกว่า ROVER II (Roaming Vehicle for Entity) Relocation) ROVER II ได้รับการออกแบบโดยทั่วไปเส้นทางแนะนำวัตถุประสงค์ตามแพลตฟอร์มมือถือสำหรับวัสดุการจัดการและการขนส่งภายในโรงงานผลิต

Deepak Tarbada (2017) Material Handling Equipment for Small Scale Industry ในบริษัท Maruti Grinding Works พวกเขาประสบปัญหาการขนถ่ายวัสดุในสถานที่ของพวกเขาเป็นจำนวนมากอุปกรณ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมยานพาหนะนำทางอัตโนมัติเป็นหนึ่งในนั้น ยานพาหนะนำทางอัตโนมัติสามารถใช้กับโทรศัพท์ที่แตกต่างกันเช่นไฮดรอลิกนิวเมติกหรือเชิงกลร่นำทางอัตโนมัติหรือยานพาหนะนำทางอัตโนมัติเป็นหุ่นยนต์เคลื่อนที่ที่ตามมาร์กเกอร์หรือสายไฟในพื้นที่หรือใช้แม่เหล็กผิวชั้นหรือเลเซอร์สำหรับการนำทาง มักใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อเคลื่อนย้ายวัสดุรอบโรงงานผลิตหรือคลังสินค้าข้อผิดพลาดของมนุษย์มีผลกระทบด้านความปลอดภัยประสิทธิภาพและคุณภาพที่กว้างขวางนี้จะลดลงเมื่อมีการเปิดตัวรถนำทางอัตโนมัติ (AGV)

Lothar Schulze, Sebastian Behling, and Stefan Buhrs (2008) Automated Guided Vehicle Systems: a Driver for Increased Business Performance ระบบอัตโนมัติของการขนส่งในภาคการผลิตการค้าและบริการเป็นจุดสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของโลจิสติก ระบบยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ(AGVS) ให้ประโยชน์หลายประการเพื่อตอบสนองภารกิจนี้ กระดาษแผ่นนี้ให้ภาพรวมเกี่ยวกับเทคโนโลยี AGVS ซึ่งเป็นข้อมูลล่าสุดการพัฒนาเทคโนโลยีและอธิบายผลการวิจัยดำเนินการโดยฝ่ายวางแผนและควบคุมระบบคลังสินค้าและการขนส่ง (PSLT) เช่น สถิติการวิเคราะห์ลักษณะโค้งและวิธีการใหม่

Saeid Jafari, Reza Vatankhah Barenji, and Majid Hashemipour (2013) Towards an Automated Guided Vehicle (AGV) in Sprinkler Irrigation เทคโนโลยีใหม่เล่นได้มากขึ้นเรื่อย ๆ บทบาทสำคัญในการปรับปรุงผลผลิตมากกว่าอุตสาหกรรมเกษตร เครื่องชลประทานเช่นกันเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญ ทุกวันนี้ฉลาระบบและหุ่นยนต์เป็นอุปกรณ์เสริมในการชลประทานระบบเพื่อลดข้อบกพร่องกำลังคนเช่นเดียวกับประหยัดพลังงานและเวลา ในงานปัจจุบันเครื่องฉีดน้ำวิธีการชลประทานแบบคลาสสิก (สปริงเกอร์เคลื่อนที่) ได้รับการพิจารณารายละเอียดและข้อบกพร่องบางอย่างของวิธีนี้คือไฮไลต์ ตั้งแต่ในวิธีการชลประทานฉีดคลาสสิกหลังจากแต่ละช่วงเวลาของการชลประทานจะต้องมีตำแหน่งของหัวฉีดน้ำแทนที่ด้วยกำลังคนปัญหานี้ทำให้วิธีการทำไม่ได้จากเวลามุมมองค่าใช้จ่ายและพลังงานจุดประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อเสนอและพัฒนาระบบอัตโนมัติรถนำทาง (AGV) ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนหัวฉีดน้ำทันเวลาและอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการชลประทานระบบสปริงเกอร์วิธีการคลาสสิก AGV ที่ออกแบบมานั้นจำลองบนคอมพิวเตอร์สภาพแวดล้อมและผลลัพธ์แสดงผลลัพธ์ที่ยอมรับได้

Suman Kumar Das (2016) Design and Methodology of Line Follower Automated Guided Vehicle-A Review การพัฒนายานพาหนะนำทางอัตโนมัติมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงเทคนิคการขนถ่ายวัสดุสำหรับปีที่ผ่านมา ในบทความนี้จะเน้นไปที่การออกแบบและวิธีการที่แตกต่างกันของระบบผู้ติดตามยานพาหนะนำทางอัตโนมัติ (AGV) บทความนี้ให้ภาพรวมเกี่ยวกับผู้ติดตามสาย AGV กล่าวถึงการพัฒนาเทคโนโลยีล่าสุด ส่วนประกอบที่สำคัญของหุ่นยนต์ผู้ติดตามสายและการดัดแปลงได้อธิบายไว้ในบทความนี้

Baris Gokce, Ercan Simsir (2016) Design and Improvement of Route Plans with Multiple Automated Guided Vehicles for Mechatronics Education ในการศึกษาเกี่ยวกับยานพาหนะนำทางแบบอัตโนมัติที่สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างอิสระด้วยระบบควบคุมแบบไร้สายซึ่ง

ประกอบด้วยการถ่ายโอนและจัดเก็บสิ่งของด้วยระบบทิศทางที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้สำหรับการศึกษาของเมคาทรอนิกส์ ในการศึกษานี้ได้มีการสันนิษฐานว่ารายการนั้นจะถูกโอนไปยังโมเดลร่นำทางอัตโนมัติจากตำแหน่งไปยังตำแหน่งอื่น นอกจากนี้ระบบนี้ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์จากระยะไกลด้วยระบบควบคุมแบบไร้สาย ดังนั้นนอกเหนือจากบุคคลที่ควบคุมระบบโดยอัตโนมัติอย่างสมบูรณ์เหมาะสำหรับความต้องการและกระบวนการที่รวดเร็วของการถ่ายโอนและจัดเก็บได้กลายเป็นเรื่องง่ายโดยไม่ต้องช่วยเหลือมนุษย์ใด ๆ การศึกษาที่มีการสร้างต้นแบบขึ้นมานั้นจะเป็นต้นแบบสำหรับการศึกษาของเมคาทรอนิกส์และมีจุดประสงค์เพื่อเป็นขั้นตอนสำหรับการศึกษาต่อไป

Anjay Prasad, Vishal Prakash Halale and Siddhant Vinod Bora (2014) Model Based Approach for Algorithm Development in Real Time Operation of Automated Guided Vehicle Using Labview ในยานยนต์อัตโนมัติที่นำมาใช้ (AGV) ที่เกิดขึ้นใหม่เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ช่วยการผลิตและการผลิตในอุตสาหกรรม ยานพาหนะเหล่านี้ใช้เป็นเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อช่วยในกระบวนการอุตสาหกรรมอัตโนมัติ มีวิธีการวางแผนเส้นทาง AGV ที่หลากหลายเช่น วิธีการทำแผนที่แบบกริด เทคนิคสนามที่มีศักย์ภาพ การควบคุมลอจิกแบบฟัซซี่ ในบทความนี้เรากำลังใช้การทำแผนที่แบบ Grid ด้วยความช่วยเหลือของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เซ็นเซอร์หลักคือการชน เซ็นเซอร์ติดตามเส้นทาง ทั้งหมดนี้รวมเข้ากับ LabVIEW สำหรับการควบคุมและการดำเนินการป้อนกลับ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบต้นแบบโดยใช้บอร์ด Arduino และซอฟต์แวร์ LabVIEW ที่จะให้ตำแหน่งและสภาพที่แน่นอนของ AGV ที่เรากำลังพัฒนาต้นแบบ AGV ราคาไม่แพงมือถือและชาญฉลาดที่จะเชื่อมโยงกับ LabVIEW โดยใช้ชุดเครื่องมือชื่อ “ LabVIEW อินเทอร์เฟซสำหรับ Arduino ”(LIFA) และ Arduino-Uno board LabVIEW ตามข้อมูลเซ็นเซอร์ที่ให้ไว้กับบอร์ด Arduino ให้คำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของ AGV การสื่อสารระหว่างบอร์ด Arduino ที่ตั้งอยู่บน AGV และ LabVIEW นั้นสามารถทำได้แบบไร้สายโดยโมดูล

Sajjad Yaghoubi (2012) Designing and Methodology of Automated Guided Vehicle Robots รถนำทางอัตโนมัติ (AGVs) ได้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในโรงงานมานานหลายทศวรรษ ยานพาหนะเหล่านี้ใช้กลยุทธ์ที่ประสบความสำเร็จในการจัดโครงสร้างสภาพแวดล้อมและปรับกระบวนการให้เป็นอัตโนมัติ วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือการพัฒนากระบวนงานนำทางอัตโนมัติที่ขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติจากสถานีขนถ่ายไปยังสถานีขนถ่าย แต่ทีมของเราได้ออกแบบ AGV ใหม่พร้อมผลผลิตเพิ่มมากขึ้นทั่วทั้งอุตสาหกรรม ศักยภาพของเทคโนโลยีหุ่นยนต์เพื่อเพิ่มความฉลาดและความสามารถในการปรับตัวของ AGV นั้นส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ในยานพาหนะที่มีวางจำหน่ายทั่วไป AGV กำลังกลายเป็นรูปแบบที่นิยมของการขนส่งตู้คอนเทนเนอร์และโรงงาน ยานพาหนะไร้คนขับเหล่านี้ใช้สำหรับขนถ่ายตู้สินค้าระหว่างปลายทางสองแห่งขึ้นไป ประสิทธิภาพของเทอร์มินัลคอนเทนเนอร์เกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนเวลาที่เรือแต่ละลำใช้เวลาในพอร์ต เทคโนโลยีขั้นสูงและโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบยานพาหนะนำทางอัตโนมัติได้รับการเสนอเมื่อเร็ว ๆ นี้ว่าเป็นผู้สมัครที่เป็นไปได้สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพของเทอร์มินัลไม่เพียง แต่เนื่องจากความสามารถในการปรับปรุงประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความรู้ของเราเป็นตัวอย่างแรกของ AGV ที่ทำงานได้สำเร็จในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องเป็นระยะเวลานานโดยไม่ต้องพึ่งพากระบวนที่มีราคาแพง

ยานพาหนะเหล่านี้ใช้กลยุทธ์ที่ประสบความสำเร็จในการจัดโครงสร้างสภาพแวดล้อมและปรับกระบวนการให้เป็นอัตโนมัติ

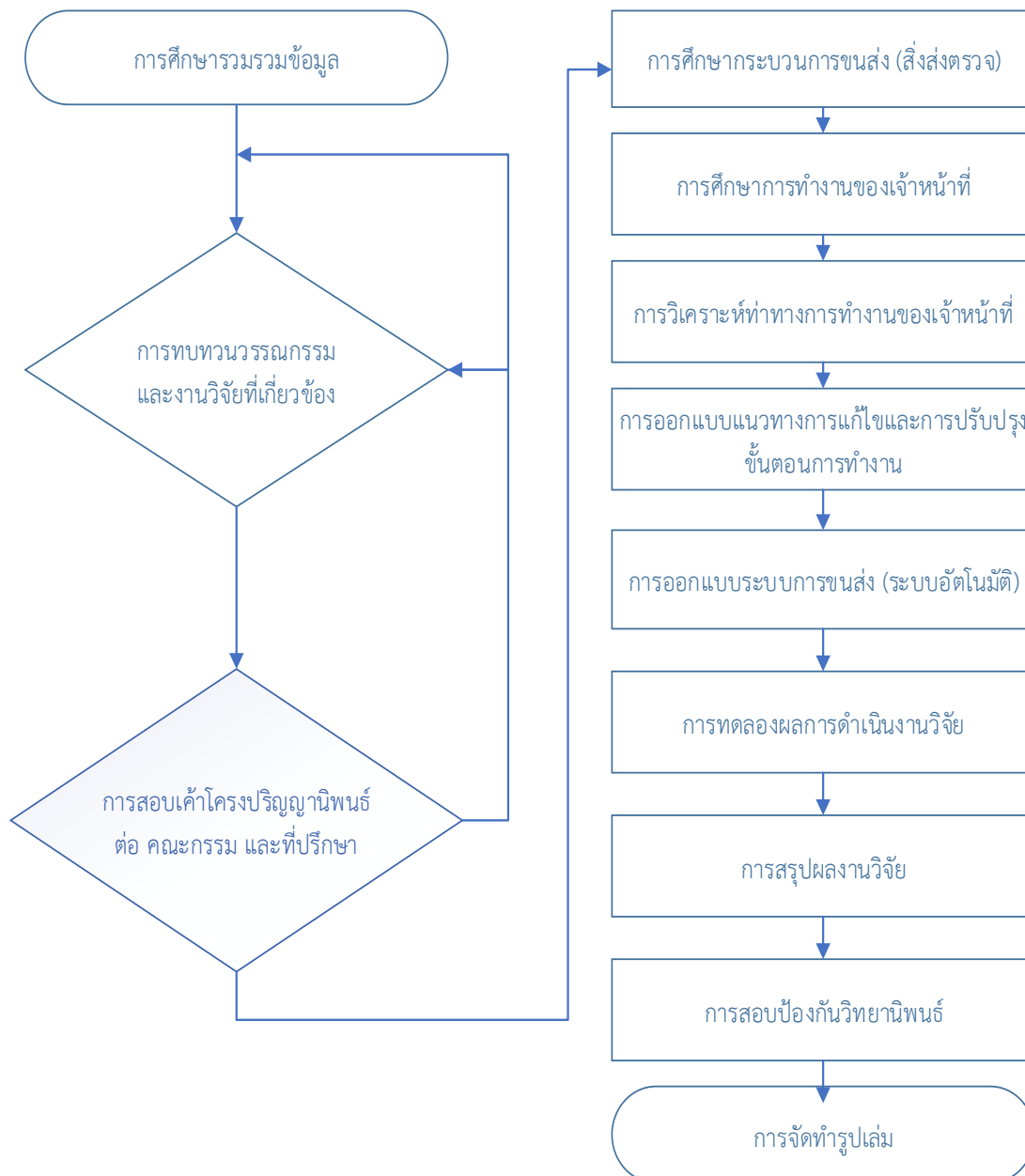
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติใน
อุตสาหกรรมสุขภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์และ
ระบุปัญหาพร้อมทั้งการทบทวนทฤษฎีการออกแบบการลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ เพื่อออกแบบพาหนะ
ลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และเพื่อสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ และ
หาค่าพารามิเตอร์ ในการควบคุมระบบของ พาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพ
ของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้
ดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 การวางแผนการดำเนินงาน
- 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
- 3.3 การทดสอบทดสอบประสิทธิภาพ
- 3.4 การปรับเพื่อการพัฒนา

3.1 การวางแผนการดำเนินงาน



ภาพที่ 3.1 การวางแผนงาน

จากนั้นผู้จัดทำโครงงานจึงได้กำหนดรอบเวลาในการดำเนินงานด้วยแผนภูมิการดำเนินงานดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ และระยะเวลาในการดำเนินงาน

หัวข้อในการดำเนินงาน	ปี 2561			ปี 2562										
	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน
ศึกษาข้อมูลของสถานประกอบการ	← - - - - - →													
ศึกษากระบวนการทำงาน	← - - - - - →													
เก็บข้อมูลปัญหา ก่อนการแก้ไข	← - - - - - →													
วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา				← - - - - - →										
แก้ไข ปรับปรุงและกำหนดมาตรฐาน								← - - - - - →						
สรุปผลการดำเนินงาน										← - - - - - →				
สอบป้องกัน												← - - - - - →		
การแก้ไขและจัดทำเล่มปรัชญาคุณิบัติบัณฑิต								← - - - - - →						

หมายเหตุ:

← - - - - - → แสดงแผนการดำเนินงาน

← - - - - - → แสดงการดำเนินงานจริง

วางแผนการดำเนินงาน เพื่อการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์และระบบปัญหาพร้อมทั้งการทบทวนทฤษฎีการออกแบบการลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ เพื่อออกแบบพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และเพื่อสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ และหาค่าพารามิเตอร์ ในการควบคุมระบบของ พาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้ ในภาพที่ 3.1 และตารางที่ 3.1 อย่างรอบคอบ ครอบคลุม ซึ่งรวมถึงการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน ประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน Plan การจัดอันดับความสำคัญ ของเป้าหมาย กำหนดการดำเนินงาน กำหนด

ระยะเวลาการดำเนินงาน สามารถคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต และช่วยลดความสูญเสียต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัย เรื่อง การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.2.1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย ครั้งนี้มีทั้งหมด 2 กลุ่มดังนี้

3.2.1.1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้ให้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกหาปัจจัยในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) ชั้น 9 อาคารกัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ ผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาไม่ต่ำกว่า 5 ปี

3.2.1.2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในด้านการออกแบบและสร้างเครื่องและอุปกรณ์ในการผลิต ได้แก่ อาจารย์นักวิชาการที่ทำการสอนทางด้านการออกแบบและสร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ จำนวน 5 ท่าน และ ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในด้านระบบอัตโนมัติ จำนวน 5 ท่าน

3.2.2 การออกแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสานการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ

3.2.2.1 การวิจัยเชิงปริมาณ เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยแบบสอบถาม ผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง ถึงปัจจัยในการออกแบบเครื่องมืออุปกรณ์ในการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหา ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์องค์ประกอบ

3.2.2.2 การวิจัยเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา จากการสัมภาษณ์เชิงลึก ผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง ผู้ที่ส่วนได้เสียและผู้บริหาร จากการประชุมสนทนา กลุ่มย่อยเพื่อทำการตรวจสอบและให้คำแนะนำขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ

3.2.3 ขั้นตอนในการวิจัย

3.2.3.1 ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาแนวคิด/ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบขนส่งระบบอัตโนมัติแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่ 1 ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบรถอัตโนมัติ AGV และ ส่วนที่ 2 สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานในผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง เพื่อนำมาพิจารณาประกอบในการสร้างนวัตกรรม การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ

3.2.3.2 ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานในผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อให้ได้ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ เป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured) โดยนำแบบสัมภาษณ์เชิงลึกให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ และให้อาจารย์ที่ปรึกษาได้ตรวจสอบก่อนนำไปสัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานในผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง และผู้ปฏิบัติงานในขั้นตอนการเดินขนส่ง จำนวน 15 คน เพื่อให้การซักถาม การสนทนาและการต่อยอดความคิด การออกแบบ

การสัมภาษณ์นั้นนอกจากจะมุ่งเน้นข้อมูลเพื่อให้ได้ซึ่งมาความเหมาะสมกับงาน และให้ได้ข้อมูลในเชิงความคิดและองค์ความรู้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพที่นำมาสกัดเป็นข้อมูลหาล่องค์ประกอบ ที่สำคัญเพื่อนำมาจัดทำแบบสอบถาม

3.2.3.3 ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมเชิงปริมาณนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ตำราข้อมูลที่สกัดได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึก และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงแนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ คือแนวคิดทฤษฎี 7S Model ของ Mckinsey 7-S Framework กำหนดเป็นปัจจัย เป็นแนวทางในการกำหนดปัจจัยภายนอกของ การออกแบบ ระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ และกำหนดปัจจัยความต้องการเครื่องมืออุปกรณ์การ จากนั้นนำแบบสอบถามที่เป็นต้นฉบับไปตรวจสอบคุณภาพ โดยแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของ (Content Validity) เนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์หรือประเด็นการวิจัย (Item Objective Consistency: IOC) และปรับปรุงแก้ไขจนได้แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์ แล้วจัดส่งแบบสอบถามให้แก่ผู้มีส่วนได้เสีย ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) จำนวน 5 หน่วยงาน ได้แก่ หน่วยทะเบียน หน่วยเคมีคลินิก หน่วยภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก หน่วยจุลทรรศน์วินิจฉัย และหน่วยจุลชีววิทยาคลินิก จำนวนทั้งสิ้น 300 คน

3.2.3.4 ขั้นตอนที่ 4 การรวบรวมข้อมูลและประมวลผล/วิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามที่จัดส่งไปยังกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจำนวน 300 ฉบับ ได้รับแบบสอบถามกลับคืนมาจำนวน 251 ฉบับ ต่อจากนั้นได้นำข้อมูลมาประมวลผล/วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อหาน้ำหนักความสำคัญตามความคิดเห็นของผู้ให้ข้อมูลซึ่งผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้จะนำไปสร้างนวัตกรรม การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ

3.2.3.5 ขั้นตอนที่ 5 การจัดทำนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ

ผู้วิจัยนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ มาจัดทำโครงร่างนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพโดยใช้วิธีการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group) ประกอบด้วยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับระบบอัตโนมัติ ได้แก่ ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) และนักวิชาการที่ทำการสอนทางด้านระบบอัตโนมัติ จำนวนทั้งสิ้น 15 คน เพื่อระดมความคิดเห็นร่วมกัน เกี่ยวกับลักษณะแนวทางการสร้างนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เนื่องจากข้อมูลที่ต้องการนำมาพัฒนาเป็นนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ ต้องมาจากผู้มีความรอบรู้เกี่ยวกับการการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพโดยกำหนดจัดประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group) ณ ห้องประชุมคณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ร่วมพิจารณาและอภิปรายประเด็น เรื่อง “นวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ” เพื่อ

รับข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อนวัตกรรมการออกแบบและการวางระบบการขนส่ง ตามที่ผู้วิจัยได้นำรูปแบบนวัตกรรมเพื่อพิจารณา

3.2.3.6 ขั้นตอนที่ 6 การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ข้อมูลปัจจัยความต้องการของผู้ปฏิบัติหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ เวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) จากการสัมภาษณ์และได้นำแบบสอบถามหาความสำคัญของปัจจัยมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินจำนวน 5 ท่านทำการประเมิน โดยทำการตัดค่าระดับที่ต่ำกว่า 3 โดยวิธีแบบกราฟเรด้า เมื่อได้ปัจจัยความต้องการของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ เวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) ที่มีค่ามากกว่าระดับ 3 แล้ว มาทำแผนภูมิต้นไม้เพื่อจัดกลุ่มปัจจัยให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือองค์ประกอบเดียวกันโดยใช้วิธีการสนทนาแบบกลุ่ม (Focus Group) นำข้อมูลที่ได้จากการสนทนาแบบกลุ่มมาจัดลำดับความสำคัญ จากนั้นนำปัจจัยที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์การออกแบบด้วยเทคนิค การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) และเทคนิค FSUDEE

3.2.3.7 ขั้นตอนที่ 7 การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ ผลที่ได้จากการประชุมสนทนากลุ่มย่อย ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาปรับปรุงและสร้างนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ รูปแบบที่เหมาะสมกับการหน่วยงานต่าง ๆ ออกแบบและเขียนแบบนวัตกรรมระบบขนส่งอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการขนส่ง Specimen ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามมิติ โดยออกแบบให้เหมาะสมกับหน่วยงาน

3.2.3.8 ขั้นตอนที่ 8 การทดสอบหาประสิทธิภาพของพาหนะลำเลียงอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้กำหนดสถานีหรือหน่วยงานในการขนส่ง ตามความต้องการของผู้ใช้จำนวน 5 หน่วยงานในการทดสอบระบบการขับเคลื่อนตามเส้นทางที่กำหนด เพื่อประเมินประสิทธิภาพทางด้านคุณภาพและทางด้านปริมาณของนวัตกรรม

3.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.4.1 ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ได้แก่

- 1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพได้แก่
 - 1.1) แบบสัมภาษณ์เชิงลึก กิ่งโครงสร้าง
 - 1.2) แบบบันทึกการประชุมสนทนาแบบกลุ่ม (Focus Group)
 - 1.3) แบบบันทึกการประชุมผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของ
- 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณได้แก่
 - 2.1) แบบสอบถามข้อคำถามเฉพาะเจาะจง
 - 2.2) แบบสอบถามข้อคำถามแสดงความคิดเห็นและแบบการประมาณค่า

5 ระดับ

3.2.4.2 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือในการวิจัย ดังนี้

- 1) การสร้างและพัฒนาเครื่องมือด้านเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือด้านเชิงคุณภาพใช้เป็นแบบสัมภาษณ์เชิงลึกกิ่งโครงสร้าง แบบบันทึกการประชุมการสนทนากลุ่ม (Focus

Group) และแบบประเมินด้วยมิติที่เห็นชอบ โดยนำกรอบแนวคิดและทฤษฎี รวมทั้งนำวัตถุประสงค์ในการวิจัยมาเป็นตัวกำหนดข้อมูลที่ต้องการที่ได้จากกลุ่มผู้ให้ข้อมูล นำเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการตรวจสอบความครอบคลุมเนื้อหาของเครื่องมือสัมภาษณ์แบบเจาะจง ก่อนนำไปสัมภาษณ์

2) การสร้างและพัฒนาเครื่องมือเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามโดยนำเอากรอบแนวคิด ทฤษฎีที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าและข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกมาประมวลสร้างแบบสอบถามและนำแบบสอบถาม (Questionnaires) ทำการตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) และความถูกต้องของภาษาและเนื้อหาให้ครอบคลุมในแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญแบบสอบถามประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklists) สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา ระยะเวลาในการทำงานและตำแหน่งงาน

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามแบบให้เลือกตอบและแบบแสดงความคิดเห็นของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในผู้ปฏิบัติหน้าที่ในในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) เพื่อหาระดับความสำคัญแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

แบบสอบถามตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามแบบเลือกตอบ เพื่อหาความสำคัญขององค์ประกอบของรูปแบบการขั้นตอนการขนส่ง ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen)

แบบสอบถามตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลเป้าหมายในองค์ประกอบของรูปแบบการขั้นตอนการขนส่ง ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) แนวคิดทฤษฎี 7S Model ของ McKinsey 7-S Framework มาเป็นพื้นฐานในการจัดทำแบบสอบถาม เพื่อถามเกี่ยวกับลักษณะของ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ซึ่งรวมถึงองค์ประกอบในด้านต่าง ๆ ของหน่วยงานภายในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ที่ได้จากการสังเคราะห์แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าของ ลิเคิร์ท (Likert Scales) แบบ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

แบบสอบถามตอนที่ 3 เป็นการสอบถามความคิดเห็นปลายเปิด เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในสร้างรูปแบบด้านการออกแบบพาหนะขนส่งอัตโนมัติ

3) การกำหนดระดับค่าคะแนนในมาตราส่วนประมาณค่า แบบสอบถามที่กำหนดค่ามาตราส่วนประมาณค่า แบบ 5 ระดับ มีการกำหนดด้วยระดับค่าคะแนน ดังนี้

ระดับความสำคัญมากที่สุด	5	คะแนน
ระดับความสำคัญมาก	4	คะแนน
ระดับความสำคัญปานกลาง	3	คะแนน
ระดับความสำคัญน้อย	2	คะแนน
ระดับความสำคัญน้อยที่สุด	1	คะแนน

การแปลความหมายของค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับค่าคะแนน ใช้เกณฑ์ในการแปลความหมาย ดังนี้

4.50-5.00 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วยกับรูปแบบที่กำหนดในระดับมากที่สุด

3.50-4.49 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วยกับรูปแบบที่กำหนดใน
ระดับมาก

2.50-3.49 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วยกับรูปแบบที่กำหนดใน
ระดับปานกลาง

1.50-2.49 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วยกับรูปแบบที่กำหนดใน
ระดับน้อย

1.00-1.49 หมายถึง ผู้ตอบแบบสอบถาม เห็นด้วยกับรูปแบบที่กำหนดใน
ระดับน้อยที่สุด

4) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ใช้แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบ
ความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) และความถูกต้องของภาษาและเนื้อหาครอบคลุมจากผู้เชี่ยวชาญ
เพื่อให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เกณฑ์การประเมินความสอดคล้องดังนี้

+1 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่ารายการคำถาม มีความสอดคล้องกับ
ประเด็นการวิจัย

0 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่ารายการคำถามมีความสอดคล้องกับ
ประเด็นการวิจัยหรือไม่

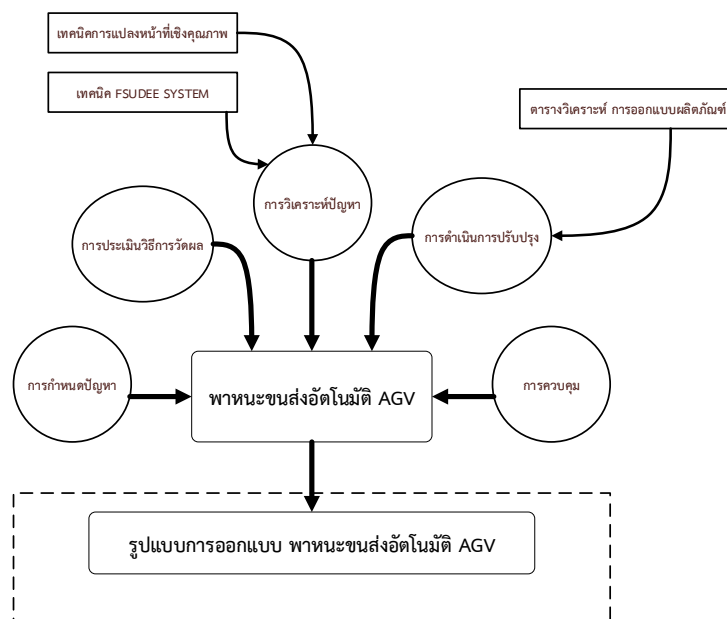
-1 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญแน่ใจว่ารายการคำถาม ไม่สอดคล้องกับประเด็น
การวิจัย

การแปลความหมายผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญใช้เกณฑ์ดังนี้
ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญ เห็นว่ารายการข้อนั้น
สอดคล้องกับประเด็นการวิจัย

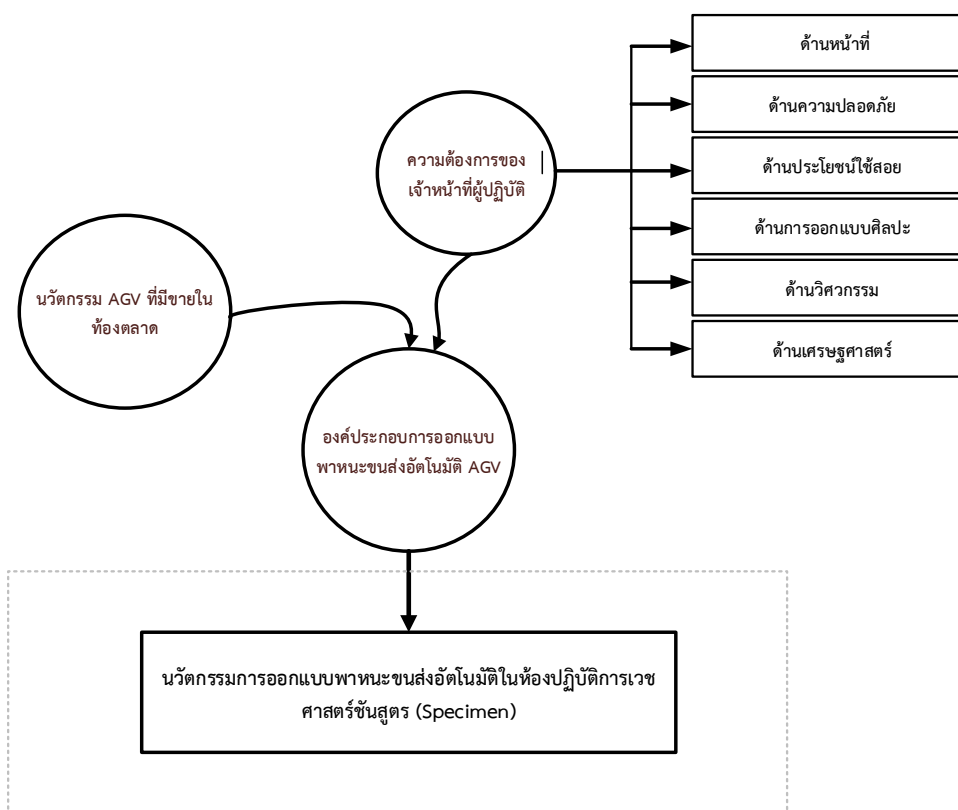
ค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญ เห็นว่ารายการข้อนั้นไม่สอดคล้อง
กับประเด็นการวิจัย

3.2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย เพื่อวางกรอบในการวิจัยดัง
แสดงภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 กรอบแนวคิดของการวิจัยการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ



ภาพที่ 3.3 กรอบแนวคิดของการวิจัยนวัตกรรมเทคโนโลยีการผลิตรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ

3.2.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบบูรณาการ การวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพ จึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

3.2.6.1 การรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เป็นการสนทนาที่สามารถเก็บข้อมูลที่เป็นคำพูดและท่าทางในการทำงาน ที่แสดงความรู้สึกร่วมด้วยและการเสนอความคิดเห็นในเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยในการเดินขนส่งและปัจจัยเกี่ยวกับนวัตกรรมเทคโนโลยีการผลิตระบบอัตโนมัติ การสัมภาษณ์เชิงลึกมีการปฏิบัติ ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยขออนุญาต ผู้บริหารในหน่วยที่เกี่ยวข้อง เพื่อขอสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ ผู้ปฏิบัติงาน
- 2) ผู้วิจัยทำ การนัดวัน และเวลา สถานที่ เพื่อทำ การสัมภาษณ์
- 3) ผู้วิจัยขออนุญาตบันทึกเสียงคำ สัมภาษณ์ และทำการสรุปบทสนทนาการ สัมภาษณ์ทุกรายข้อ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันระหว่างผู้สัมภาษณ์ และ ผู้ให้สัมภาษณ์
- 4) ผู้วิจัยปฏิบัติตามหลักจรรยาบรรณของนักวิจัยให้สัญญาในการเก็บข้อมูล เป็นความลับ และในกระบวนการนี้ผู้ให้สัมภาษณ์มีสิทธิ์ที่จะขอยกเลิกหรือเปลี่ยนแปลงได้ในทุกกรณี
- 5) ผู้วิจัยสัมภาษณ์ตามลำดับข้อคำถามทุกข้อ แม้ว่าบางข้อคำถามจะมีส่วนที่ ผู้ให้สัมภาษณ์เป็นข้อมูลไว้ในข้อคำถามอื่น
- 6) นำคำสัมภาษณ์มาถอดข้อความเพื่อวิเคราะห์เนื้อหา

3.2.6.2 รวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group) เป็นการปฏิบัติการประชุม โดยให้สมาชิกกลุ่มได้สนทนาและซักถามอย่างสร้างสรรค์ และครอบคลุมเนื้อหา ที่ต้องการในเวลาที่กำหนด และประเมินเพื่อฉันทานุมัติเป็นมติเห็นชอบ การประชุมสนทนากลุ่ม มี การปฏิบัติ ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยส่งหนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิผู้มีความรู้และเชี่ยวชาญในด้านการระบบ การขนส่งอัตโนมัติ
- 2) ผู้วิจัยจัดเตรียมสถานที่เพื่อดำเนินการประชุมสนทนากลุ่ม
- 3) ผู้วิจัยรวบรวมข้อวินิจฉัยและมติจากที่ประชุมสนทนากลุ่ม
- 4) ผู้วิจัยนำผลการประชุมสนทนากลุ่ม และผลการประเมินรูปแบบนวัตกรรม ระบบการขนส่งอัตโนมัติ
- 5) เสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อขอรับความเห็นชอบ เพื่อนำไปสู่การพัฒนา เป็นนวัตกรรมระบบการขนส่งอัตโนมัติ

3.2.6.3 รวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติการสนทนากลุ่ม เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักการตัดสินใจ เลือกรูปแบบนวัตกรรมระบบการขนส่งอัตโนมัติ มีการปฏิบัติ ดังนี้

- 1) ผู้วิจัยส่งหนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิผู้มีความรู้และเชี่ยวชาญในด้านระบบ การขนส่งอัตโนมัติ ผู้ประกอบการ และผู้ที่เกี่ยวข้อง
- 2) ผู้วิจัยจัดเตรียมสถานที่เพื่อดำเนินการสนทนากลุ่มแจกแบบสอบถามเพื่อ กำหนดค่าน้ำหนักปัจจัยของรูปแบบนวัตกรรมระบบการขนส่งอัตโนมัติ ที่สร้างขึ้น

3) ผู้วิจัยรวบรวมแบบสอบถามการกำหนดน้ำหนักปัจจัยรูปแบบนวัตกรรมที่สร้างขึ้น และวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม Expert Choices

4) ผู้วิจัยนำผลการตัดสินใจเลือกรูปแบบนวัตกรรมระบบการขนส่งอัตโนมัติเสนอต่อประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาร่วมเพื่อขอรับความเห็นชอบ เพื่อนำไปดำเนินการทดสอบกับธุรกิจน้ำดื่มขนาดกลางและขนาดย่อมจำนวน 5 สถานประกอบการ

3.2.6.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการขนส่งอัตโนมัติ ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ด้วยวิธีการสกัดและสังเคราะห์ข้อมูล เชิงคุณภาพการวิเคราะห์ข้อวิพากษ์และข้อเสนอแนะ ใช้วิธีการสกัดและสังเคราะห์เชิงเนื้อหาคุณภาพ

2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้ใช้สถิติการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ตำแหน่งหน้าที่และประสบการณ์ในการทำงานใช้สถิติการวิเคราะห์ค่าความถี่ (Frequency) และค่าร้อยละ (Percentage)

2.2) การวิเคราะห์ค่าระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของผู้ปฏิบัติงานขนส่ง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SPSS) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3) การวิเคราะห์ค่าระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของผู้ปฏิบัติงานออกแบบและพัฒนาระบบขนส่งส่งตรวจด้วยรถยนต์อัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (Expert Choices) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 ทดสอบประสิทธิภาพ

อ้างอิงที่มาจาก พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542 ได้ให้ความหมายของคำว่า “ประสิทธิภาพ” ไว้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถอันทำให้ก่อเกิดผลในกระบวนการทำงานได้อย่างสูงสุด การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต คือ การที่ทำให้ผลผลิต (Output – ผลิตภัณฑ์ คุณภาพ ต้นทุน การส่งมอบ ความปลอดภัย สุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม) มากที่สุด โดยการใส่ปริมาณเข้าไปใน การผลิต (Input – คน เครื่องจักร วัตถุดิบ) ในปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพ ต้อง อาศัย กิจกรรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2546)

3.3.1 กิจกรรมที่มุ่งขยายผลในเชิงปริมาณ คือ การที่จะทำให้เวลาการขัดข้องของเครื่องจักรลดน้อยลง หรือเพิ่มผลผลิตต่อ ชั่วโมงให้มีปริมาณมากขึ้นได้อย่างไร ได้แก่

3.3.1.1 กิจกรรมที่เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักร คือ การทำให้ประสิทธิภาพ ของเครื่องจักรสูงขึ้น หรือทำให้จำนวนผลผลิตต่อชั่วโมงเพิ่มขึ้นได้มากกว่าเดิม

3.3.1.2 กิจกรรมที่เพิ่มประสิทธิภาพของบุคลากร คือ การทำให้เครื่องจักรมี ความคงที่อยู่ในสภาพที่ควรจะเป็น จะทำให้บุคลากรแต่ละคน มีเครื่องจักรที่ดูแลมีจำนวนเพิ่มขึ้น หรือลด บุคลากรลง โดยการผลักดันให้มีการปรับปรุงวิธีการทำงานอย่างต่อเนื่อง

3.3.1.3 กิจกรรมที่เพิ่มประสิทธิภาพการบริหาร คือ การทำให้การผลิตมีความ รวดเร็ว หรือการลดความสูญเสียในกระบวนการ ลดความสูญเสียของเครื่องจักรให้เหลือน้อยที่สุด

3.3.2 กิจกรรมที่มุ่งขยายผลในเชิงคุณภาพ คือ การที่จะทำให้ของเสียลดลง และยกระดับคุณภาพ โดยการปรับปรุงคุณภาพ ได้แก่

3.3.2.1 กิจกรรมที่เพิ่มคุณภาพให้สูงขึ้น คือ การทำให้ของเสียลดลง หรือการ ซ่อมให้ น้อยลง หรือการลดความไม่สม่ำเสมอของคุณภาพให้น้อยลง

3.3.2.2 กิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดระบบอัตโนมัติ คือ การแสวงหาเงื่อนไขให้ เกิดการเดิน เครื่องโดยที่ไม่ต้องอาศัยบุคลากร

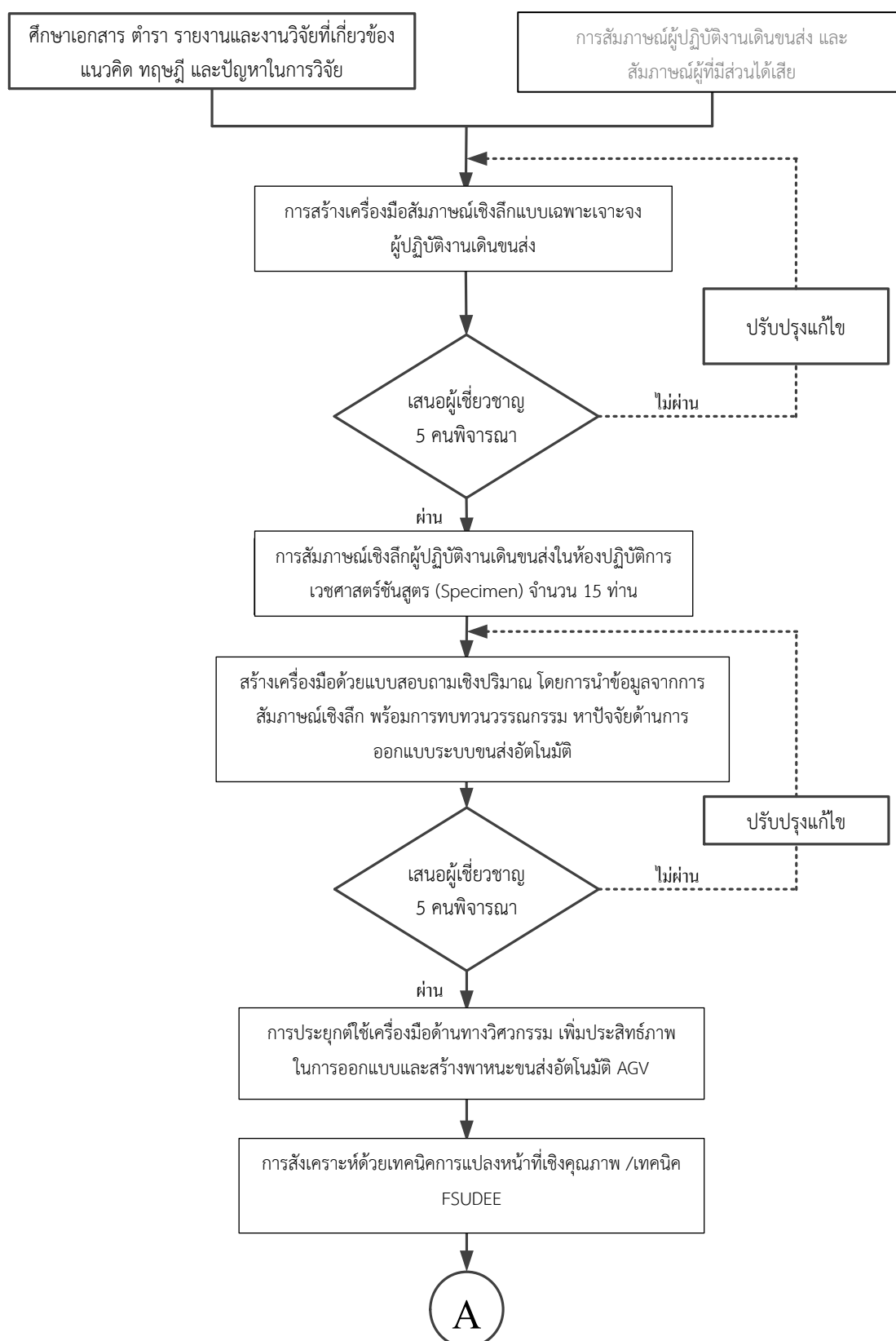
การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรนั้น มีเป้าหมายเพื่อสะท้อนภาพการ ใช้งาน ของเครื่องจักร หรือเพิ่มผลผลิต และการกำจัดความสูญเปล่า โดยมีดัชนีชี้วัดซึ่งสามารถแสดง ให้เห็น ถึงความพร้อมของเครื่องจักรในการใช้งานว่ามีสถานะความพร้อมใช้งานเป็นอย่างไร การเดิน เครื่องจักร เต็มความสามารถ หรือไม่มีการผลิตชิ้นงานเสียเป็นจำนวนมากน้อยแค่ไหน เราเรียกว่า “ประสิทธิภาพ โดยรวมของเครื่องจักรอุปกรณ์ (OEE – Overall Equipment Effectiveness) มีหน่วย เป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่ง ประกอบด้วยดัชนีย่อย 3 ตัว คือ

- (1) อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate: A)
- (2) อัตราประสิทธิภาพ (Performance Efficiency: P)
- (3) อัตราคุณภาพ (Quality Rate: Q)

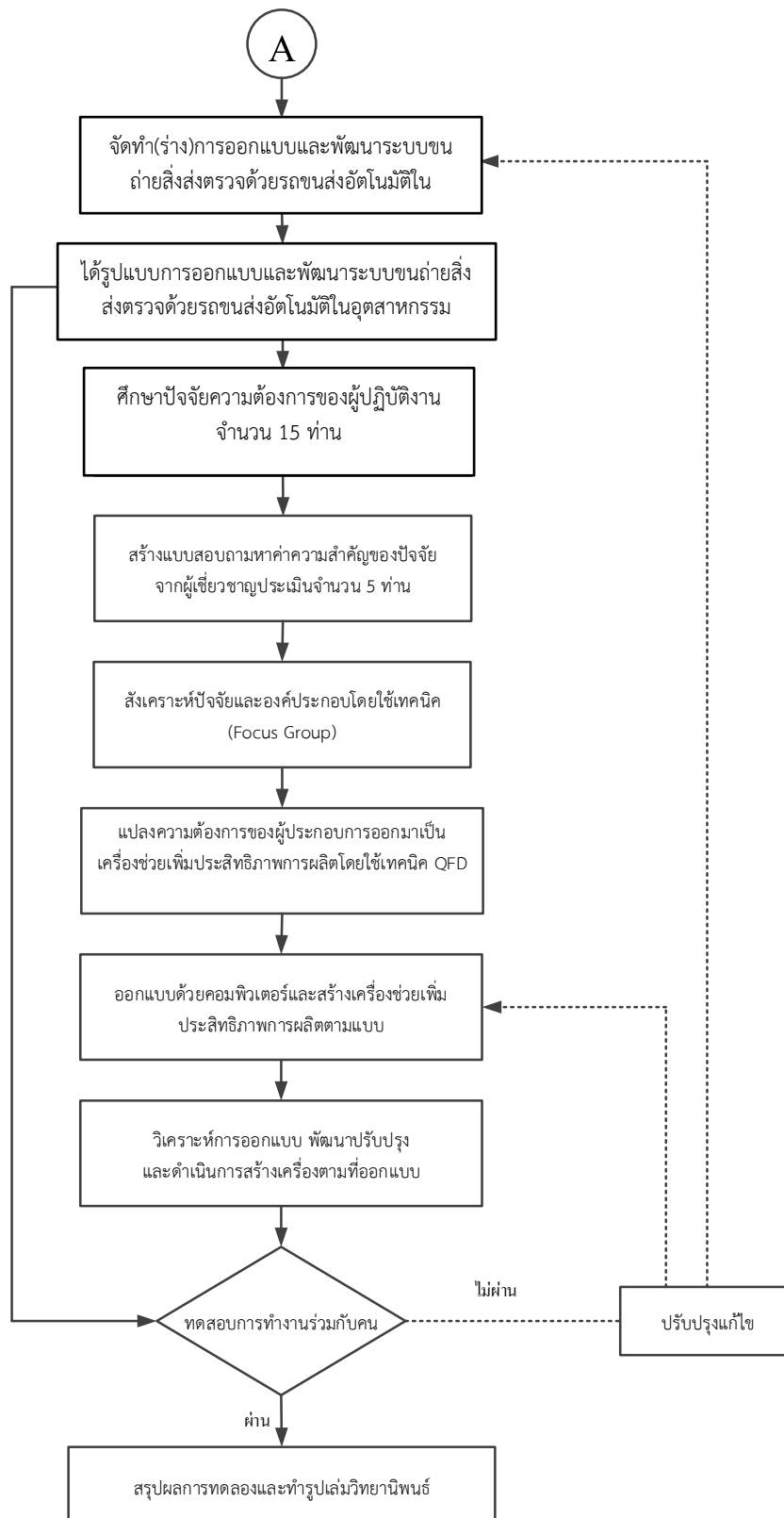
3.4 การปรับเพื่อการพัฒนา

จากผลของการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพ (Check) นำข้อมูลดังกล่าวมาทำการแก้ไขปรับปรุง นำแนวทางหรือกระบวนการปฏิบัตินั้นมาจัดทำให้เป็นมาตรฐานหรือมองหาทางเลือก และเป้าหมาย ใหม่ ที่มีความจะเป็นไปได้เพื่อพัฒนาการออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ ในอุตสาหกรรมสุขภาพ ตามที่กำหนดคือวัตถุประสงค์ คือเพื่อศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบ ทางการแพทย์และระบุปัญหาพร้อมทั้งการทบทวนทฤษฎีการออกแบบการลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ เพื่อออกแบบพาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) และ เพื่อสร้าง รถขนส่งอัตโนมัติ และหาค่าพารามิเตอร์ ในการควบคุมระบบของ พาหนะลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ ทดสอบประสิทธิภาพของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยพาหนะลำเลียงขนถ่าย อัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

สรุปกระบวนการขั้นตอนศึกษาวิจัย



ภาพที่ 3.4 กระบวนการวิจัยเรื่องการสร้างนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบสิ่งส่งตรวจด้วย
รถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ



ภาพที่ 3.4 กระบวนการวิจัย วิจัย เรื่องการสร้างนวัตกรรมการออกแบบและพัฒนาระบบสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ (ต่อ)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็น การออกแบบและพัฒนาระบบขนถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติใน
อุตสาหกรรมสุขภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์และ
ระบุปัญหาพร้อมทั้งการทบทวนทฤษฎีการออกแบบการลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ เพื่อออกแบบรถขนส่ง
สิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ และเพื่อสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) และหาค่าพารามิเตอร์ ในการควบคุม
ระบบของ รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทาง
การแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) โดยผู้วิจัยขอเสนอผลการดำเนินงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 4.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหา
- 4.3 ผลการพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการระบบการขนส่ง สิ่งส่งตรวจ
- 4.4 ผลการวิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV
- 4.5 วิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค
FSUDEE
- 4.6 ผลการทดสอบรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)
- 4.7 การทดสอบการทำงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ ร่วมกับรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ
- 4.8 ผลการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่หลังการปรับปรุง

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการสำรวจข้อมูลจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาระบบขน
ถ่ายสิ่งส่งตรวจด้วยรถขนส่งอัตโนมัติในอุตสาหกรรมสุขภาพ จากนั้นทำการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อให้
สอดคล้องกับการบริหารการของโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นศูนย์กลาง
การรักษาด้านทางการแพทย์ที่ใหญ่ที่สุดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์ทาง
การแพทย์ที่ทันสมัย เพื่อรองรับปริมาณจำนวนผู้ป่วยที่สูงขึ้นโดย โดยสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลการสำรวจข้อมูลทั่วไปของการทำงานการเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจ จากเอกสาร
และการจับเวลาการทำงาน พบว่ารูปแบบการเดินของพนักงานในการขนส่งสิ่งส่งตรวจ มีปัจจัยสำคัญ
ในการดำเนินการบริการด้านทางแพทย์ ทั้งหมด 4 ปัจจัยคือ (1) การรับสิ่งส่งตรวจจากหน่วยต่าง ๆ
ในโรงพยาบาล (2) การจัดเรียงหลอดสิ่งส่งตรวจใส่ลงภาชนะเพื่อการนำส่งไปยังหน่วยงานต่าง ๆ
(3) หน่วยทะเบียนกลางทำการตรวจสอบสิ่งส่งตรวจและติดบาร์โค้ด เพื่อทำการคัดแยกตามหน่วยงาน
ที่เกี่ยวข้อง (4) เจ้าหน้าที่เดินนำส่งสิ่งส่งตรวจทันที

ตารางที่ 4.1 ผลการสำรวจและวิเคราะห์รูปแบบการทำงานการเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจ

ปัจจัย	ท่าทางการปฏิบัติงานของพนักงาน
การรับสิ่งส่งตรวจจากหน่วยต่าง ๆ ในโรงพยาบาล	 สิ่งส่งตรวจ ภายในหน่วยงาน ภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคาร กัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงตร (Specimen) ชั้น 9
การจัดเรียงหลอดสิ่งส่งตรวจใส่ลง ภาชนะเพื่อการนำส่งไปยัง หน่วยงานต่าง ๆ	 เจ้าหน้าที่รับ สิ่งส่งตรวจมา จัดเรียงใส่ ในตระแกรง
หน่วยทะเบียนกลางทำการตรวจสอบ สิ่งส่งตรวจและติดบาร์โค้ด เพื่อทำ การคัดแยกตามหน่วยงานที่ เกี่ยวข้อง	 เจ้าหน้าที่ทำการ บันทึกประวัติ ของผู้ป่วยลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อ ทำการแยกจัดส่งในหน่วยงานที่ เกี่ยวข้อง
เจ้าหน้าที่เดินนำส่งสิ่งส่งตรวจทันที	 เจ้าหน้าที่เดินขนส่งสิ่งส่งตรวจตาม หน่วยงานด้วยรถเข็น

4.2 ผลการวิเคราะห์ปัญหา

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก

การสัมภาษณ์เชิงลึกเรื่องปัจจัยในการบริหารการผลิตและดำเนินงานของผู้ปฏิบัติงาน มีความต้องการอุปกรณ์หรือนวัตกรรมเทคโนโลยีที่ช่วยในกระบวนการเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจ เป็น การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อให้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลไปสู่การพัฒนารูปแบบด้านการออกแบบรถ ขนส่งอัตโนมัติ จากการสังเคราะห์ข้อมูลของผู้ให้สัมภาษณ์เป็นเจ้าของกิจการและผู้ปฏิบัติงานใน ขั้นตอนการเดินขนส่ง ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

4.2.1.1 ระบบท่าทางการเดินของเจ้าหน้าที่ในการเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจภายในหน่วยงาน จะต้องเป็นระบบการขนส่งที่ได้มาตรฐาน เช่น การวางหน่วยงานผลิต การตรวจสอบคุณภาพของสินค้า การควบคุมการเกิดการสูญเสียในกระบวนการผลิต การวัดประสิทธิภาพการผลิต การปรับปรุงและพัฒนาวิธีการทำงาน

4.2.1.2 โครงสร้างองค์กร ควรจะแบ่งตามลักษณะงานหรือตามกระบวนการให้บริการ ด้านทางการแพทย์โดยแบ่งออกเป็นหน่วยงานหน่วยงานอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้อำนวยการ โรงพยาบาล เจ้าหน้าที่แต่ละคนที่อยู่ภายใต้หน่วยงานมีหน้าที่รับผิดชอบในกระบวนการเดินขนส่ง สิ่งส่งตรวจบันทึกการรับและส่งให้ชัดเจน เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้หน่วยงาน ควรให้เจ้าหน้าที่ได้มีทักษะในการปฏิบัติงานหลายด้านเพื่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตและสนับสนุนให้ เจ้าหน้าที่ทุกคนภายใต้หน่วยงานสามารถเสนอปัญหาและแนวทางที่เกิดในการปฏิบัติงานของตนเอง

4.2.1.3 ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความ สามารถในการแข่งขันดังต่อไปนี้

1) ด้านต้นทุนควรมีการทำรายละเอียดด้านต้นทุน เช่น ต้นทุนด้านเวลา ต้นทุน การสูญเสีย ต้นทุนอาคารสถานที่ ต้นทุนของเจ้าหน้าที่ และต้นทุนการดูแลรักษาเครื่องจักร

2) ด้านคุณภาพควรมีการทำมาตรฐานด้านคุณภาพ มาตรฐานการขนส่ง มาตรฐาน เกี่ยวกับกระบวนการขนส่ง มาตรฐานควบคุมข้อบกพร่องและวิธีการควบคุมงานให้เป็นไปตาม มาตรฐานที่กำหนดไว้

3) ด้านการให้บริการและความเชื่อถือควรมีการบริการที่ดีต่อผู้ป่วยและญาติ ผู้ป่วย เช่น บริการการขนส่งสิ่งส่งตรวจ จะต้องขึ้นรถด้วยงาจรรวดเร็วจัดส่งสินค้าให้ทันเวลาและมีปริมาณ เพียงพอต่อความต้องการของผู้ป่วยที่ต้องการผลการตรวจสอบเพื่อแพทย์เจ้าของไข้สามารถวินิจฉัยโรค ได้ทันต่อการรักษา มีการบริหารจัดการเกี่ยวกับการร้องเรียนของผู้ป่วย หรือญาติ

4) ด้านความรวดเร็วในการตรวจ หน่วยงานมีนวัตกรรมหรือเครื่องจักรที่เหมาะสม ช่วยในกระบวนการตรวจสอบได้รวดเร็ว จะต้องมีการแยกระหว่างการบริหารเวลาและการตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงและแน่นอนในการตรวจ สิ่งส่งตรวจจะต้องมีความแม่นยำและตรงต่อเวลา ตอบสนองได้อย่างรวดเร็วทันต่อความต้องการแพทย์เจ้าของคนไข้

4.2.1.4 ระบบสารสนเทศ (IT) ในหน่วยงานการให้บริการ ตรวจของเหลวในร่างกายมี บทบาทและความสำคัญอย่างมากต่อการรักษาพยาบาล เพราะระบบสารสนเทศเป็นส่วนเสริมทุกระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การจัดทำประวัติ บันทึกผล การส่งผล ล้วนแล้วแต่ต้องใช้ระบบสารสนเทศทั้งนั้น การมี ระบบสารสนเทศเข้าจะทำให้การทำงานเกิดความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น เพราะจะสามารถอำนวยความสะดวกในการทำงานโดยจัดระบบฐานข้อมูลด้านต่าง ๆ เพื่อความสะดวกในการทำงานทั้งทาง แพทย์และผู้ป่วยช่วยประหยัดงบประมาณ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระบบสารสนเทศมีบทบาทสำคัญเป็น อย่างมากในธุรกิจอุตสาหกรรมเพื่อสุขภาพ

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ในการขนส่งสิ่งส่งตรวจ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่สามารถ นำมาเป็นตัวประเมินสมรรถนะของการดำเนินงานและการบริหารการผลิตของอุตสาหกรรมเพื่อ สุขภาพ โดยผู้วิจัยแบ่งเกณฑ์หลักของปัจจัยออกเป็น 7 ด้านและกำหนดสัญลักษณ์ตัวแปรแทนเกณฑ์ หลักได้แก่ ด้านประสิทธิภาพการผลิต Productivity (A) ด้านคุณภาพ Quality (B) ด้านต้นทุน Cost (C)

ด้านการขนส่งหรือส่งมอบ Delivery (D) ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย Safety (E) และด้านขวัญและกำลังใจ Morale (F)

4.2.2.1 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการด้านการขนส่งหรือส่งมอบของผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานสิ่งส่งตรวจ ภายในหน่วยงานภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ชั้น 9 ผู้วิจัยได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะการดำเนินงานของผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานสิ่งส่งตรวจภายในหน่วยงานภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ชั้น 9 วิเคราะห์และจัดกลุ่มตามเทคนิคการตัดสินใจแบบกลุ่ม (Nominal Group Technical: NGT) และเทคนิคแผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยง (Affinity Diagram Technique: ADT) ผลการประมวลข้อมูลปัจจัยได้เกณฑ์ต่าง ๆ ในแต่เกณฑ์รวมทั้งหมด 85 ปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ด้านประสิทธิภาพการผลิต (A)	A1. อัตราการเดินขนส่ง
	A2. การบันทึกข้อมูลสิ่งส่งตรวจจากแพทย์
	A3. ระยะทางต่อหน่วย
	A4. การปรับปรุงผังหน่วยงานห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen)
	A5. การบันทึกสิ่งส่งตรวจหรือวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์
	A6. การใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในกระบวนการขนส่งอย่างเหมาะสม
	A7. อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอุบัติเหตุมีความเหมาะสม
	A8. การจัดความสัมพันธ์ระหว่างคนและหุ่นยนต์ถูกต้อง
	A9. การประชุมกับผู้ที่มีส่วนได้เสีย
	A10. การประเมินความสามารถในการปรับปรุงและกำหนดเป้าหมายระดับคุณภาพของกระบวนการขนส่ง
	A11. การออกแบบผังกระบวนการขนส่งและระบบงานขององค์กร
	A12. การออกแบบระบบงานและผังกระบวนการปฏิบัติงานของหน่วยงาน
	A13. การปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.2 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่ง
ตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided
Vehicle) (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ด้านคุณภาพ (B)	B1. มาตรฐานด้านคุณภาพตามที่กำหนดไว้
	B2. มาตรฐานที่เกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ หรือไม่ เช่น มาตรฐานทดสอบทางการแพทย์
	B3. มาตรฐานการตรวจรับ และมาตรฐานของชิ้นส่วน
	B4. มาตรฐานเกี่ยวกับกระบวนการขนส่งหรือไม่ เช่น มาตรฐานการควบคุมขนส่ง มาตรฐานการผลิต มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงาน
	B5. มาตรฐานเกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์หรือผลิตภัณฑ์หรือไม่ เช่น มาตรฐานการทดสอบและตรวจสอบ มาตรฐานการควบคุมข้อบกพร่องและมาตรฐานการจัดการ
	B6. การควบคุมไม่ให้เกิดสิ่งผิดปกติในกระบวนการขนส่ง
	B7. การควบคุมงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก./ISO 13485
	B8. วิธีควบคุมกระบวนการวัดคุณภาพเหมาะสม
	B9. มาตรฐาน มอก./ISO 13485
	B10. GMP
	B11. การจัดการและวางแผนการขนส่งอย่างรวดเร็ว
ด้านต้นทุน (C)	C1. การให้เจ้าหน้าที่รับรู้เรื่องต้นทุนของหน่วยงาน
	C2. การแยกแยะรายการต้นทุน
	C3. การคำนวณต้นทุนด้านเวลา
	C4. การคำนวณเรื่องต้นทุนการสูญเสียโอกาส
	C5. การคำนวณต้นทุนของค่าสถานที่
	C6. การใช้หลักวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติ ของวัสดุที่จะนำมาผลิตสินค้า
	C7. การเปลี่ยนวิธีการขนส่งเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและแม่นยำ
	C8. การจัดการและวางแผนหน่วยงานการจัดเก็บ โดยมีการควบคุมวัสดุคงคลังให้มี ประสิทธิภาพ
	C9. การทำความสะอาดและบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างถูกต้อง

ตารางที่ 4.2 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่ง
ตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided
Vehicle) (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ด้านต้นทุน (C)	C10. การร่วมมือกันบำรุงรักษาเครื่องมือระหว่างเจ้าหน้าที่ควบคุมหุ่นยนต์ (Machine Operation)
	C11. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรทำความสะอาดและดูแลเครื่องมือเบื้องต้น
	C12. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือมีการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ
ด้านการขนส่งหรือส่งมอบ (D)	D1. การวางแผนหน่วยงานไม่เหมาะสม
	D2. ขาดการจัดระเบียบในการจัดเก็บชิ้นงาน
	D3. ระยะทางในการขนส่งไกลเกินไป
	D4. ขาดการดำเนินงานกิจกรรม 5ส
	D5. เกิดความเสียหายและอุบัติเหตุระหว่างการขนย้าย
	D6. สูญเสียแรงงานและเวลาในการขนย้าย
	D7. ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน อุปกรณ์การขนย้าย
	D8. เสียเวลาในการขนส่ง เนื่องจากระยะทาง อุปกรณ์ เป็นต้น
	D9. สินค้าเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม
	D10. เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการขนส่ง
	D11. การเปลี่ยนอุปกรณ์ในการขนส่งระหว่างช่วงกลางในการขนส่ง
	D12. ชิ้นส่วนสิ่งส่งตรวจซ้อนกันระหว่างการขนส่ง
	D13. กระบวนการขนส่งก่อนหน้า และกระบวนการผลิตต่อไปอยู่คนละชั้น
	D14. การเลือกเครื่องมือในการขนส่งไม่เหมาะสม
ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย (E)	E1. สภาพแวดล้อมในสถานประกอบการถูกสุขอนามัย
	E2. การทำกิจกรรม 5ส
	E3. การจัดการเกี่ยวกับขยะ
	E4. แสงสว่างทางเดิน

ตารางที่ 4.2 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่ง
ตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided
Vehicle) (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย (E)	E5. การตรวจสอบและหาสาเหตุการเกิดของเสีย
	E6. การฝึกอบรมเรื่องรักษาสิ่งแวดล้อม
	E7. การจัดเก็บวัสดุในที่ที่เหมาะสม
	E8. การกำหนดมาตรฐานการใช้งานและตรวจสอบ
	E9. การคัดแยกของเสีย
	E10. การนำของเสียจากกระบวนการหนึ่งมาใช้ประโยชน์
	E11. อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย
	E12. การให้ความรู้และอบรมเรื่องความปลอดภัย
	E13. มาตรฐานด้านความปลอดภัยเพื่อนำมาปฏิบัติ
	E14. โรงพยาบาลและผู้บริหารให้ความสำคัญต่อความปลอดภัย
	E15. การทำความสะอาดหน่วยงาน เพื่อจัดระเบียบและดูแลรักษาหน่วยงาน
	E16. รถขนส่งอัตโนมัติมีการออกแบบเพื่อป้องกันอันตรายในการทำงาน
	E17. การจัดสภาพแวดล้อมการทำงานอย่างเหมาะสม
	E18. การปลูกฝังทัศนคติด้านความปลอดภัยให้กับเจ้าหน้าที่ใหม่
	E19. การตรวจสอบข้อบกพร่องและหาแนวทางป้องกันและแก้ไข
	E20. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องความปลอดภัยทุกคนในหน่วยงาน
ด้านขวัญและกำลังใจ (F)	F1. หน่วยงานมีสภาพแวดล้อมและบรรยากาศในการทำงานที่ดี
	F2. การระดมสมองเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา
	F3. หัวหน้างานฟังข้อเสนอแนะจากผู้ใต้บังคับบัญชา
	F4. การให้เจ้าหน้าที่เสนอข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงสถานที่ทำงาน
	F5. การทำกิจกรรม QCC เพื่อเพิ่มผลผลิตในสถานประกอบการ
	F6. ความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ใต้บังคับบัญชาดี

ตารางที่ 4.2 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่ง
ตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided
Vehicle) (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
ด้านขวัญและกำลังใจ (F)	F7. เจ้าหน้าที่สนุกกับการทำงานร่วมกันเป็นทีมและมีกำลังใจในการทำงาน
	F8. การรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน, ช่วยกันแก้ปัญหาในการทำงาน
	F9. การแสดงออกสีหน้าและท่าทาง เช่น การยิ้มแย้มและสายตาที่ยอมรับ
	F10. การโต้เถียงระหว่างการประชุม
	F11. การขัดคำสั่ง ปฏิเสธงานที่ได้รับมอบหมาย ไม่เชื่อฟังหัวหน้า
	F12. สภาพการทำงานเต็มไปด้วยข่าวลือและมีการกลั่นแกล้งในเรื่องงาน
	F13. การส่งเจ้าหน้าที่ศึกษาและอบรมเพิ่มความรู้ความสามารถในการทำงาน
	F14. การเปิดโอกาสให้เจ้าหน้าที่มีส่วนร่วมในการปรับปรุงงาน
	F15. สภาพการที่ไม่ปลอดภัยในสถานที่ทำงาน

4.2.2.2 ผลความคิดเห็นเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้องของปัจจัยที่มีผลต่อการประเมิน
สมรรถนะการดำเนินงานการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ การสังเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมิน
สมรรถนะการดำเนินงานของผู้ปฏิบัติงาน ผู้วิจัยได้นำปัจจัยจากขั้นตอนที่ 4.2.2.1 มาประเมินปัจจัยโดย
ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ดัง
แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการดำเนินงานการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ค่า IOC
ด้านประสิทธิภาพการผลิต (A)	A1. อัตราการเดินขนส่ง	1.00
	A2. การบันทึกข้อมูลสิ่งส่งตรวจจากแพทย์	1.00
	A3. ระยะทางต่อหน่วย	0.33
	A4. การปรับปรุงผังหน่วยงานห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen)	1.00
	A5. การบันทึกสิ่งส่งตรวจหรือวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์	1.00
	A6. การใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในกระบวนการขนส่งอย่างเหมาะสม	1.00
	A7. อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอุบัติเหตุมีความเหมาะสม	0.67
	A8. การจัดความสัมพันธ์ระหว่างคนและหุ่นยนต์ถูกต้อง	1.00
	A9. การประชุมกับผู้ที่มีส่วนได้เสีย	0.33
	A10. การประเมินความสามารถในการปรับปรุงและกำหนดเป้าหมายระดับคุณภาพของกระบวนการขนส่ง	1.00
	A11. การออกแบบผังกระบวนการขนส่งและระบบงานขององค์กร	0.67
	A12. การออกแบบระบบงานและผังกระบวนการปฏิบัติงานของหน่วยงาน	0.67
	A13. การปรับปรุงกระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง	1.00
ด้านคุณภาพ (B)	B1. มาตรฐานด้านคุณภาพตามที่กำหนดไว้	1.00
	B2. มาตรฐานที่เกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ หรือไม่ เช่น มาตรฐานทดสอบทางการแพทย์	1.00
	B3. มาตรฐานการตรวจรับ และมาตรฐานของชิ้นส่วน	0.33
	B4. มาตรฐานเกี่ยวกับกระบวนการขนส่งหรือไม่ เช่น มาตรฐานการควบคุมขนส่ง มาตรฐานการผลิต มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงาน	0.67
	B5. มาตรฐานเกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ หรือผลิตภัณฑ์ หรือไม่ เช่น มาตรฐานการทดสอบและตรวจสอบ มาตรฐาน การควบคุมข้อบกพร่องและมาตรฐานการจัดการ	0.67
	B6. การควบคุมไม่ให้เกิดสิ่งผิดปกติในกระบวนการขนส่ง	0.33
	B7. การควบคุมงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน มอก./ISO 13485	0.33
	B8. วิธีควบคุมกระบวนการวัดคุณภาพเหมาะสม	0.67

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการดำเนินงานการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ค่า IOC
ด้านคุณภาพ (B)	B9. มาตรฐาน มอก./ISO 13485	1.00
	B10. GMP	1.00
	B11. การจัดการและวางแผนการขนส่งอย่างรวดเร็ว	0.33
ด้านต้นทุน (C)	C1. การให้เจ้าหน้าที่รับรู้เรื่องต้นทุนของหน่วยงาน	1.00
	C2. การแยกแยะรายการต้นทุน	1.00
	C3. การคำนวณต้นทุนด้านเวลา	1.00
	C4. การคำนวณเรื่องต้นทุนการสูญเสียโอกาส	0.33
	C5. การคำนวณต้นทุนของค่าสถานที่	1.00
	C6. การใช้หลักวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ในการวิเคราะห์คุณสมบัติ ของวัสดุที่จะนำมาผลิตสินค้า	0.33
	C7. การเปลี่ยนวิธีการขนส่งเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและแม่นยำ	0.67
	C8. การจัดการและวางแผนหน่วยงานการจัดเก็บ โดยมีการควบคุมวัสดุคงคลังให้มี ประสิทธิภาพ	0.60
	C9. การทำความสะอาดและบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างถูกต้อง	1.00
	C10. การร่วมมือกันบำรุงรักษาเครื่องมือระหว่างเจ้าหน้าที่ควบคุมหุ่นยนต์ (Machine Operation)	0.33
	C11. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรทำความสะอาดและดูแลเครื่องมือเบื้องต้น	1.00
	C12. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องมือมีการตรวจสอบสภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ	1.00
ด้านการขนส่งหรือส่งมอบ (D)	D1. การวางแผนหน่วยงานไม่เหมาะสม	1.00
	D2. ขาดการจัดระเบียบในการจัดเก็บชิ้นงาน	0.67
	D3. ระยะทางในการขนส่งไกลเกินไป	0.67
	D4. ขาดการดำเนินงานกิจกรรม 5ส	0.33
	D5. เกิดความเสียหายและอุบัติเหตุระหว่างการขนย้าย	0.67
	D6. สูญเสียแรงงานและเวลาในการขนย้าย	0.67
	D7. ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน อุปกรณ์การขนย้าย	1.00
	D8. เสียเวลาในการขนส่ง เนื่องจากระยะทาง อุปกรณ์ เป็นต้น	0.67
	D9. สินค้าเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม	1.00

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการดำเนินงานการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ค่า IOC
ด้านการขนส่งหรือส่งมอบ (D)	D10. เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการขนส่ง	0.67
	D11. การเปลี่ยนอุปกรณ์ในการขนส่งระหว่างช่วงกลางในการขนส่ง	0.33
	D12. ขึ้นส่วนสิ่งส่งตรวจซ้อนกันระหว่างการขนส่ง	1.00
	D13. กระบวนการขนส่งก่อนหน้าและกระบวนการผลิตต่อไปอยู่คนละชั้น	0.33
	D14. การเลือกเครื่องมือในการขนส่งไม่เหมาะสม	1.00
ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย (E)	E1. สภาพแวดล้อมในสถานประกอบการถูกสุขอนามัย	1.00
	E2. การทำกิจกรรม 5ส	1.00
	E3. การจัดการเกี่ยวกับขยะ	1.00
	E4. แสงสว่างทางเดิน	0.33
	E5. การตรวจสอบและหาสาเหตุการเกิดของเสีย	0.33
	E6. การฝึกอบรมเรื่องรักษาสิ่งแวดล้อม	1.00
	E7. การจัดเก็บวัสดุในที่ที่เหมาะสม	1.00
	E8. การกำหนดมาตรฐานการใช้งานและตรวจสอบ	0.33
	E9. การคัดแยกของเสีย	1.00
	E10. การนำของเสียจากกระบวนการหนึ่งมาใช้ประโยชน์	0.33
	E11. อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย	1.00
	E12. การให้ความรู้และอบรมเรื่องความปลอดภัย	1.00
	E13. มาตรฐานด้านความปลอดภัยเพื่อนำมาปฏิบัติ	0.67
	E14. โรงพยาบาลและผู้บริหารให้ความสำคัญต่อความปลอดภัย	1.00
	E15. การทำความสะอาดหน่วยงาน เพื่อจัดระเบียบและดูแลรักษาหน่วยงาน	1.00
	E16. รถขนส่งอัตโนมัติมีการออกแบบเพื่อป้องกันอันตรายในการทำงาน	0.33
	E17. การจัดสภาพแวดล้อมการทำงานอย่างเหมาะสม	0.33
	E18. การปลูกฝังทัศนคติด้านความปลอดภัยให้กับเจ้าหน้าที่ใหม่	1.00
	E19. การตรวจสอบข้อบกพร่องและหาแนวทางป้องกันและแก้ไข	1.00
	E20. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องความปลอดภัยทุกคนในหน่วยงาน	0.67

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการดำเนินงานการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ค่า IOC
ด้านขวัญและกำลังใจ (F)	F1. หน่วยงานมีสภาพแวดล้อมและบรรยากาศในการทำงานที่ดี	1.00
	F2. การระดมสมองเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา	1.00
	F3. หัวหน้างานฟังข้อเสนอแนะจากผู้ใต้บังคับบัญชา	0.67
	F4. การให้เจ้าหน้าที่เสนอข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงสถานที่ทำงาน	1.00
	F5. การทำกิจกรรม QCC เพื่อเพิ่มผลผลิตในสถานประกอบการ	0.33
	F6. ความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าหน้าที่กับผู้ใต้บังคับบัญชาดี	1.00
	F7. เจ้าหน้าที่สนุกกับการทำงานร่วมกันเป็นทีมและมีกำลังใจในการทำงาน	1.00
	F8. การรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน, ช่วยกันแก้ปัญหาในการทำงาน	1.00
	F9. การแสดงออกสีหน้าและท่าทาง เช่น การยิ้มแย้มและสายตาทักทาย	0.67
	F10. การโต้เถียงระหว่างการประชุม	0.33
	F11. การขัดคำสั่ง ปฏิเสธงานที่ได้รับมอบหมาย ไม่เชื่อฟังหัวหน้า	0.33
	F12. สภาพการทำงานเต็มไปด้วยข้อขัดแย้งและมีการกลั่นแกล้งในเรื่องงาน	0.30
	F13. การส่งเจ้าหน้าที่ศึกษาและอบรมเพิ่มความรู้ความสามารถในการทำงาน	1.00
	F14. การเปิดโอกาสให้เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนร่วมในการปรับปรุงงาน	1.00
	F15. สภาพการที่ไม่ปลอดภัยในสถานที่ทำงาน	0.67

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่มีผลต่อการประเมินสมรรถนะการดำเนินงานกระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ มีค่ามากกว่า 0.50 จำนวน 63 ปัจจัยโดยแบ่งเป็น ด้านประสิทธิภาพการผลิต 11 ปัจจัย ด้านคุณภาพ 7 ปัจจัย ด้านต้นทุน 11 ปัจจัย ด้านการขนส่งหรือส่งมอบ 11 ปัจจัย ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย 14 ปัจจัย และด้านขวัญและกำลังใจ 11 ปัจจัย

4.2.2.3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับความตรงเชิงเนื้อหาและเป็นปัจจัยที่สามารถนำมาใช้ประเมินสมรรถนะการดำเนินงานการศึกษากระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ

จากปัจจัยที่มีคะแนนความสอดคล้องมากกว่า 0.50 จากตารางที่ 4.3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแบบสอบถามและนำปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ของตารางที่ 4.3 มาใช้ในการออกแบบ

สอบถาม เพื่อขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการระบบการขนส่งอัตโนมัติต่อปัจจัยต่าง ๆ โดยแบบสอบถามได้ยึดหลักการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจของ Keeney and Raiffa (1976) (รายละเอียดแบบสอบถาม ภาคผนวก ค) ซึ่งค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ตรงและครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 แปลความหมาย คือ มาก และค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่นำไปใช้งานได้จริงมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 แปลความหมาย คือ มาก ดังนั้นปัจจัยจากตารางที่ 4.4 ทั้งหมดเป็นปัจจัยที่ครอบคลุมในแต่ละด้าน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา กระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ตรงและ ครอบคลุม (ค่าเฉลี่ย)	ใช้งานได้ (ค่าเฉลี่ย)
ด้านประสิทธิภาพ การผลิต (A)	A1. อัตราการเดินขนส่ง	3.50	3.67
	A2. การบันทึกข้อมูลสิ่งส่งตรวจจากแพทย์	4.33	4.50
	A4. การปรับปรุงผังหน่วยงานห้องปฏิบัติการ เวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen)	4.50	4.83
	A5. การบันทึกสิ่งส่งตรวจหรือวัสดุอุปกรณ์ทาง การแพทย์	4.17	4.67
	A6. การใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในกระบวนการขนส่งอย่าง เหมาะสม	4.50	4.67
	A7. อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอุบัติเหตุมีความเหมาะสม	3.17	3.33
	A8. การจัดความสัมพันธ์ระหว่างคนและหุ่นยนต์ถูกต้อง	3.67	3.83
	A9. การประชุมกับผู้ที่มีส่วนได้เสีย	4.67	4.33
	A10. การประเมินความสามารถในการปรับปรุงและ กำหนดเป้าหมายระดับคุณภาพของ กระบวนการขนส่ง	4.83	4.33
	A11. การออกแบบผังกระบวนการขนส่งและ ระบบงานขององค์กร	3.33	3.83
	A12. การออกแบบระบบงานและผังกระบวนการ ปฏิบัติงานของหน่วยงาน	4.50	4.50

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา
กระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ตรงและ ครอบคลุม (ค่าเฉลี่ย)	ใช้งานได้ (ค่าเฉลี่ย)
ด้านคุณภาพ (B)	B1. มาตรฐานด้านคุณภาพตามที่กำหนดไว้	4.67	4.83
	B2. มาตรฐานที่เกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์หรือไม่ เช่น มาตรฐานทดสอบทางการแพทย์	4.50	4.50
	B4. มาตรฐานเกี่ยวกับกระบวนการขนส่งหรือไม่ เช่น มาตรฐานการควบคุมขนส่ง มาตรฐานการผลิต มาตรฐานการตรวจสอบชิ้นงาน	4.50	4.67
	B5. มาตรฐานที่เกี่ยวกับตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ หรือผลิตภัณฑ์หรือไม่ เช่น มาตรฐานการทดสอบและตรวจสอบ มาตรฐานการควบคุม ข้อบกพร่องและมาตรฐานการจัดการ	4.50	4.83
	B8. วิธีควบคุมกระบวนการวัดคุณภาพเหมาะสม	4.33	4.17
	B9. มาตรฐาน มอก./ISO 13485	4.67	4.67
	B10. GMP	4.83	4.50
ด้านต้นทุน (C)	C1. การให้เจ้าหน้าที่รับรู้เรื่องต้นทุนของหน่วยงาน	4.67	4.50
	C2. การแยกแยะรายการต้นทุน	4.67	4.67
	C3. การคำนวณต้นทุนด้านเวลา	4.50	4.83
	C5. การคำนวณต้นทุนของค่าสถานที่	3.50	3.33
	C7. การเปลี่ยนวิธีการขนส่งเพื่อให้เกิดความรวดเร็วและแม่นยำ	3.50	3.33
	C8. การจัดการและวางแผนหน่วยงานการจัดเก็บ โดยมี การควบคุมวัสดุคงคลังให้มี ประสิทธิภาพ	4.50	4.83
	C9. การทำความสะอาดและบำรุงรักษาเครื่องมืออย่างถูกต้อง	4.83	4.67
	C10. การร่วมมือกันบำรุงรักษาเครื่องมือระหว่างเจ้าหน้าที่ควบคุมหุ่นยนต์ (Machine Operation)	4.50	4.83
	C11. เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องจักรทำความสะอาดและดูแลเครื่องมือเบื้องต้น	4.83	4.67

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา
กระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ตรงและ ครอบคลุม (ค่าเฉลี่ย)	ใช้งานได้ (ค่าเฉลี่ย)
ด้านการขนส่ง หรือส่งมอบ (D)	D1. การวางแผนหน่วยงานไม่เหมาะสม	4.67	4.67
	D2. ขาดการจัดระเบียบในการจัดเก็บชิ้นงาน	4.50	4.50
	D3. ระยะทางในการขนส่งไกลเกินไป	3.67	3.33
	D5. เกิดความเสียหายและอุบัติเหตุระหว่างการขนย้าย	4.67	4.33
	D14. การเลือกเครื่องมือในการขนส่งไม่เหมาะสม	3.33	3.17
	D6. สูญเสียแรงงานและเวลาในการขนย้าย	3.50	3.33
	D7. ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน อุปกรณ์การขนย้าย	4.50	4.50
	D8. เสียเวลาในการขนส่ง เนื่องจากระยะทาง อุปกรณ์ เป็นต้น	4.50	4.33
	D9. สินค้าเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม	4.33	4.50
	D10. เกิดอุบัติเหตุในระหว่างการขนส่ง	4.50	4.83
	D11. การเปลี่ยนอุปกรณ์ในการขนส่งระหว่างช่วง กลางในการขนส่ง	5.00	4.17
ด้านสภาพแวดล้อม และความปลอดภัย (E)	E1. สภาพแวดล้อมในสถานประกอบการถูกสุขอนามัย	4.50	4.67
	E2. การทำกิจกรรม 5ส	4.50	4.33
	E3. การจัดการเกี่ยวกับขยะ	4.33	4.83
	E6. การฝึกอบรมเรื่องรักษาสภาพแวดล้อม	4.50	4.67
	E7. การจัดเก็บวัสดุในที่ที่เหมาะสม	3.67	3.50
	E9. การคัดแยกของเสีย	4.67	4.33
	E11. อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัย	3.67	3.33
	E12. การให้ความรู้และอบรมเรื่องความปลอดภัย	4.67	4.50
	E13. มาตรฐานด้านความปลอดภัยเพื่อนำมาปฏิบัติ	4.67	4.50
	E15. การทำความสะอาดหน่วยงาน เพื่อจัดระเบียบ และดูแลรักษาหน่วยงาน สภาพแวดล้อมใน สถานประกอบการถูกสุขอนามัย	4.83	4.50

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา
กระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ตรงและ ครอบคลุม (ค่าเฉลี่ย)	ใช้งานได้ (ค่าเฉลี่ย)
ด้านสภาพแวดล้อม และความปลอดภัย (E)	E18. การปลูกฝังทัศนคติด้านความปลอดภัยให้กับ เจ้าหน้าที่ใหม่	3.67	3.50
	E19. การตรวจสอบข้อบกพร่องและหาแนวทาง ป้องกันและแก้ไข	3.83	3.67
	E20. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องความ ปลอดภัยทุกคนในหน่วยงาน	4.67	4.50
ด้านขวัญและ กำลังใจ (F)	F1. หน่วยงานมีสภาพแวดล้อมและบรรยากาศใน การทำงานที่ดี	4.33	4.83
	F2. การระดมสมองเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา	4.67	4.33
	F3. หัวหน้างานฟังข้อเสนอแนะจากผู้ใต้บังคับบัญชา	4.50	4.67
	F4. การให้เจ้าหน้าที่เสนอข้อเสนอแนะเพื่อการ ปรับปรุงสถานที่ทำงาน	4.50	4.67
	F6. ความสัมพันธ์ระหว่างเจ้าหน้าที่กับ ผู้ใต้บังคับบัญชาดี	4.67	4.50
	F7. เจ้าหน้าที่สนุกกับการทำงานร่วมกันเป็นทีมและ มีกำลังใจในการทำงาน	4.50	4.17
	F8. การรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ช่วยกัน แก้ปัญหาในการทำงาน	4.50	4.83
	F9. การแสดงออกสีหน้าและท่าทาง เช่น การยิ้ม แย้มและสายตาทียอมรับ	3.50	3.33
	F13. การส่งเจ้าหน้าที่ศึกษาและอบรมเพิ่มความรู้ ความสามารถในการทำงาน	4.17	4.50
	F14. การเปิดโอกาสให้เจ้าหน้าที่มีส่วนร่วมใน การปรับปรุงงาน	4.50	4.33
	F15. สภาพการที่ไม่ปลอดภัยในสถานที่ทำงาน	3.33	3.50

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ค่าจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญต่อปัจจัยที่ตรงและครอบคลุม และนำไปใช้งาน ต่อการรูปแบบการดำเนินการศึกษาระบบการขนส่งสิ่งส่งตรวจ มีค่ามากกว่า 4.00 จำนวน 48 ปัจจัยโดยแบ่งเป็น ด้านประสิทธิภาพการผลิต 7 ปัจจัย ด้านคุณภาพ 7 ปัจจัย ด้านต้นทุน 8 ปัจจัย ด้านการขนส่งหรือส่งมอบ 8 ปัจจัย ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย 9 ปัจจัย และด้านขวัญและกำลังใจ 9 ปัจจัย

4.2.2.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นปัจจัยที่สามารถนำมาใช้ประเมินสมรรถนะการดำเนินการศึกษาระบบการขนส่งสิ่งส่งตรวจ จากผู้ตอบแบบสอบถาม

ผลของผู้ตอบแบบสอบถามจากผู้ปฏิบัติโดยตรงโดยจำแนกตามประเภทองค์กรดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 จำนวนความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามประเภทของหน่วยงาน

หน่วยงาน	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
หน่วยทะเบียนกลาง	119	47.4
หน่วยเคมีคลินิก	64	25.5
หน่วยภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิก	34	13.5
หน่วยจุลทรรศน์วินิจฉัย	17	6.8
หน่วยจุลชีววิทยาคลินิก	12	4.8
ผู้บริหารระดับสูง	5	2.0
รวม	251	100

จากตารางที่ 4.5 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นหน่วยทะเบียนกลางจำนวน 119 ราย คิดเป็นร้อยละ 47.4 ลำดับที่สองเป็นหน่วยเคมีคลินิกจำนวน 64 ราย คิดเป็นร้อยละ 25.2 ลำดับที่สามเป็นหน่วยภูมิคุ้มกันวิทยาคลินิกจำนวน 34 ราย คิดเป็นร้อยละ 13.5 ลำดับที่สี่เป็นหน่วยจุลทรรศน์วินิจฉัยจำนวน 17 ราย คิดเป็นร้อยละ 6.8 ลำดับที่ห้าเป็นหน่วยจุลชีววิทยาคลินิก จำนวน 12 ราย คิดเป็นร้อยละ 4.8 และลำดับที่หกผู้บริหารระดับสูงจำนวน 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 2.0

4.2.3 ผลความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยความต้องการอุปกรณ์หรือนวัตกรรมเทคโนโลยีที่ช่วยในกระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ

4.2.3.1 ผลการรวบรวมคำแสดงความรู้สึก จากการค้นหา รวบรวม คัดเลือกคำคุณศัพท์ (Adjective) ที่แสดงถึงความรู้สึกต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับการรับรู้ได้ถึงรูปแบบของรถขนส่งอัตโนมัติ รถขนส่งอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ทำการค้นหาและรวบรวม ดังแสดงตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการรวบรวมคำคุณศัพท์ที่ทำการรวบรวมจากวารสาร งานโฆษณา ที่เกี่ยวกับรถขนส่งอัตโนมัติ

ลำดับ	คำแสดงความรู้สึก	ลำดับ	คำแสดงความรู้สึก
1	Artificial (ประดิษฐ์ขึ้น)	22	Harmony (กลมกลืน)
2	Attractive (มีเสน่ห์)	23	Hi-tech (ทันสมัยเทคโนโลยี)
3	Beautiful (สวย)	24	Inert (สงบ)
4	Big (ใหญ่)	25	Luxury (หรูหรา)
5	Bright (สว่าง)	26	Masculine (ดูเป็นผู้ชาย)
6	Clean (สะอาด)	27	Minimalist (น้อยชิ้น)
7	Clear (ชัดเจน)	28	Modern (ทันสมัย)
8	Comfort (สบาย)	29	Natural (ธรรมชาติ)
9	Common (ดูร่วมกัน)	30	New (ใหม่)
10	Compact (กะทัดรัด)	31	Outstanding (โดดเด่น)
11	Complex (ซับซ้อน)	32	Plain (เรียบ)
12	Contemporary (ร่วมสมัย)	33	Present (เป็นปัจจุบัน)
13	Convenient (สะดวก)	34	Rectangular (เหลี่ยม)
14	Curve (โค้ง)	35	Simple (เรียบง่าย)
15	Different (แตกต่าง)	36	Stable (มั่นคง)
16	Drab (ทึบ)	37	Strong (แข็งแรง)
17	Durable (ทนทาน)	38	Tidy (ระเบียบ)
18	Feminine (ดูเป็นผู้หญิง)	39	Transparent (โปร่ง)
19	Finely (ประณีต)	40	Trendy (ตามกระแส)
20	Fresh (สดใส)	41	Warm (อบอุ่น)
21	Glossy (มันวาว)	42	Wide (กว้าง)

จากตารางที่ 4.6 เป็นขั้นตอนการค้นหา รวบรวม คัดเลือกคำคุณศัพท์ (Adjective) ที่แสดงถึงความรู้สึกต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับการรับรู้ได้ถึงรูปแบบของรถขนส่งอัตโนมัติ โดยผู้วิจัยได้ทำการค้นหารวบรวม และคัดเลือกคำคุณศัพท์จากสื่อต่าง ๆ ได้แก่ สื่อสิ่งพิมพ์ นิตยสาร อินเทอร์เน็ต บทความงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถรวบรวมคำคุณศัพท์ที่มีความสอดคล้องกับขอบเขตของรถขนส่งอัตโนมัติ ได้จำนวนมาก แต่คำคุณศัพท์บางคำที่มีความหมายซ้ำซ้อนกันอย่างชัดเจนได้ถูกตัดออกไปเพื่อลดจำนวนลง สุดท้ายคำคุณศัพท์แสดงความรู้สึกที่คัดเลือกได้เบื้องต้นมีทั้งหมด 42 คำ

4.2.3.2 ผลการประเมินค่าแสดงความรู้สึกที่ได้คัดเลือกมาผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ การออกแบบระบบการขนส่งอัตโนมัติผู้วิจัยได้ทำแบบประเมินให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าดัชนีความสอดคล้องของค่าแสดงความรู้สึก

ลำดับ	ค่าแสดงความรู้สึก	ค่า IOC
1	Durable (ทนทาน)	1.00
2	Strong (แข็งแรง)	1.00
3	Beautiful (สวย)	0.92
4	Clean (สะอาด)	0.92
5	Compact (กะทัดรัด)	0.92
6	Convenient (สะดวก)	0.92
7	Hi-tech (ทันสมัย)	0.92
8	Modern (ทันสมัย)	0.92
9	Stable (มั่นคง)	0.92
10	Clear (ชัดเจน)	0.83
11	Different (แตกต่าง)	0.83
12	Outstanding (โดดเด่น)	0.83
13	Artificial (ประดิษฐ์ขึ้น)	0.75
14	Glossy (มันวาว)	0.75
15	New (ใหม่)	0.67
16	Simple (เรียบง่าย)	0.58
17	Luxury (หรูหรา)	0.33
18	Attractive (มีเสน่ห์)	0.08
19	Big (ใหญ่)	-0.25
20	Bright (สว่าง)	-0.33
21	Contemporary (ร่วมสมัย)	-0.33
22	Common (ดูร่วมกัน)	-0.50
23	Complex (ซับซ้อน)	-0.67
24	Finely (ประณีต)	-0.67
25	Comfort (สบาย)	-0.75
26	Curve (โค้ง)	-0.75
27	Drab (ทึบ)	-0.83
28	Feminine (ดูเป็นผู้หญิง)	-1.00

ตารางที่ 4.7 ค่าดัชนีความสอดคล้องของคำแสดงความรู้สึก (ต่อ)

ลำดับ	คำแสดงความรู้สึก	ค่า IOC
27	Drab (ทึบ)	-0.83
28	Feminine (ดูเป็นผู้หญิง)	-1.00
29	Fresh (สดใ)	-1.00
30	Harmony (กลมกลืน)	-1.00
31	Inert (สงบ)	-1.00
32	Masculine (ดูเป็นผู้ชาย)	-1.00
33	Minimalist (น้อยชิ้น)	-1.00
34	Natural (ธรรมชาติ)	-1.00
35	Plain (เรียบ)	-1.00
36	Present (เป็นปัจจุบัน)	-1.00
37	Rectangular (เหลี่ยม)	-1.00
38	Tidy (ระเบียบ)	-1.00
39	Transparent (โปร่ง)	-1.00
40	Trendy (ตามกระแส)	-1.00
41	Warm (อบอุ่น)	-1.00
42	Wide (กว้าง)	-1.00

จากตารางที่ 4.7 การประเมินด้วยเทคนิคการหาค่าดัชนีความสอดคล้องได้ผลการประเมินคือคำคุณศัพท์ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 มีจำนวน 16 คำ คำที่ไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 26 คำ จากคำคุณศัพท์ 16 คำที่ผ่านเกณฑ์ ทีมงานออกแบบพิจารณาว่าคำคุณศัพท์ Durable (ทนทาน) และ Strong (แข็งแรง) มีความหมายคล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงรวมกันและใช้ Durability (ความคงทน) เป็นคำแทน เมื่อพิจารณาถึงคำคุณศัพท์ที่ใช้แสดงความรู้สึกของการใช้งานรถขนส่งอัตโนมัติ ที่สอดคล้องกับแนวทางการออกแบบระบบการขนส่งอัตโนมัติทีมงานออกแบบจึงได้ทบทวน คัดเลือกและเพิ่มเติมคำคุณศัพท์ที่สื่อถึงรถขนส่งอัตโนมัติ นอกเหนือจากที่รวบรวมมาขึ้นต้น จำนวน 2 คำ ได้แก่ Innovation (นวัตกรรม) และ Flexible (ยืดหยุ่น) และได้ตัดคำที่ไม่สอดคล้องกับแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ออกให้เหลือคำคุณศัพท์แสดงความรู้สึกที่ผ่านการคัดเลือกมีทั้งหมด 13 คำ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 คำคุณศัพท์แสดงความรู้สึกที่ผ่านการคัดเลือกจากทีมงานนักออกแบบระบบอัตโนมัติ

ลำดับ	คำแสดงความรู้สึก
1	Durability (ความคงทน)
2	Beautiful (สวย)
3	Clean (สะอาด)
4	Compact (กะทัดรัด)
5	Convenient (สะดวก)
6	Stable (มั่นคง)
7	Clear (ชัดเจน)
8	Different (แตกต่าง)
9	Outstanding (โดดเด่น)
10	Artificial (ประดิษฐ์ขึ้น)
11	New (ใหม่)
12	Innovation (นวัตกรรม)
13	Flexible (ยืดหยุ่น)

4.2.3.3 ผลการสังเคราะห์ปัจจัยการออกแบบนวัตกรรมรถขนส่งอัตโนมัติ จากแบบสอบถาม และการสัมภาษณ์

1) ผลที่ได้จากการแปลงและเรียบเรียงเสียงของผู้ปฏิบัติงานโดยตรงให้อยู่ในรูปความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย แสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.9 ผลการแปลงและเรียบเรียงเสียงของผู้มีส่วนได้เสีย

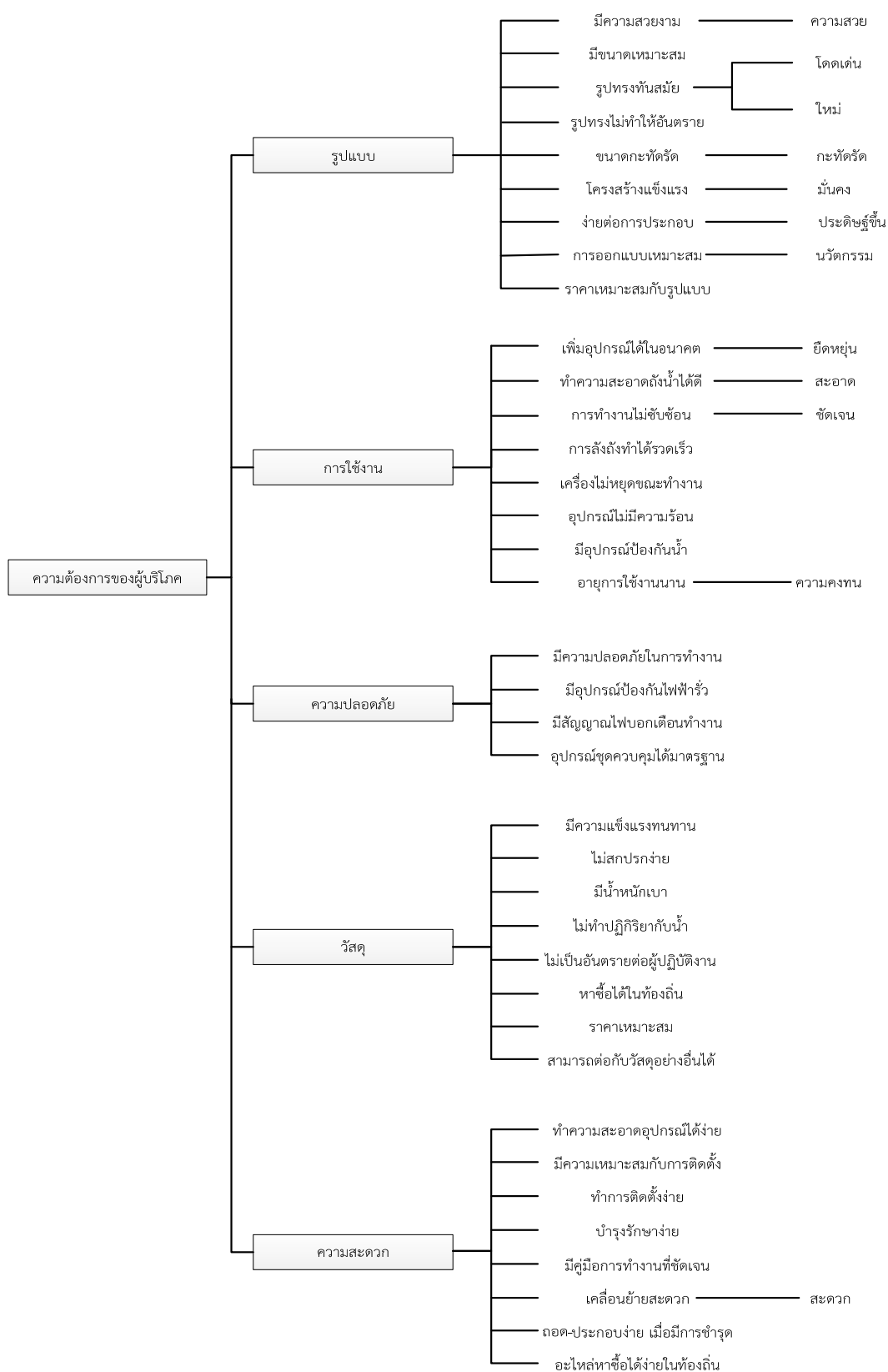
ความต้องการ	จัดเรียงถ้อยคำใหม่	ความต้องการ	จัดเรียงถ้อยคำใหม่
รูปแบบทันสมัย	รูปแบบทันสมัย	วัสดุที่ใช้ต้องมีคุณภาพ	วัสดุมีคุณภาพ
ทันสมัยยาวนาน		วัสดุที่ใช้ต้องไม่เป็นสนิม	
มีรูปแบบทันสมัย		ใช้วัสดุที่มีคุณภาพทั้งหมด	
ดีไซน์ทันสมัย		วัสดุต้องมีความแข็งแรง	
ไม่ล้าสมัย		วัสดุใช้แล้วไม่เสื่อมสภาพ	
ดูแลทันสมัยตลอดเวลา		วัสดุไม่เสื่อมสภาพเร็ว	
ความละเอียดเรียบร้อย	มีความละเอียดเรียบร้อย	วัสดุต้องทนทาน	
งานต้องละเอียด		วัสดุไม่ชำรุดง่าย	
สินค้าต้องละเอียด		วัสดุทนทานการใช้งาน	
ชิ้นงานต้องเรียบร้อย		มีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป	มีขนาดเหมาะสม

ตารางที่ 4.9 ผลการแปลงและเรียบเรียงเสียงของผู้มีส่วนได้เสีย (ต่อ)

ความต้องการ	จัดเรียงถ้อยคำใหม่	ความต้องการ	จัดเรียงถ้อยคำใหม่
ไม่แข็งแรง	มีความแข็งแรง ทนทาน	ไม่ใหญ่หรือเล็กจนเกินไป	มีขนาด เหมาะสม
สามารถรับน้ำหนักได้		มีขนาดพอเหมาะสม	
นานไปรูปทรงไม่เปลี่ยน		ขนาดกะทัดรัด	
หนาแน่นมั่นคง		ขนาดต้องประหยัดพื้นที่	
ไม่เสียรูปทรง		ขนาดไม่ใหญ่มาก	
การเคลื่อนย้ายต้องแข็งแรง		รูปทรงเหมาะแก่การใช้งาน	
ค่อนข้างใช้ได้นาน		มีความสวยงาม	มีความสวยงาม
มีอายุทำงานได้ 10 ปี		มีดีไซน์สวย	
ใช้งานได้หลายสิบปี		สวยงามมีสไตล์	
อายุการใช้งานนานมากขึ้น		มีความสวยงาม	
ไม่เสียง่าย		มีความสวยงาม	
เครื่องต้องมีน้ำหนักเบา	น้ำหนักเหมาะสม	ทำความสะอาดง่าย	ทำความสะอาด ง่าย
มีน้ำหนักเบา		สามารถทำความสะอาดได้ดี	
มีน้ำหนักไม่มากจนเกินไป		ง่ายต่อการทำความสะอาด	
ไม่ควรมีน้ำหนักมาก		ดูแลรักษาง่าย	
		สะดวกต่อการทำความสะอาด	
ใช้งานได้สะดวกไม่ติดขัด	ใช้งานได้สะดวก	ราคาปานกลาง	ราคาเหมาะสม
สามารถใช้งานได้ดี		ราคาไม่แพง	
เปิด-ปิดง่ายสะดวกต่อการใช้งาน		ราคาค่อนข้างถูก	
		ราคาเหมาะสม	
		ราคาน่าจะถูก	
		ราคาต่ำกว่าในตลาด	

จากตารางที่ 4.9 ผู้วิจัยได้ส่งแบบสอบถามไปยังผู้มีส่วนได้เสียสิ่งส่งตรวจภายในหน่วยงานภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) และจากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงานต่อความต้องการที่ได้เป็นถ้อยคำจากการสำรวจหรือเสียงความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียนำมาจัดเรียงถ้อยคำใหม่ ซึ่งจากข้อมูลความต้องการของออกแบบนวัตกรรมรถขนส่งอัตโนมัติ อาจจะไม่เป็นภาษาที่เป็นทางการหรือไม่ได้ผ่านการกลั่นกรอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดเรียงถ้อยคำใหม่ (Reword Data)

2) ผลจากการสังเคราะห์ข้อมูลปัจจัยในการออกแบบที่ได้จากเทคนิควิศวกรรมคันเซ มาวิเคราะห์รวมความต้องการที่คล้ายกันและซ้ำซ้อนกัน และแบ่งกลุ่มได้ผลดังแสดงใน ภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แผนผังต้นไม้คุณลักษณะของรถขนส่งอัตโนมัติ

จากภาพที่ 4.1 ผู้วิจัยนำคำคุณศัพท์แสดงความรู้สึกที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญและที่ได้จากเทคนิควิศวกรรมคันเซ มาวิเคราะห์รวมความต้องการที่คล้ายกันและซ้ำซ้อนเข้าด้วยกันโดยใช้แผนผังต้นไม้ Tree Diagram โดยให้ผู้เกี่ยวข้องแต่ละท่านร่วมกันพิจารณาความเหมาะสมในการจัดหมวดหมู่ปัจจัย ซึ่งในแต่ละหมวดหมู่ประกอบด้วยปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

3) ผลจากการสังเคราะห์จัดกลุ่มของปัจจัยในการออกแบบที่ได้จากผู้มีส่วนได้เสียสิ่งส่งตรวจ ภายในหน่วยงานภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) และนำคำคุณศัพท์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาแบ่งกลุ่ม ซึ่งผลได้แสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการจัดกลุ่มปัจจัยที่ผลต่อการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติจากผู้เชี่ยวชาญ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
รูปแบบ	1. มีความสวยงาม
	2. มีขนาดเหมาะสม
	3. รูปทรงทันสมัย
	4. มีขนาดกะทัดรัด
	5. รูปทรงไม่ทำให้เกิดอันตราย
	6. โครงสร้างแข็งแรง
	7. ง่ายต่อการประกอบ
	8. การออกแบบเหมาะสม
	9. ราคาเหมาะสมกับรูปแบบ
การใช้งาน	1. เพิ่มอุปกรณ์ได้ในอนาคต
	2. ทำความสะอาดถึงน้ำได้ดี
	3. การทำงานไม่ซับซ้อน
	4. การล้างถึงทำได้รวดเร็ว
	5. เครื่องไม่หยุดขณะทำงาน
	6. อุปกรณ์ไม่มีความร้อน
	7. มีอุปกรณ์ป้องกันน้ำ
	8. อายุการใช้งานนาน
ความปลอดภัย	1. มีความปลอดภัยในการทำงาน
	2. มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว
	3. มีสัญญาณไฟบอกเตือนเวลาทำงาน
	4. อุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน

ตารางที่ 4.10 ผลการจัดกลุ่มปัจจัยที่ผลต่อการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติจากผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง
วัสดุ	1. มีความแข็งแรงทนทาน
	2. ไม่สกปรกง่าย
	3. มีน้ำหนักเบา
	4. ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ
	5. ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน
	6. ราคาเหมาะสม
	7. หาซื้อได้ในท้องถิ่น
	8. สามารถต่อกับวัสดุอย่างอื่นได้
ความสะดวก	1. ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย
	2. มีความเหมาะสมกับตำแหน่งที่ติดตั้ง
	3. ทำการติดตั้งง่าย
	4. บำรุงรักษาง่าย
	5. มีคู่มือการทำงานที่ชัดเจน
	6. เคลื่อนย้ายสะดวก
	7. ถอด-ประกอบง่าย เมื่อมีอุปกรณ์ชำรุด
	8. อะไหล่หาซื้อได้ง่ายในท้องถิ่น

จากตารางที่ 4.10 ผู้วิจัยได้นำเทคนิคเพื่อการตัดสินใจแบบกลุ่ม Nominal Group Technique (NGT) มาช่วยในการตัดสินใจและจัดกลุ่มปัจจัยต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) และให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มสรุปการจัดกลุ่มปัจจัย ซึ่งผลที่ได้จากการจัดกลุ่มของปัจจัยสามารถแบ่งได้ 5 กลุ่มคือ ด้านรูปแบบ มีปัจจัย 9 ข้อ ด้านการใช้งานมีปัจจัย 8 ข้อ ด้านความปลอดภัยมีปัจจัย 4 ข้อ ด้านวัสดุมีปัจจัย 8 ข้อและ ด้านความสะดวกมีปัจจัย 8 ข้อ

4) ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากผู้เชี่ยวชาญ ผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ตรงและครอบคลุม (ค่าเฉลี่ย)	ใช้งานได้ (ค่าเฉลี่ย)
รูปแบบ	1. มีความสวยงาม	4.25	4.13
	2. มีขนาดเหมาะสม	4.13	3.75
	3. โครงสร้างแข็งแรง	4.63	4.50
	4. ไม่เป็นสนิม	4.88	4.00
	5. การออกแบบเหมาะสม	4.13	4.63
	6. ราคาเหมาะสม	4.38	4.13
การใช้งาน	1. มีความแน่นยำ	4.13	4.50
	2. ใช้งานได้ไม่ยุ่งยาก	4.38	4.25
	3. อุปกรณ์ไม่มีความร้อน	4.63	4.50
	4. มีระบบกลไกไม่ซับซ้อน	4.88	4.00
	5. อายุการใช้งานนาน	4.25	4.63
ความปลอดภัย	1. มีความปลอดภัยในการทำงาน	4.13	4.50
	2. มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	4.38	4.50
	3. มีสัญญาณไฟบอกเตือนเวลาทำงาน	4.38	4.13
	4. อุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	4.38	4.25
วัสดุ	1. มีความแข็งแรงทนทาน	4.25	4.50
	2. ไม่สกปรกง่าย ไม่เป็นสนิม	4.38	4.50
	3. ไม่ทำปฏิกิริยาอากาศ	4.13	4.38
	4. ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	4.25	4.13
	5. หาซื้อได้ในท้องถิ่น	4.88	4.00
ความสะดวก	1. ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย	4.25	4.50
	2. บำรุงรักษาง่าย	4.38	4.00
	3. มีคู่มือการทำงานที่ชัดเจน	4.25	4.13
	4. เคลื่อนย้ายสะดวก	4.63	4.50
	5. ถอด-ประกอบง่าย เมื่อมีอุปกรณ์ชำรุด	4.88	4.00

จากตารางที่ 4.11 ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามและนำปัจจัยที่ได้จากการสังเคราะห์ของขั้นตอนที่ 3 มาใช้ในการออกแบบสอบถาม เพื่อขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือสิ่งประดิษฐ์ต่อปัจจัยต่าง ๆ โดยแบบสอบถามได้ยึดหลักการ

กำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจของ Keeney and Raiffa (1976) ซึ่งค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่ตรงและครอบคลุมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 แปลความหมาย คือ มาก และค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่นำไปใช้งานได้จริงมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4 แปลความหมาย คือ มาก ดังนั้นปัจจัยจากตารางที่ 4.11 ทั้งหมดเป็นปัจจัยที่ครอบคลุมในแต่ละด้านและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

4.2.3.4 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยการออกแบบนวัตกรรมรถขนส่งอัตโนมัติจากแบบสอบถามการให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ เมื่อได้ปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ ที่มีคุณสมบัติตรงและครอบคลุมและเป็นองค์ประกอบของปัจจัยรองแล้ว สร้างแบบสอบถามการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสำคัญต่อการประเมินปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน นำแบบสอบถามมาประมวลผลโดยใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป วิชูริย์ ตันศิริคงคล (2556) กล่าวถึงว่า Expert Choice เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและแม่นยำ เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจะทำให้ทราบถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยและอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของผู้ตัดสินใจแต่ละคน ซึ่งหากมีค่าไม่เกิน 0.10 ถือว่ายอมรับได้

สำหรับการให้ค่าน้ำหนักจะเปรียบเทียบเป็นคู่ ๆ (Pairwise Comparison) โดยจะเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยหลักก่อน แล้วจึงทำการเปรียบเทียบปัจจัยรองตามลำดับ ซึ่งในผลการทดลองส่วนนี้จะแสดงการให้ค่าน้ำหนักของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในส่วนของปัจจัยหลักและปัจจัยรองตามลำดับ และจะสรุปค่าน้ำหนักของปัจจัยโดยเปรียบเทียบกันทุกปัจจัย เพื่อนำไปคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญ 3 ลำดับแรก เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติต่อไป

ตารางที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลัก

ผู้ให้น้ำหนัก ความสำคัญ	ปัจจัยหลัก					อัตราส่วนความ ไม่สอดคล้อง
	รูปแบบ	การใช้งาน	วัสดุ	ความสะดวก	ความปลอดภัย	
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.130	0.578	0.176	0.070	0.046	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.104	0.620	0.159	0.069	0.048	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.089	0.582	0.203	0.076	0.050	0.05
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.159	0.458	0.275	0.054	0.054	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.135	0.497	0.241	0.057	0.070	0.08
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.185	0.373	0.289	0.058	0.095	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.162	0.442	0.277	0.052	0.067	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.174	0.449	0.229	0.057	0.091	0.08
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.127	0.580	0.176	0.065	0.052	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.180	0.373	0.294	0.050	0.103	0.07
ค่าเฉลี่ย	0.145	0.495	0.232	0.061	0.068	0.07

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแต่ละปัจจัยหลัก เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักของปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากโปรแกรม Expert Choice จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของปัจจัย Inconsistency Ratio CR=0.07 น้อยกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านการใช้งาน มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.495 ลำดับต่อมาคือค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านวัสดุ มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.232 ลำดับต่อมาคือค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านรูปแบบ มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.145 ลำดับต่อมาคือค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านความปลอดภัย มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.068 และลำดับสุดท้ายคือค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านความสะดวก มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.068

ตารางที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยหลัก	น้ำหนักความสำคัญ (%)	น้ำหนักความสำคัญสะสม (%)
ด้านการใช้งาน	49.50	49.50
ด้านวัสดุ	23.20	72.70
ด้านรูปแบบ	14.50	87.20
ด้านความปลอดภัย	6.80	94.00
ความสะดวก	6.10	100

จากตารางที่ 4.13 พบว่าปัจจัยหลักด้านการใช้งานมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด เท่ากับ 49.50 เปอร์เซ็นต์ ลำดับที่สองปัจจัยหลักด้านวัสดุ มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 23.20% ลำดับที่สาม ปัจจัยหลักด้านรูปแบบมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 14.50% ลำดับที่สี่ ปัจจัยหลักด้านความปลอดภัย มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 6.80% และลำดับที่ห้าปัจจัยหลักด้านความสะดวก มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 6.10%

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแต่ละปัจจัยรองด้านรูปแบบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักของปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากโปรแกรม Expert Choice จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของปัจจัย Inconsistency Ratio CR=0.07 น้อยกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยรองคือปัจจัยโครงสร้าง แข็งแรงมีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.451 ลำดับที่สองคือค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยย่อยต่อการประกอบมีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.194 และลำดับที่สามคือค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยมีขนาดเหมาะสม มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.173

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านรูปแบบ

ผู้ให้น้ำหนัก ความสำคัญ	ปัจจัยหลักด้านรูปแบบ						อัตราส่วนความ ไม่สอดคล้อง
	มีความสวยงาม	มีขนาดเหมาะสม	โครงสร้างแข็งแรง	ง่ายต่อการประกอบ	การออกแบบเหมาะสม	ราคาเหมาะสม	
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.039	0.150	0.584	0.150	0.041	0.036	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.038	0.148	0.566	0.152	0.060	0.036	0.08
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.043	0.167	0.477	0.205	0.063	0.045	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.050	0.182	0.433	0.214	0.073	0.048	0.05
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.059	0.165	0.400	0.252	0.077	0.047	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.047	0.116	0.422	0.246	0.122	0.047	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.141	0.234	0.356	0.172	0.059	0.038	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.123	0.188	0.353	0.231	0.063	0.042	0.08
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.040	0.146	0.566	0.152	0.065	0.031	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.140	0.235	0.356	0.170	0.061	0.038	0.07
ค่าเฉลี่ย	0.072	0.173	0.451	0.194	0.068	0.041	0.07

ตารางที่ 4.15 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักด้านรูปแบบในการออกแบบรถขนส่ง
อัตโนมัติ

ปัจจัยด้านรูปแบบ	น้ำหนักความสำคัญ (%)	น้ำหนักความสำคัญสะสม (%)
โครงสร้างแข็งแรง	45.10	45.10
ง่ายต่อการประกอบ	19.40	64.50
มีขนาดที่เหมาะสม	17.30	81.80
มีความสวยงาม	7.20	89.00
การออกแบบเหมาะสม	6.80	95.80
ราคาเหมาะสม	4.10	100

จากตารางที่ 4.15 พบว่าปัจจัยด้านโครงสร้างแข็งแรงมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด เท่ากับ 45.10 เปอร์เซ็นต์ ลำดับที่สองปัจจัยด้านง่ายต่อการประกอบ มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 19.40% และลำดับที่สาม ปัจจัยด้านมีขนาดเหมาะสมมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 17.30%

ตารางที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านการใช้งาน

ผู้ให้น้ำหนัก ความสำคัญ	ปัจจัยด้านการใช้งาน					อัตราส่วนความไม่ สอดคล้อง
	มีความแม่นยำ	มีระบบป้องกันการชน	ใช้พลังด้วยแปดเตอร์รี่	โครงสร้างมีน้ำหนักเบา	ระบบมีความยืดหยุ่น	
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.471	0.213	0.046	0.029	0.241	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.320	0.251	0.070	0.039	0.320	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.377	0.179	0.065	0.042	0.337	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.464	0.277	0.065	0.035	0.159	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.468	0.246	0.066	0.037	0.183	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.382	0.317	0.065	0.041	0.195	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.409	0.298	0.067	0.046	0.180	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.382	0.317	0.065	0.041	0.195	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.468	0.246	0.060	0.041	0.185	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.460	0.254	0.064	0.035	0.187	0.06
ค่าเฉลี่ย	0.420	0.260	0.063	0.039	0.218	0.06

จากตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแต่ละปัจจัยด้านรูปแบบ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักของปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากโปรแกรม Expert Choice จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของปัจจัย Inconsistency Ratio $CR=0.06$ น้อยกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยด้านความแม่นยำ น้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.420 ลำดับที่สองคือปัจจัยระบบป้องกันการชน น้ำหนัก เท่ากับ 0.260 และลำดับที่สามคือปัจจัยมีความยืดหยุ่น มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.218

ตารางที่ 4.17 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านการใช้งานในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยด้านการใช้งาน	น้ำหนักความสำคัญ (%)	น้ำหนักความสำคัญสะสม (%)
มีความแม่นยำ	42.00	42.00
มีระบบป้องกันการชน	26.00	68.00
ระบบมีความยืดหยุ่น	21.80	89.80
โครงสร้างมีน้ำหนักเบา	6.30	96.10
ใช้พลังงานแบตเตอรี่	3.90	100

จากตารางที่ 4.17 พบว่าปัจจัยด้านมีความแม่นยำมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดเท่ากับ 42.00% ลำดับที่สองปัจจัยมีระบบป้องกันการชน มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 26.00% และลำดับที่สาม ระบบมีความยืดหยุ่นมี ค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 21.80%

ตารางที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านความปลอดภัย

ผู้ให้น้ำหนัก ความสำคัญ	ปัจจัยด้านความปลอดภัย				อัตราส่วน ความไม่สอดคล้อง
	มีความปลอดภัยในการทำงาน	มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	มีสัญญาณไฟเตือนเวลาทำงาน	อุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.059	0.453	0.125	0.363	0.03
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.592	0.249	0.054	0.105	0.05
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.625	0.180	0.043	0.152	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.565	0.262	0.055	0.118	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.520	0.134	0.051	0.295	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.569	0.173	0.045	0.213	0.08
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.432	0.303	0.061	0.204	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.401	0.318	0.054	0.227	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.590	0.251	0.054	0.105	0.05
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.565	0.177	0.042	0.216	0.08
ค่าเฉลี่ย	0.492	0.250	0.058	0.200	0.06

จากตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแต่ละปัจจัยด้านการใช้งาน เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักของปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากโปรแกรม Expert Choice จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของปัจจัย Inconsistency Ratio CR=0.06 น้อยกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยด้านความปลอดภัยในการทำงาน มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.492 ลำดับที่สองคือปัจจัยมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.250 และลำดับที่สามคือปัจจัยอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.200

ตารางที่ 4.19 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านความปลอดภัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยด้านความปลอดภัย	น้ำหนักความสำคัญ (%)	น้ำหนักความสำคัญสะสม (%)
มีความปลอดภัยในการทำงาน	49.20	49.20
มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	25.00	74.20
มีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	20.00	94.20
มีสัญญาณไฟเตือนเวลาทำงาน	5.80	100

จากตารางที่ 4.19 พบว่าปัจจัยด้านความปลอดภัยในการทำงาน มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด เท่ากับ 49.20% ลำดับที่สองปัจจัยมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 25.00% และลำดับที่สาม ปัจจัยมีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 20.00%

จากตารางที่ 4.20 แสดงค่าเฉลี่ยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแต่ละปัจจัยด้านวัสดุ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักของปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากโปรแกรม Expert Choice จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของปัจจัย Inconsistency Ratio CR=0.05 น้อยกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยด้านความแข็งแรงทนทาน มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.365 ลำดับที่สองคือปัจจัยวัสดุหาซื้อได้ในท้องถิ่น มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.294 และลำดับที่สามคือปัจจัยไม่สกรปร่ง่าย ไม่เป็นสนิมมีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.215

ตารางที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านวัสดุ

ผู้ให้น้ำหนัก ความสำคัญ	ปัจจัยด้านวัสดุ					อัตราส่วนความ ไม่สอดคล้อง
	มีความแข็งแรง ทนทาน	ไม่สกรปรกง่าย ไม่เป็นสนิม	ไม่ทำปฏิกิริยาอากาศ	ไม่เป็นอันตรายต่อ ผู้ปฏิบัติงาน	หาซื้อได้ในท้องถิ่น	
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.489	0.084	0.102	0.037	0.288	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.425	0.185	0.095	0.041	0.254	0.08
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.384	0.188	0.090	0.038	0.299	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.373	0.190	0.078	0.043	0.316	0.05
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.393	0.207	0.067	0.044	0.289	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.316	0.248	0.069	0.037	0.330	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.313	0.263	0.083	0.045	0.296	0.03
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.321	0.260	0.080	0.048	0.291	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.320	0.261	0.075	0.053	0.291	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.313	0.263	0.083	0.051	0.290	0.03
ค่าเฉลี่ย	0.365	0.215	0.082	0.044	0.294	0.05

ตารางที่ 4.21 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านวัสดุในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยด้านวัสดุ	น้ำหนักความสำคัญ (%)	น้ำหนักความสำคัญสะสม (%)
มีความแข็งแรงทนทาน	36.50	36.50
หาซื้อได้ในท้องถิ่น	29.40	65.90
ไม่สกรปรกง่าย ไม่เป็นสนิม	21.5	87.40
ไม่ทำปฏิกิริยาอากาศ	8.20	95.60
ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	4.40	100

จากตารางที่ 4.21 พบว่าปัจจัยมีความแข็งแรงทนทาน มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด เท่ากับ 36.50% ลำดับที่สองปัจจัยวัสดุหาซื้อง่ายในท้องถิ่น มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 29.40% และลำดับที่สาม ปัจจัยไม่สกรปรกง่ายมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 21.50%

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้านความสะดวก

ผู้ให้น้ำหนัก ความสำคัญ	ปัจจัยด้านความสะดวก					อัตราส่วนความไม่ สอดคล้อง
	ทำความสะดวก อุปกรณ์ได้ง่าย	บำรุงรักษาง่าย	มีคู่มือการทำงานที่ ชัดเจน	เคลื่อนย้ายสะดวก	ถอด-ประกอบง่าย เมื่อมีอุปกรณ์ชำรุด	
ผู้เชี่ยวชาญ 1	0.514	0.249	0.041	0.146	0.050	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 2	0.421	0.324	0.048	0.159	0.048	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 3	0.403	0.287	0.080	0.177	0.053	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 4	0.474	0.225	0.048	0.207	0.046	0.03
ผู้เชี่ยวชาญ 5	0.472	0.227	0.040	0.215	0.046	0.03
ผู้เชี่ยวชาญ 6	0.387	0.281	0.064	0.213	0.055	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 7	0.371	0.275	0.082	0.222	0.050	0.07
ผู้เชี่ยวชาญ 8	0.390	0.280	0.089	0.195	0.046	0.04
ผู้เชี่ยวชาญ 9	0.421	0.32	0.052	0.158	0.049	0.06
ผู้เชี่ยวชาญ 10	0.470	0.215	0.050	0.212	0.053	0.03
ค่าเฉลี่ย	0.432	0.268	0.059	0.190	0.050	0.05

จากตารางที่ 4.22 แสดงค่าเฉลี่ยการเปรียบเทียบน้ำหนักของแต่ละปัจจัยด้านความสะดวก เพื่อนำไปคำนวณหาค่าน้ำหนักของปัจจัยในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ จากโปรแกรม Expert Choice จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยอัตราส่วนความไม่สอดคล้องของปัจจัย Inconsistency Ratio CR=0.05 น้อยกว่า 0.10 ถือว่ายอมรับได้ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของปัจจัยทำความสะดวก อุปกรณ์ได้ง่าย มีค่าน้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 0.432 ลำดับที่สองคือปัจจัยการบำรุงรักษาง่าย มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.268 และลำดับที่สามคือปัจจัยเคลื่อนย้ายสะดวก มีค่าน้ำหนัก เท่ากับ 0.190

ตารางที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของปัจจัยด้านความสะดวก ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ปัจจัยด้านความสะดวก	น้ำหนักความสำคัญ (%)	น้ำหนักความสำคัญสะสม (%)
ทำความสะดวกอุปกรณ์ได้ง่าย	43.20	43.20
การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	26.80	70.00
การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก	19.00	89.00
มีคู่มือการทำงานที่ชัดเจน	5.90	94.90
ถอด-ประกอบง่ายเมื่อมีอุปกรณ์ชำรุด	5.50	100

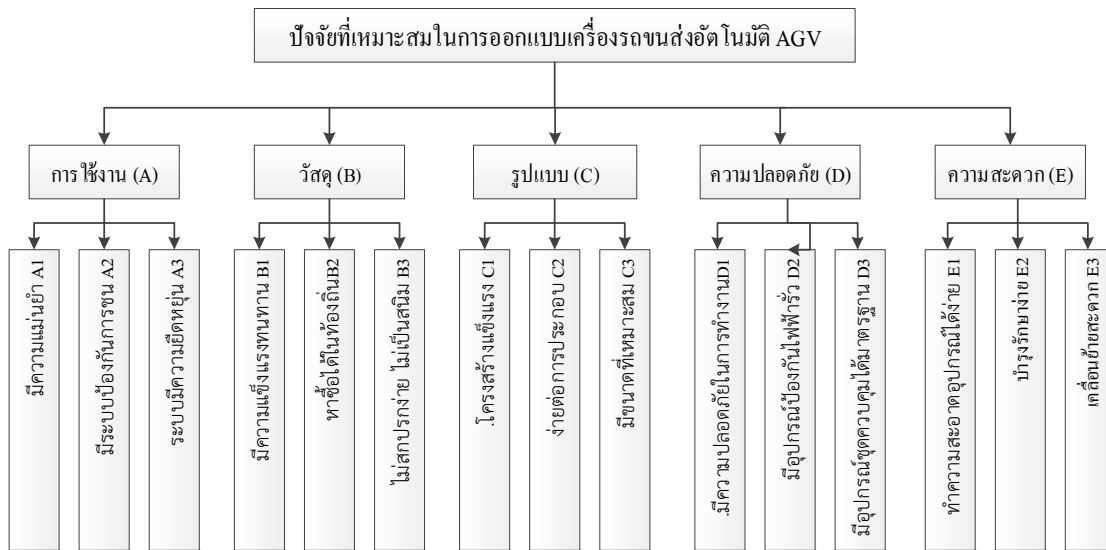
จากตารางที่ 4.23 พบว่าปัจจัยทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่ายมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด เท่ากับ 43.20% ลำดับที่สองปัจจัยการบำรุงรักษาง่าย มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 26.80% และลำดับที่สาม ปัจจัยการเคลื่อนย้ายทำได้สะดวกมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 19.00%

ผลจากค่าคะแนนน้ำหนักของปัจจัยจากโปรแกรม Expert Choice พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของรถขนส่งอัตโนมัติ อันดับแรกดังตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่าคะแนนน้ำหนักของปัจจัยจากโปรแกรม Expert Choice 3 อันดับแรก

ปัจจัยของโปรแกรม	รายการ
การใช้งาน (A)	มีความแม่นยำ
	มีระบบป้องกันการชน
	ระบบมีความยืดหยุ่น
วัสดุ (B)	มีความแข็งแรงทนทาน
	หาซื้อได้ในท้องถิ่น
	ไม่สกปรกง่าย ไม่เป็นสนิม
รูปแบบ (C)	โครงสร้างแข็งแรง
	ง่ายต่อการประกอบ
	มีขนาดที่เหมาะสม
ความปลอดภัย (D)	มีความปลอดภัยในการทำงาน
	มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว
	มีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน
ความสะดวก (E)	ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย
	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย
	การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก

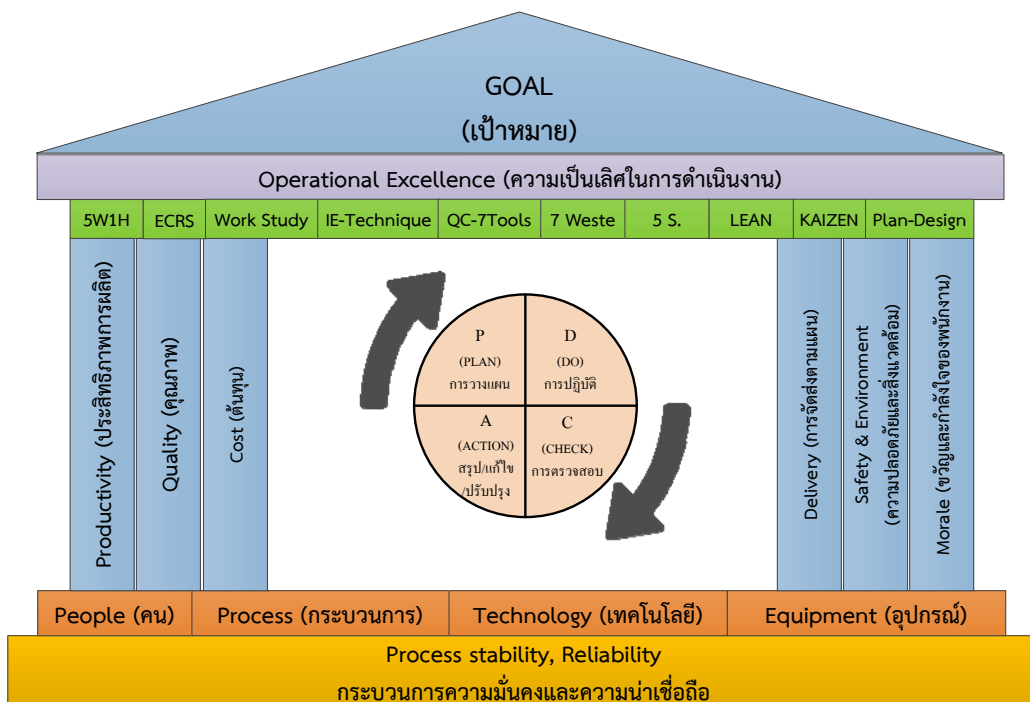
นำปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น AHP คือตารางที่ 4.24 มาใช้ทำแผนภูมิหรือโมเดลปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ ดังแสดงใน ภาพที่ 4.2 เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD ต่อไป



ภาพที่ 4.2 โมเดลปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV

4.3 ผลการพัฒนารูปแบบการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV

ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ มาจัดทำโครงร่างนวัตกรรมการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV ดังแสดงภาพที่ 4.3 และใช้วิธีการประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญได้ร่วมพิจารณาและอภิปรายประเด็น เรื่อง “นวัตกรรมการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV ในการประยุกต์ใช้ ในอุตสาหกรรมทางการแพทย์” เพื่อรับข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่อนวัตกรรมการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV ตามที่ผู้วิจัยได้นำรูปแบบนวัตกรรมการพิจารณา



ภาพที่ 4.3 รูปแบบความเป็นเลิศในการดำเนินงาน การออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV

4.3.1 หลักการของรูปแบบการการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV

จากการสนทนากลุ่มผู้วิจัยได้นำเสนอแนวความคิดของรูปแบบกระบวนการความมั่นคงและความน่าเชื่อถือโดยมีองค์ประกอบของการผลิตครอบคลุมทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านคน (People) ด้านกระบวนการ (Process) ด้านเทคโนโลยี (Technology) และด้านอุปกรณ์ (Equipment) เป็นพื้นฐานของบ้านคุณภาพและรูปแบบการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGVจะประกอบด้วยปัจจัยหลักทั้งหมด 6 ด้าน ดังนี้

4.3.1.1 ด้านประสิทธิภาพการผลิต การออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV จะต้องกำหนดเป้าหมายด้านคุณภาพของตนเอง ดำเนินการออกแบบผังโรงงานและผังกระบวนการขนส่งให้เหมาะสมบันทึกข้อมูลการทำงานของเจ้าหน้าที่เวลาเดิน

4.3.1.2 ด้านคุณภาพ พนักงานต้องมีมาตรฐานด้านคุณภาพ เช่น มาตรฐานการควบคุม มาตรฐานการขนส่ง มาตรฐานการตรวจสอบสิ่งส่งตรวจก่อนส่งถึงห้องปฏิบัติการตรวจสอบ มาตรฐานการควบคุมข้อบกพร่องที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ มีวิธีการกระบวนการวัดคุณภาพที่เหมาะสม

4.3.1.3 ด้านต้นทุน ผู้บริหารจะต้องแยกแยะรายการของต้นทุน เช่น ต้นทุนการผลิตของคน วัตถุดิบ เครื่องมืออุปกรณ์ มีการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน

4.3.1.4 ด้านการขนส่งหรือการส่งมอบ เจ้าหน้าที่จะต้องจัดระเบียบในการจัดเก็บสิ่งส่งตรวจที่ใช้ในการตรวจสอบ เมื่อได้ผลของการตรวจแล้ว เจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูตร (Specimen) ส่งผลให้กับแพทย์ เจ้าหน้าที่มีหน้าเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจอย่างเดียว ให้เหมาะสมลดการใช้ เจ้าหน้าที่อาจจะเกิดความเมื่อยล้าได้ที่เกิดจากการเดินหลาย ๆ รอบ ต่อ วัน

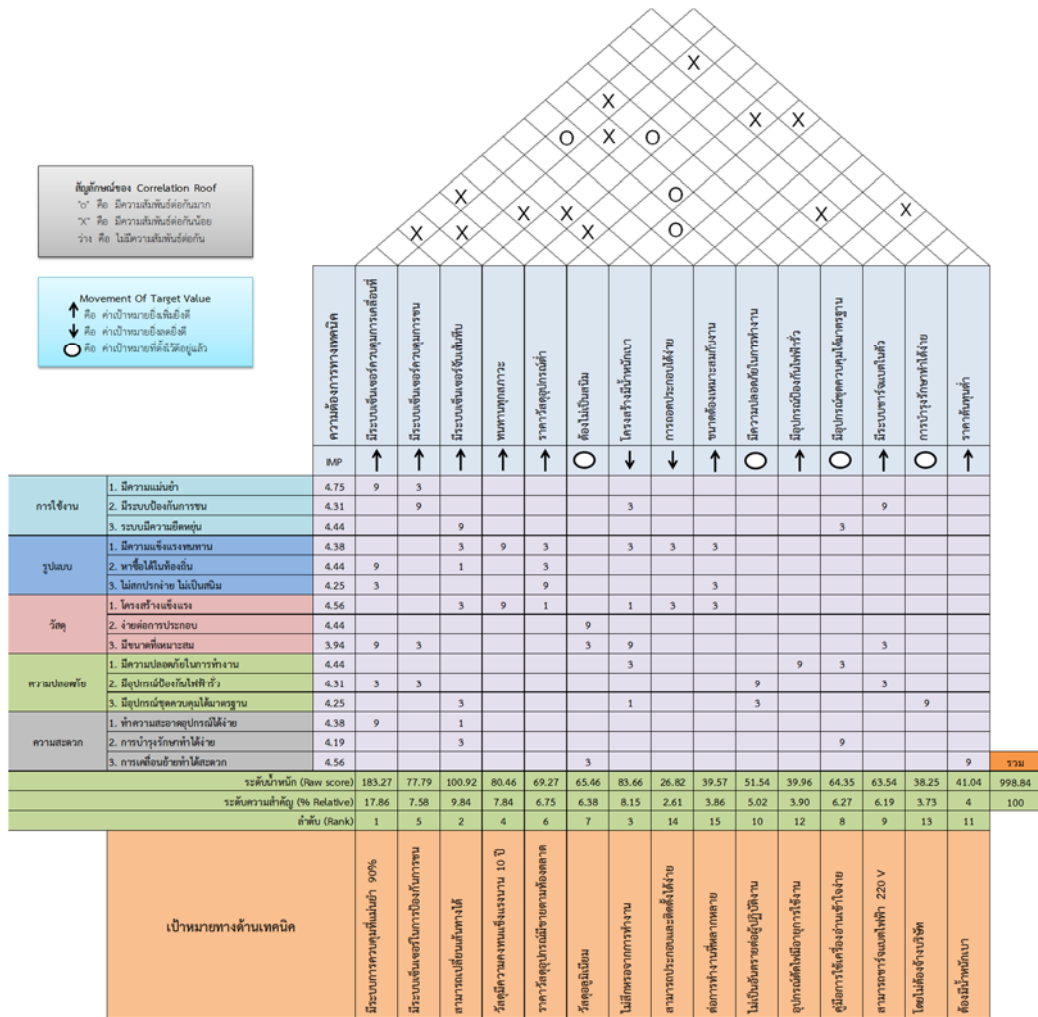
4.3.1.5 ด้านสภาพแวดล้อมและความปลอดภัย เจ้าหน้าที่ จะต้องดำเนินการจัดสภาพแวดล้อมของสถานประกอบการให้ถูกสุขลักษณะ ดำเนินการจัดกิจกรรม 5ส. ให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่เรื่องการรักษาสภาพแวดล้อม มีมาตรฐานความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเจ้าหน้าที่ เกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำงาน

4.3.1.6 ด้านขวัญและกำลังใจเจ้าหน้าที่ใน ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูตร (Specimen) จะต้องสร้างบรรยากาศในการทำงานที่ดี เจ้าหน้าที่และผู้บริหาร มีการระดมสมองเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา มีการฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เจ้าหน้าที่มีความสุขและสนุกกับการทำงานร่วมกัน

4.4 ผลการวิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

4.4.1 การประยุกต์เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD ในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลปัจจัยที่ได้มีการสังเคราะห์แล้วนำมาใช้ในเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) โดยในเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์จะประกอบด้วยเมทริกซ์ย่อย ๆ 6 ส่วน ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างบ้านแห่งคุณภาพจะแสดงใน ภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือบ้านแห่งคุณภาพ

4.4.1.1 การประยุกต์ใช้เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

การนำความต้องการของของเจ้าหน้าที่ (Customer Need) ที่ได้ทำการจัดเรียงถ้อยคำใหม่ (Reword Data) ผ่านการจัดกลุ่มความต้องการโดยใช้แผนผังกลุ่มเชื่อมโยงและนำกลุ่มของความต้องการมาวิเคราะห์รวมความต้องการที่คล้ายกันหรือซ้ำซ้อนเข้าด้วยกันโดยใช้แผนผังต้นไม้ (Tree Diagram) และผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น AHP จากตารางที่ 4.28 มาใส่ทางด้านซ้ายมือของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

จากนั้นนำความต้องการดังกล่าว มาจัดทำแบบเพื่อหาความเหมาะสม ความสอดคล้องและความตรงในเชิงเนื้อหาของปัจจัย เพื่อหาระดับความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ (ค่า IMP) คือการนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิตที่ได้จากแบบสอบถามมาใส่ให้ตรงกับความต้องการแต่ละตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ผลค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ

ความต้องการของเจ้าหน้าที่ (Customer Requirements)		ค่าเฉลี่ย (IMP)	
		ผลคำนวณ	ปัดค่า
การใช้งาน	มีความแม่นยำ	4.750	4.75
	มีระบบป้องกันการชน	4.313	4.31
	ระบบมีความยืดหยุ่น	4.438	4.44
วัสดุ	มีความแข็งแรงทนทาน	4.375	4.38
	หาซื้อได้ในท้องถิ่น	4.438	4.44
	ไม่สกปรกง่าย ไม่เป็นสนิม	4.250	4.25
รูปแบบ	โครงสร้างแข็งแรง	4.563	4.56
	ง่ายต่อการประกอบ	4.438	4.44
	มีขนาดที่เหมาะสม	3.938	3.94
ความปลอดภัย	มีความปลอดภัยในการทำงาน	4.438	4.44
	มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	4.313	4.31
	มีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	4.250	4.25
ความสะดวก	ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย	4.375	4.38
	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	4.188	4.19
	การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก	4.563	4.56

จากตารางที่ 4.25 พบว่าค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความพึงพอใจจากแบบสอบถาม ได้ผลดังนี้ ปัจจัยด้านการใช้งาน ปัจจัยเรื่องความแม่นยำ มีค่าความสำคัญมากที่สุด ผู้วิจัยจำเป็นต้องออกแบบให้รถขนส่งอัตโนมัติ AGV โดยการเลือกใช้ระบบการควบคุมด้วย PLC ปัจจัยด้านวัสดุ ปัจจัยเรื่องวัสดุหาซื้อได้ในท้องถิ่น เป็นปัจจัยที่มีค่าความสำคัญมากที่สุด ผู้วิจัยจำเป็นต้องออกแบบโดยการเลือกใช้วัสดุที่มีความคงทนและไม่เป็นคราบสกปรกง่ายจึงเลือกใช้ลูมิเนียมในการทำโครงสร้างเครื่อง ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยด้านรูปแบบที่มีปัจจัยเรื่องโครงสร้างของเครื่องต้องแข็งแรง ปัจจัยด้านความปลอดภัย มีปัจจัยเรื่องความปลอดภัยในการทำงาน เป็นปัจจัยที่มีค่าความสำคัญมากที่สุด ผู้วิจัยได้ออกแบบเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์และปั้มน้ำให้มีมาตรฐาน และปัจจัยด้านความสะดวก ปัจจัยเรื่องการเคลื่อนย้ายสะดวกมีค่าความสำคัญมากที่สุด ผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องให้มีล้อหมุนเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย จากนั้นนำค่าคะแนนความสำคัญมา (IMP) ไปใส่ในเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์

ข้อกำหนดทางเทคนิคที่ต้องการ (Technical Requirement) เป็นเทคนิคที่ได้จากการระดมสมองของเจ้าของผู้ประกอบการธุรกิจน้ำดื่ม เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานล้างถังน้ำดื่มขนาด 20 ลิตร นักวิชาการหรืออาจารย์ที่สอนการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ ต่อจากนั้นใช้แผนผังก้างปลาช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (แสดงในภาคผนวก) เพื่อหาเทคนิคที่จะสามารถทำให้ตอบสนองแต่

ละความต้องการของลูกค้าได้ จากนั้นได้ทำการกำหนดเป้าหมายทางด้านเทคนิค โดยได้พยายามกำหนดให้เป็นค่าที่สามารถวัดได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 ข้อกำหนดทางเทคนิค เป้าหมายทางด้านเทคนิคและค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย

ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement)	เป้าหมายทางด้านเทคนิค (Targets Value)	ค่าการเคลื่อนไหว ของค่าเป้าหมาย
มีความแม่นยำ	มีระบบการควบคุมที่แม่นยำ 90%	↑
มีระบบป้องกันการชน	มีระบบเซ็นเซอร์ในการป้องกันการชน	↑
ระบบมีความยืดหยุ่น	สามารถเปลี่ยนเส้นทางได้	↑
มีความแข็งแรงทนทาน	วัสดุมีความคงทนแข็งแรงนาน 10 ปี	↑
หาซื้อได้ในท้องถิ่น	ราคาวัสดุอุปกรณ์มีขายตามท้องตลาด	↑↓
ไม่สกปรกง่าย ไม่เป็นสนิม	วัสดุอลูมิเนียม	↓
โครงสร้างแข็งแรง	ไม่สึกหรอจากการทำงาน	↓
ง่ายต่อการประกอบ	สามารถประกอบและติดตั้งได้ง่าย	↑
มีขนาดที่เหมาะสม	ต่อการทำงานที่หลากหลาย	↑
มีความปลอดภัยในการทำงาน	ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน	↑
มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	อุปกรณ์ตัดไฟเมื่อผู้ปฏิบัติงาน	↑
มีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	คู่มือการใช้เครื่องอ่านเข้าใจง่าย	○
ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย	สามารถทำความสะอาดได้ทุกชิ้นส่วน	↑
การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	โดยไม่ต้องจ้างบริษัท	○
การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก	ต้องมียานพาหนะ	↓

จากตารางที่ 4.26 ค่าเป้าหมายการเคลื่อนไหวของข้อกำหนดทางเทคนิค พบว่าข้อกำหนดทางเทคนิค เช่น มีความแม่นยำ ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือมีระบบการควบคุมที่แม่นยำ 90% โดยผู้วิจัยได้ออกแบบเลือกใช้ ระบบการควบคุม PLC ในการควบคุมการจอดรถขนส่งส่งตรวจอัตโนมัติและเลือกใช้ การควบคุมวิ่งตามเส้นที่บ ผู้วิจัยได้ออกแบบเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ในท้องถิ่นและมีราคาถูก จึงส่งผลให้ราคาต้นทุนในการสร้างเครื่องมีราคาถูกเมื่อเทียบกับรถขนส่งอัตโนมัติที่มีขายตามท้องตลาด

หลังจากนั้นให้นำรายละเอียดข้อกำหนดทางเทคนิคไปใส่ในตารางเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (HOQ) เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญและนำมาจัดเรียงน้ำหนักความสำคัญดังแสดงใน ภาพที่ 4.4

ภายหลังจากการสร้างเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์แล้วหลังจากนั้นนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้จากเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาทำการเรียงลำดับความสำคัญ ตามค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ (Relative Technique Requirement Important) จากมากไปหาน้อย ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคโดยเปรียบเทียบ

ข้อกำหนดทางเทคนิค	Absolute Tech. Requirement	% Relative Tech. Requirement
มีความแม่นยำ	183.27	17.86
มีระบบป้องกันการชน	100.92	9.84
ระบบมีความยืดหยุ่น	83.66	8.15
มีความแข็งแรงทนทาน	80.46	7.84
หาซื้อได้ในท้องถิ่น	77.79	7.58
ไม่สกรปร่ง่าย ไม่เป็นสนิม	69.27	6.75
โครงสร้างแข็งแรง	65.64	6.38
ง่ายต่อการประกอบ	64.35	6.27
มีขนาดที่เหมาะสม	63.54	6.19
มีความปลอดภัยในการทำงาน	51.54	5.02
มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	41.04	4.00
มีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	39.96	3.90
ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย	39.57	3.86
การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	38.25	3.73
การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก	26.82	2.61

จากตารางที่ 4.27 พบว่าการจัดเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบคะแนนที่มากที่สุดคือ ข้อกำหนดทางเทคนิคด้านความแม่นยำ 17.86% ซึ่งเกิดจากข้อกำหนดทางเทคนิคมีระบบการควบคุมที่แม่นยำ ได้ตีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะความต้องการของเจ้าหน้าที่มากที่สุด เป็นการแสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดทางเทคนิคด้านขนาดสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียได้มากที่สุดจึงทำให้มีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ มีระบบป้องกันการชน 9.84% จากนั้นจะนำข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้ผ่านการจัดเรียงลำดับแล้วมาทำการสร้างเมทริกซ์ที่สองคือ เมทริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) ต่อไป

4.4.1.2 การประยุกต์ใช้เมทริกซ์การแปลงการออกแบบ

หลังจากที่ได้เมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ (Product Planning) แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการสร้างเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Deployment) ซึ่งจะเป็นการนำข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement) ที่ผ่านการจัดเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบจากเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาทำการแปลงให้กลายเป็นข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics) โดยเมทริกซ์การแปลงการออกแบบสามารถแบ่งข้อมูลออกได้เป็น 4 ส่วน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับในส่วนของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคและค่า IMP ที่นำมาใช้ ทำการเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคและค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดทางเทคนิคโดยเปรียบเทียบที่ได้จากเมทริกซ์

การวางแผนผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการจัดเรียงลำดับความสำคัญจากค่ามากไปหาค่าน้อย และทำการเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคทุกข้อกำหนด ซึ่งข้อกำหนดทางเทคนิคทุกข้อมีความสำคัญและมีผลต่อความต้องการของลูกค้า จากนั้นจะนำข้อกำหนดทางเทคนิคและค่า IMP ทั้งหมดมาใส่ทางช่องซ้ายมือของเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ

2) ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics) เป็นข้อกำหนดที่ได้จากการระดมสมองจากผู้ที่มีส่วนได้เสียในการบริหารงาน และ เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภายในโรงพยาบาลศรีนครินทร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ชั้น 9 นักวิชาการหรืออาจารย์ที่สอนการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้แผนผังก้างปลาช่วยในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ เพื่อหาข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยที่จะสามารถทำให้ตอบสนองต่อข้อกำหนดทางเทคนิคที่ส่งผลไปยังความต้องการของผู้ที่มีส่วนได้เสีย จากนั้นได้ทำการกำหนดเป้าหมายของส่วนประกอบย่อย โดยได้พยายามกำหนดให้เป็นค่าที่สามารถวัดได้ นอกจากนี้จะทำการกำหนดค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมายเพื่อให้ทราบถึงทิศทางการทำการปรับปรุง โดยมีคำอธิบายสัญลักษณ์ดังตารางที่ 4.28 ซึ่งในที่นี้สามารถกำหนดข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยได้ 12 ข้อกำหนด

ตารางที่ 4.28 ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย เป้าหมายของส่วนประกอบย่อยและค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย

ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics)	เป้าหมายของส่วนประกอบย่อย (Targets Value)	ค่าการเคลื่อนไหว ของค่าเป้าหมาย
การหยุดได้ตรงตำแหน่งแม่นยำ	ระบบการเคลื่อนตามเส้นทึบ	↑
ความคงทนของชิ้นส่วน	ไม่เกิดการชำรุดจากการใช้งานภายใน 5 ปี	↑
สามารถใช้งานได้ 8 ชั่วโมง	สามารถทำงานต่อเนื่องได้	↑
ขนาดของมอเตอร์ต้องมีความเหมาะสมต่อการเคลื่อนที่	ใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่	↑
วัสดุในการทำโครงสร้างรถและชิ้นส่วนไม่เป็นสนิม	ใช้ลูมิเนียมทำโครงสร้างรถ	↑
คู่มือในการดูแลรักษาเครื่อง อ่านแล้วเข้าใจง่าย	ใช้รูปภาพข้อความอ่านแล้วเข้าใจง่าย	○
มีระบบ ปิด-เปิด	ใช้ระบบปิด – เปิดในการควบคุม	↓
ข้อต่อโครงสร้างจะต้องมีจำนวนน้อย	ใช้การต่อที่เป็นนัท-สกรู น้อยที่สุด	↓
ชุดควบคุมการทำงานต้องมีคุณภาพ	ชุดควบคุมไม่ชำรุดจากการใช้งานภายใน 2 ปี	↑

ตารางที่ 4.28 ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย เป้าหมายของส่วนประกอบย่อยและค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมาย (ต่อ)

ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics)	เป้าหมายของส่วนประกอบย่อย (Targets Value)	ค่าการเคลื่อนไหว ของค่าเป้าหมาย
มีล้อสำหรับการเคลื่อนที่	ใช้ล้อติดที่ฐานโครงสร้างของรถในการเคลื่อนที่	○
อุปกรณ์ตัดระบบไฟต้องมีคุณภาพ	อุปกรณ์ตัดไฟต้องทำงานทันทีเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน	↑
มีสวิตช์ไฟเตือนเวลาทำงาน	ใช้สวิตช์ไฟแสดงการเตือนเวลาทำงาน	○

จากตารางที่ 4.28 ค่าการเคลื่อนไหวของค่าเป้าหมายของส่วนประกอบย่อยพบว่า การหยุดได้ตรงตำแหน่งแม่นยำ ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ระบบการเคลื่อนตามเส้นที่ความคงทนของชิ้นส่วน ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ไม่เกิดการชำรุดจากการใช้งานภายใน 5 ปี สามารถใช้งานได้ 8 ชั่วโมง ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ สามารถทำงานต่อเนื่องได้ ขนาดของมอเตอร์ต้องมีความเหมาะสมต่อการเคลื่อนที่ ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้มอเตอร์ที่เหมาะสมกับการะงานในการเคลื่อนที่ วัสดุในการทำโครงสร้างรถและชิ้นส่วนไม่เป็นสนิม ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้อลูมิเนียมทำโครงสร้างรถ คู่มือในการดูแลรักษาเครื่อง อ่านแล้วเข้าใจง่าย ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้รูปภาพข้อความอ่านแล้วเข้าใจง่าย มีระบบ ปิด-เปิด ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้ระบบปิด – เปิดในการควบคุม ข้อต่อโครงสร้างจะต้องมีจำนวนน้อย ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้การต่อที่เป็นนัท-สกรู น้อยที่สุด ชุดควบคุมการทำงานต้องมีคุณภาพ ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ชุดควบคุมไม่ชำรุดจากการใช้งานภายใน 2 ปี มีล้อสำหรับการเคลื่อนที่ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้ล้อติดที่ฐานโครงสร้างของรถในการเคลื่อนที่ อุปกรณ์ตัดระบบไฟต้องมีคุณภาพ ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ อุปกรณ์ตัดไฟต้องทำงานทันทีเมื่อมีเหตุฉุกเฉิน มีสวิตช์ไฟเตือนเวลาทำงาน ค่าเป้าหมายยิ่งเพิ่มยิ่งดี คือ ใช้สวิตช์ไฟแสดงการเตือนเวลาทำงาน

จากนั้นให้นำรายละเอียดจากตารางที่ 4.28 ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย และเป้าหมายของส่วนประกอบย่อยไปใส่ในตารางเมทริกซ์ความสัมพันธ์ของการแปลงการออกแบบ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญและนำมาจัดเรียงน้ำหนักความสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 4.5

3) เมทริกซ์ความสัมพันธ์ (Relationships) เป็นการให้คะแนนความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคและข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยของเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ โดยจะได้ผลจากการให้คะแนนความสัมพันธ์ ดัง ภาพที่ 4.6 ซึ่งในการให้คะแนนในที่นี้ จะทำการเปรียบเทียบแบบเป็นคู่โดยการให้การระดมสมอง (Brain Storming) ของฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องคือ เสียในการบริหารงาน และเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานภายใน โรงพยาบาลศรีนครินทร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ชั้น 9 นักวิชาการหรืออาจารย์ที่สอนการออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์

4) **ค้นหาลำดับความสำคัญของความสัมพันธ์ (Priority Relationships)**

4.1) คำนำน้าหนักความสำคัญของข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อยสมบูรณ์

4.2) คำนำน้าหนักความสำคัญของข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อยโดยเปรียบเทียบ

(Relative Part Characteristics Important) เมื่อได้ทำการสร้างเมทริกซ์การแปลงการออกแบบแล้ว หลังจากนั้นนำข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากเมทริกซ์การแปลงการออกแบบมาทำการเรียงลำดับความสำคัญตามค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ (Relative Part Characteristics Important) จากมากไปหาน้อยดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 การเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญของข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อยสมบูรณ์

ข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อย	Absolute Part Char. Important	% Relative Part Char. Important
อุปกรณ์ควบคุมมีคุณภาพและมาตรฐาน	207.93	18.54
ล้อมีความแข็งแรง ไม่ลื่น	201.96	18.00
ความคงทนของชิ้นส่วน	180.06	16.05
รถขนส่ง มีระบบควบคุมความเร็ว	141.79	12.64
วัสดุใช้ทำโครงสร้างและชิ้นส่วนไม่เป็นสนิม	124.21	11.07
ชุดควบคุมการทำงานต้องมีคุณภาพ	66.60	5.94
อุปกรณ์ตัดไฟเมื่อมีเหตุฉุกเฉินที่มีคุณภาพ	59.98	5.35
คู่มือการดูแลรักษาอ่านเข้าใจง่าย	37.95	3.38
มีฐานเพื่อการเคลื่อนย้ายสะดวก	36.00	3.21
มีสัญญาณไฟเตือนเวลาเครื่องทำงาน	33.57	2.99
ขนาดของมอเตอร์ต้องมีความเหมาะสม	31.71	2.83

จากตารางที่ 4.29 พบว่าการจัดเรียงลำดับค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบคะแนนที่มากที่สุดคือ อุปกรณ์ควบคุมมีคุณภาพและมาตรฐาน 18.54% ลำดับต่อมา ล้อมีความแข็งแรง ไม่ลื่น 18.00% และค่าน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุดคือ ขนาดของมอเตอร์ต้องมีความเหมาะสม 2.83% ต่อจากนั้นผู้วิจัยได้นำกำหนดของชิ้นส่วนย่อยและเป้าหมายของชิ้นส่วนย่อยไปพิจารณาการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ ต่อไป

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและผู้วิจัยได้พิจารณาข้อกำหนดของชิ้นส่วนย่อยจากเมทริกซ์การแปลงการออกแบบ พบว่ามีข้อกำหนดทางเทคนิคเกิดความขัดแย้งกันคือ ข้อกำหนดกำลังการผลิต เมื่อต้องการขนาดของรถขนส่งอัตโนมัติ มีขนาดไม่ใหญ่มีน้ำหนักที่เบา ล้อไม่ลื่น เพื่อที่จะใช้พื้นที่การเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ ได้สะดวกรวดเร็ว แต่คุณสมบัติบางข้อจะด้อยลงคือ กำลังของมอเตอร์จะลดลงตาม ผู้วิจัยจึงได้นำเทคนิคทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) มาแก้ไขปัญหาดังกล่าว

4.4.2 ผลการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ออกแบบต้นแบบรถขนส่งอัตโนมัติ

ผู้วิจัยได้เลือกเทคนิคการแก้ปัญหาเชิงประดิษฐ์คิดค้น (TRIZ) ขึ้นมา เพราะเป็นเครื่องมือที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความถนัดหรือประสบการณ์ส่วนตัวของผู้คิดค้นและยังสามารถทำให้เกิดการคิดค้นได้แน่นอนในเวลาไม่นานอีกด้วย เพราะถ้าหากใช้ความคิดสร้างสรรค์หรือประสบการณ์เพียงอย่างเดียวแล้ว อาจจะไม่สามารถคิดค้นขึ้นมาได้เลยหรือการคิดค้นที่สามารถเกิดเป็นนวัตกรรมได้นั้น อาจจะต้องใช้เวลานานมาก ซึ่งการใช้เวลาในการคิดค้นนานจนเกินไปอาจทำให้เสียโอกาสในการแข่งขันในตลาดได้

4.4.2.1 ผลการกำหนดความขัดแย้งเชิงเทคนิค

1) ผู้วิจัยได้นำข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อยในหัวข้อกำลังการผลิต คือ เมื่อต้องการขนาดของเครื่องที่มีขนาดเล็กเพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในการใช้งานแต่จะมีคุณสมบัติข้อด้อยลง คือ กำลังการผลิตจะลดลงตาม เมื่อพิจารณาถึงความขัดแย้งของคุณสมบัติต่าง ๆ ของ TRIZ จึงสามารถกำหนดคู่ของความขัดแย้งได้ว่า การลดขนาดของรถยนต์อัตโนมัติ นั้นเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติข้อที่ 12 รูปร่าง (Shape) ซึ่งเกิดความขัดแย้งทางเทคนิคที่ทำให้คุณสมบัติด้อยลงคือหัวข้อที่ 32 ความสามารถในการผลิต (Ease of Manufacture) และ หัวข้อที่ 39 ผลผลิตภาพ (Productivity) ตามเมทริกซ์ความขัดแย้งทางเทคนิคของ TRIZ แสดงตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 การกำหนดคู่จากเมทริกซ์ความขัดแย้ง

ผลกระทบที่ ไม่พึงปรารถนา (ความขัดแย้ง)		ลักษณะที่ต้อง เปลี่ยนแปลง												
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
		ความน่าเชื่อถือ	ความแม่นยำของการวัด	ความแม่นยำของการผลิต	ปัจจัยเป็นโทษที่มีตัววัด	ผลกระทบที่เกินโทษ	ความสามารถในการผลิต	ความสะดวกในการใช้งาน	ความสามารถในการซ่อมแซม	ความสามารถในการปรับเปลี่ยน	ความซับซ้อนของอุปกรณ์	ความซับซ้อนของการควบคุม	ระดับการปรับรอบอัตโนมัติ	ผลผลิต
1	น้ำหนักของวัตถุที่เคลื่อนที่	3, 11, 1, 2	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2	น้ำหนักของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	ความยาวของวัตถุที่เคลื่อนที่	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4	ความยาวของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5	พื้นที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10	15, 30	14, 1, 13	1, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6	พื้นที่ของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	17, 7
7	ปริมาตรของวัตถุที่เคลื่อนที่	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8	ปริมาตรของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9	ความเร็ว	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	32, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 28, 4, 34	3, 34, 27, 16	10, 18	
10	แรง	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11	ความตึง แรงดัน	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 37, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 10
12	รูปร่าง	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 19, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13	ความเสถียรของวัตถุ		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 30, 18	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 25, 40, 3
14	ความแข็งแรง	10, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 8	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15	ความทนทานของวัตถุที่เคลื่อนที่	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16	ความทนทานของวัตถุที่ไม่เคลื่อนที่	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	10, 20, 16, 38

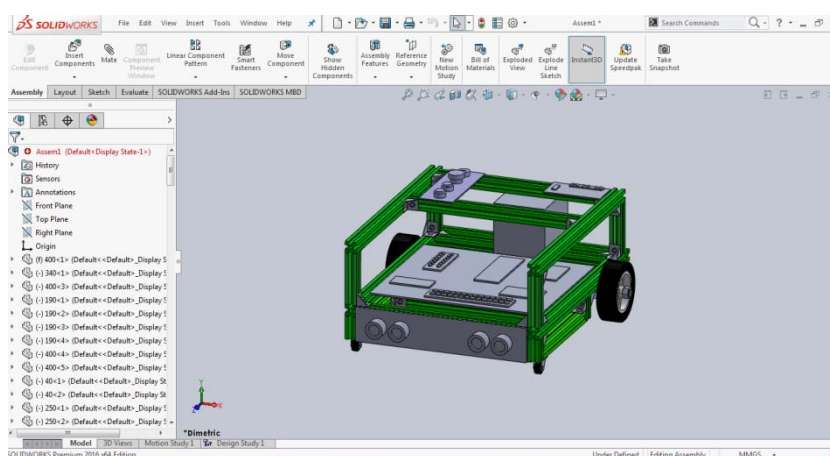
2) การวิเคราะห์หลักการแก้ปัญหาโดยใช้เมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ หลังจากได้กำหนดคู่ของความขัดแย้งทางคุณสมบัติแล้ว จะนำความขัดแย้งที่ได้มาเทียบหาจุดตัดในเมทริกซ์ความขัดแย้งใน ภาพที่ 4.9 เพื่อเป็นการค้นหาแนวทางในการพิจารณาถึงหลักการแก้ปัญหาตาม 40 หลักการของ TRIZ ดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ

คุณสมบัติที่จะปรับปรุง	คุณสมบัติที่ด้อยลง	แนวทางแก้ไข			
12. รูปร่าง (Shape)	32. ความสามารถในการผลิต (Ease of Manufacture)	1	32	17	28
	39. ผลผลิตภาพ (Productivity)	17	26	34	10

จากการเทียบคุณสมบัติที่จะปรับปรุงและคุณสมบัติที่ด้อยลงในเมทริกซ์ความขัดแย้งของ TRIZ จะเห็นว่าหลักการข้อที่ 17 แปลงสู่มิติใหม่ Transition into a New Dimension เป็นหลักการที่ถูกกระบออยู่ในจุดตัดของเมทริกซ์มากที่สุด จึงสรุปเลือกเอาหลักการแปลงสู่มิติใหม่มาใช้ในการแก้ปัญหา

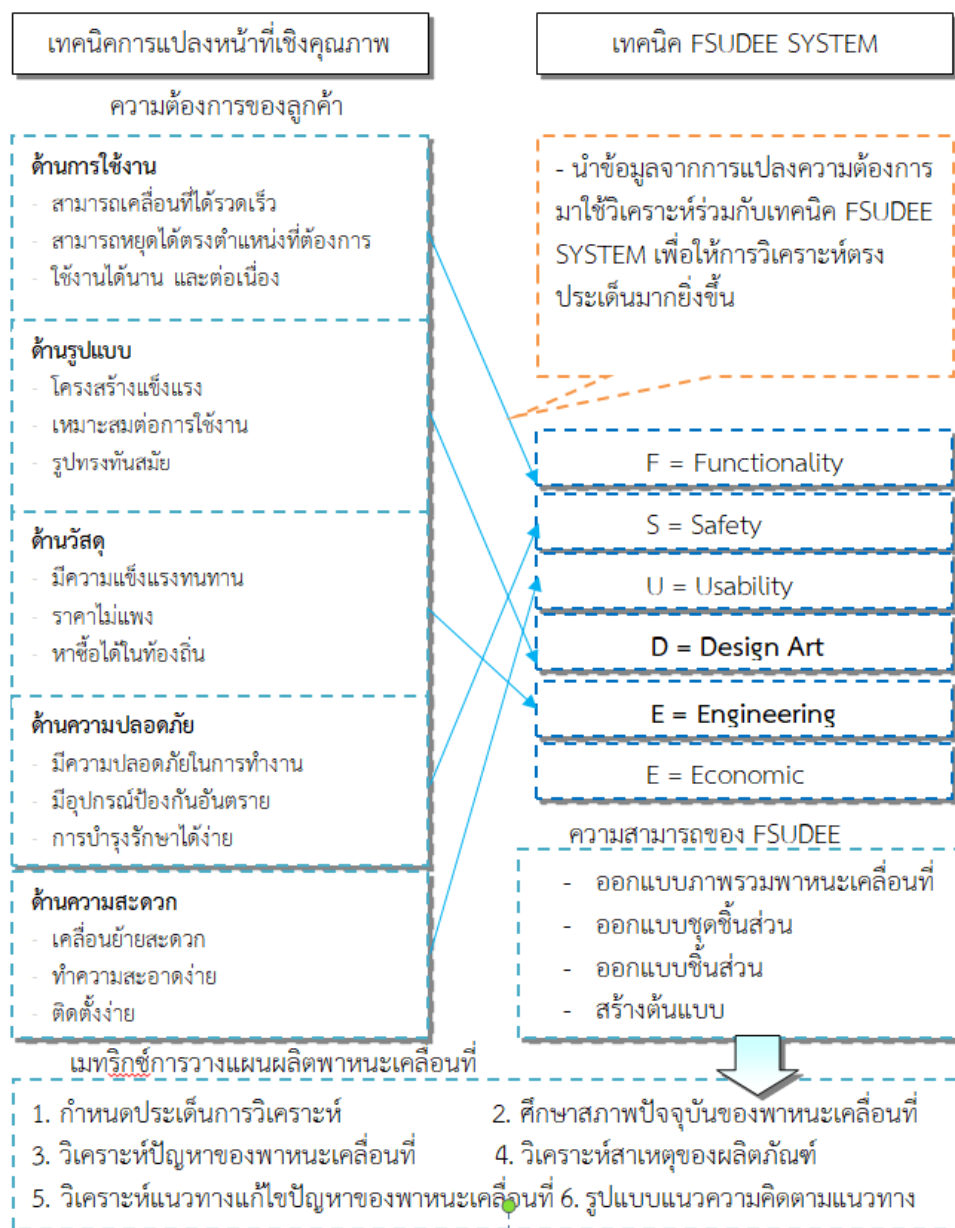
3) การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหามาตามหลักการของ TRIZ เมื่อได้หลักการแก้ปัญหาคือ แปลงสู่มิติใหม่ (Transition into a New Dimension) แล้ว ทีมงานออกแบบได้ทำการระดมสมอง เพื่อพิจารณาว่าจะประยุกต์หลักการแปลงสู่มิติใหม่ ในออกแบบต้นแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV โดยที่ไม่ให้ความสามารถในการขนส่งมีผลกระทบต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่ โดยทางผู้วิจัยได้แปลงความต้องการของผู้ที่มีส่วนได้เสีย การบริหารงาน และเจ้าหน้าที่ ภายในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อาคารกัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูตร (Specimen) ชั้น 9 จึงสามารถ ออกแบบงาน 3 มิติ รถขนส่งสิ่งตรวจอัตโนมัติ AGV ตามภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การออกแบบงาน 3 มิติ รถขนส่งสิ่งตรวจอัตโนมัติ AGV

4.5 วิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE

4.5.1 การสังเคราะห์เทคนิค QFD ร่วมกับ เทคนิค FSUDEE การออกแบบและพัฒนา รถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติผู้วิจัยได้นำเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) โดยนำข้อมูลปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น AHP มาใช้ร่วมกับเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการสังเคราะห์พบว่าสามารถนำข้อมูลที่อยู่ในช่วงเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาใช้วิเคราะห์ร่วมกับเทคนิค FSUDEE ได้ ซึ่งจะส่งผลให้การวิเคราะห์มีคุณภาพและตรงประเด็นมากยิ่งขึ้น กระบวนการสังเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 4.7 การประยุกต์เทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE

จากการแปลงข้อมูลความต้องการของเจ้าหน้าที่ QFD นำมาจับคู่กับเทคนิค FSUDEE ในส่วนที่มีเนื้อหาสัมพันธ์กัน จากนั้นพิจารณาขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้เข้าใจง่ายได้แสดงรายละเอียดในรูปแบบตารางวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.32

การสร้างต้นแบบรถขนส่งสิ่งตรวจอัตโนมัติในการออกแบบทางคณะผู้จัดทำโครงการวิศวกรรมได้ใช้ทฤษฎีเทคนิคการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ FSUDEE เพื่อช่วยในการตัดสินใจการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ

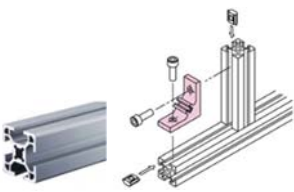
- 4.5.1.1 F = Functionality = ด้านหน้าที่
- 4.5.1.2 S = Safety = ด้านความปลอดภัย
- 4.5.1.3 U= Usability = ด้านประโยชน์ใช้สอย
- 4.5.1.4 D= Art Design = ด้านการออกแบบด้านศิลปะ
- 4.5.1.5 E= Engineering = ด้านวิศวกรรม
- 4.5.1.6 E = Economic = ด้านเศรษฐศาสตร์

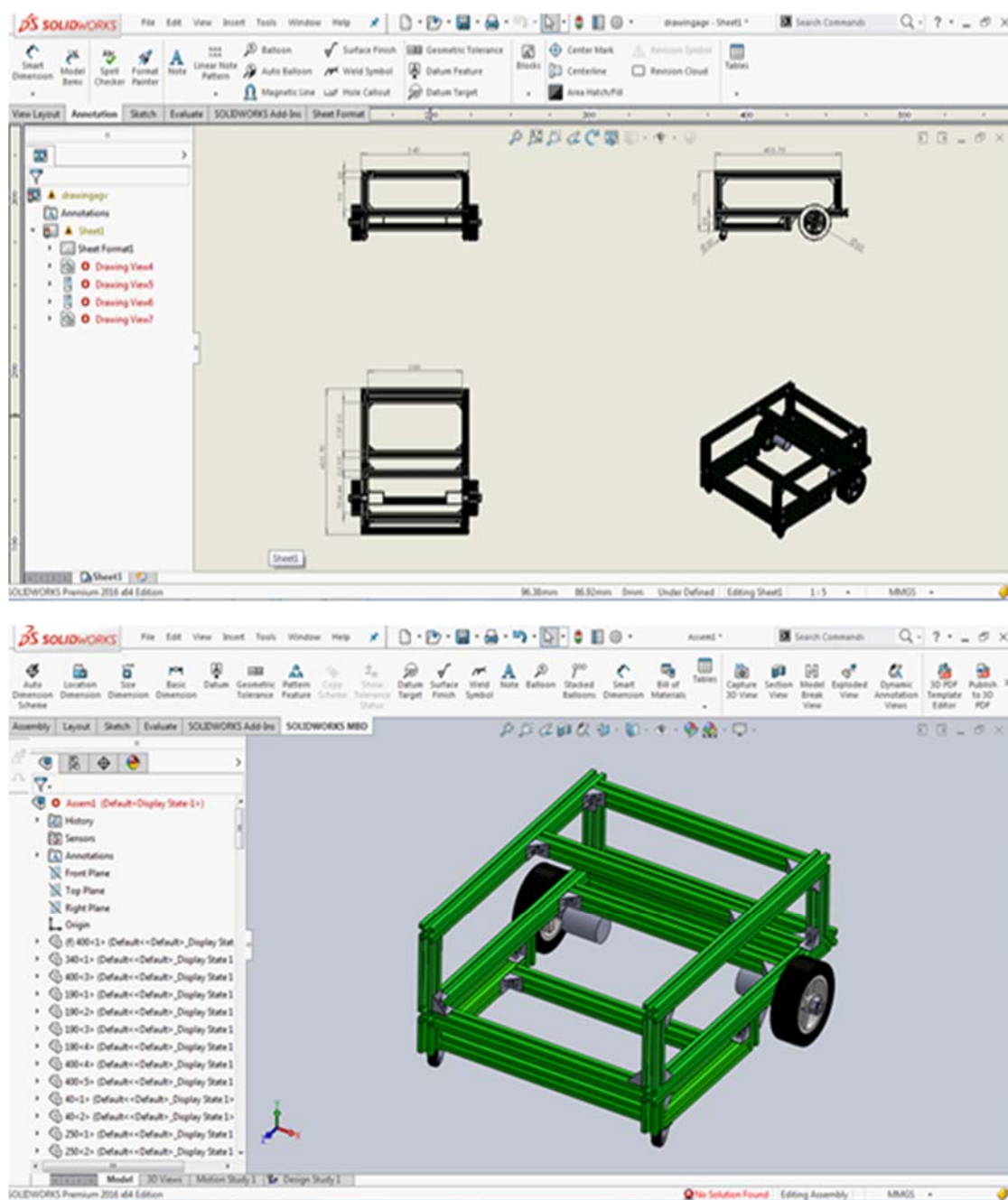
ตารางที่ 4.32 การวิเคราะห์ออกแบบผลิตภัณฑ์

ประเด็นที่วิเคราะห์	ข้อมูล/สภาพปัจจุบัน	ปัญหา	สาเหตุ/เหตุผล	แนวทางแก้ไข
ด้านหน้าที่: Functionality	ใช้คนในการขนส่ง	เกิดการเมื่อยล้า	ยกของในท่าเดียว	ใช้รถในการขนส่ง
ด้านความปลอดภัย: Safety	Part มีน้ำหนักมาก	เกิดอุบัติเหตุ	การเคลื่อนย้าย	หาอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้าย
ด้านประโยชน์ใช้สอย: Usability	ใช้แรงงานจากคน	เกิดความล่าช้า	ทำงานนาน ๆ	รถอัตโนมัติสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง
ด้านการออกแบบศิลปะ: Art Design	ใช้ระบบจัดการแบบ conveyer	มีทุนที่สูง	ไม่มีการออกแบบรถอัตโนมัติ	Design รถต้นแบบในงานอุตสาหกรรม
ด้านวิศวกรรม: Engineering	อุปกรณ์ในตัวรถหายาก	ซ่อมแซมลำบาก	เทคโนโลยีล้าสมัย	อัปเดตอุปกรณ์ให้ทันเทคโนโลยี
ด้านเศรษฐศาสตร์: Economic	การควบคุมรถไม่สามารถทำได้เต็มที่	รถ AGV ไม่สามารถทำงานเองได้	ต้องมีการใช้คนเข้ามาช่วยในการกำหนดการเดินทาง	หาระบบที่ใช้คนเพียง1คนในการเขียนโปรแกรมเดินทาง

4.5.2 ผลการออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE โดยการแปลงดัง ตารางที่ 4.33 ตารางการแปลงความต้องการเพื่อในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลการเขียนแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติแบบสั่งงานแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติ การเขียนแบบด้วยโปรแกรมช่วยในงานเขียนแบบเสมือนจริงในการออกแบบทางผู้วิจัยได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solidwork มาช่วยในการออกแบบภาพเสมือนจริงของรถ AGV โดยในตัวโปรแกรมทางผู้เขียนจะต้องมีการวาดภาพ Sketch รูปร่างของชิ้นงานขึ้นมาก่อนซึ่งหน้าตาของโปรแกรมจะเป็นดังภาพที่ 4.8 และแบบของรถ AGV ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบขึ้นตามการวิเคราะห์และออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE\

ตารางที่ 4.33 การแปลงความต้องการเพื่อในการออกแบบผลิตภัณฑ์

ความต้องการของเจ้าหน้าที่ (Customer Requirements)		การแปลงเป็นรูปแบบ ด้านงานออกแบบ
การใช้งาน	มีความแม่นยำ	ระบบการควบคุมด้วย PLC. การเคลื่อนที่ ตามเส้นทึบ เซ็นเซอร์ป้องกัน
	มีระบบป้องกันการชน	
	ระบบมีความยืดหยุ่น	
วัสดุ	มีความแข็งแรงทนทาน	Aluminium Profile ข้อดีที่ น้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม 
	หาซื้อได้ในท้องถิ่น	
	ไม่สกปรกง่าย ไม่เป็นสนิม	
รูปแบบ	โครงสร้างแข็งแรง	รองรับน้ำหนักได้สูง จึงถูกใช้ใน งานต่าง ๆ เช่น Product display, Exhibition boot, Production line, Soft wall clean room
	ง่ายต่อการประกอบ	
	มีขนาดที่เหมาะสม	
ความปลอดภัย	มีความปลอดภัยในการทำงาน	ไม่ก่อให้เกิดฉนวนไฟฟ้าทำให้มี ความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน
	มีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้ารั่ว	
	มีอุปกรณ์ชุดควบคุมได้มาตรฐาน	
ความสะดวก	ทำความสะอาดอุปกรณ์ได้ง่าย	สามารถทำความสะอาดได้ สะดวกโดยใช้ ลมเป่าหรือการใช้ ผ้าเช็ดทำความสะอาด
	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย	
	การเคลื่อนย้ายทำได้สะดวก	



ภาพที่ 4.8 แบบทำงานแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจระบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 4.34 สรุปผลการประเมินคุณภาพ ด้านการเขียนแบบสำนักงานการผลิต

หัวข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ							คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	7	
การหาคุณภาพด้านการเขียนแบบสำนักงานการผลิต								
1. แบบภาพประกอบ								
1.1 แบบภาพประกอบ 2 มิติ								
1.1.1 การฉายภาพครบถ้วนและถูกต้อง	9	10	10	10	9	9	10	67
1.1.2 การกำหนดขนาดครบถ้วนและถูกต้อง	9	10	10	10	9	9	9	66
1.1.3 การกำหนดสัญลักษณ์ข้อมูลครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	8	7	10	65
1.1.4 การระบุตารางรายการวัสดุและรหัสชิ้นงานถูกต้อง	10	10	10	10	8	10	10	68
1.1.5 น้ำหนักเส้นและขนาดตัวอักษรถูกต้อง	9	9	10	10	8	7	10	63
1.1.6 การแสดงภาพมีขนาดและการจัดวางที่เหมาะสม	10	9	10	10	8	9	9	65
1.2 แบบภาพประกอบ - 3 มิติ								
1.2.1 การแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนครบถ้วน	9	10	10	10	9	10	10	68
1.2.2 การกำหนดรหัสชิ้นงานครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	9	10	7	66
1.2.3 การระบุตารางรายการวัสดุและรหัสชิ้นงานถูกต้อง	10	10	10	10	9	10	7	66
1.2.4 การแสดงภาพมีขนาดและการจัดวางที่เหมาะสม	9	9	10	10	8	8	9	63
2. แบบภาพแยกชุด								
2.1 แบบภาพแยกชุด 2 มิติ								
2.1.1 การฉายภาพครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	9	9	8	66
2.1.2 การกำหนดขนาดครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	9	9	8	66
2.1.3 การกำหนดสัญลักษณ์ข้อมูลครบถ้วนและถูกต้อง	10	9	10	10	9	7	9	64
2.1.4 การระบุตารางรายการวัสดุและรหัสชิ้นงานถูกต้อง	10	10	10	10	8	10	10	68
2.1.5 น้ำหนักเส้นและขนาดตัวอักษรถูกต้อง	9	9	10	10	9	7	9	63
2.1.6 การแสดงภาพมีขนาดและการจัดวางที่เหมาะสม	9	9	10	10	8	9	8	63

ตารางที่ 4.34 สรุปผลการประเมินคุณภาพ ด้านการเขียนแบบสั่งงานการผลิต (ต่อ)

หัวข้อคำถาม	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ							คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	7	
2.2 แบบภาพแยกชุด - 3 มิติ								
2.2.1 การแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนครบถ้วน	10	10	10	10	9	9	10	68
2.2.2 การกำหนดรหัสชิ้นงานครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	8	10	10	68
2.2.3 การระบุตารางรายการวัสดุและรหัสชิ้นงานถูกต้อง	10	10	10	10	8	10	10	68
2.2.4 การแสดงภาพมีขนาดและการจัดวางที่เหมาะสม	9	9	10	10	8	9	8	63
3. แบบภาพแยกชิ้น								
3.1 แบบภาพแยกชิ้น - 2 มิติ								
3.1.1 การฉายภาพครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	9	9	10	68
3.1.2 การกำหนดขนาดครบถ้วนและถูกต้อง	10	10	10	10	9	10	10	69
3.1.3 การกำหนดสัญลักษณ์ข้อมูลครบถ้วนและถูกต้อง	10	9	10	10	9	8	9	65
3.1.4 การระบุตารางรายการวัสดุและรหัสชิ้นงานถูกต้อง	10	10	10	10	8	10	10	68
3.1.5 น้ำหนักเส้นและขนาดตัวอักษรถูกต้อง	9	9	10	10	9	8	10	65
3.1.6 การแสดงภาพมีขนาดและการจัดวางที่เหมาะสม	9	9	10	10	9	9	9	65
(คะแนนเต็ม 260 คะแนน) ค่าคะแนนรวม	250	250	260	260	223	232	239	1,714/1,820

4.5.3 ผลการประเมินคุณภาพแบบสั่งงานการผลิตรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) สรุปผลการประเมินคุณภาพ ด้านการเขียนแบบสั่งงาน ดำเนินการโดยนำเครื่องมือซึ่งผ่านการวิเคราะห์และออกแบบให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณสมบัติตรงตามที่กำหนดและได้ผ่านกระบวนการสุ่มตัวอย่างและทฤษฎีการเลือกรูปแบบต่าง ๆ มาแล้ว ทำการประเมินคุณภาพแต่ละหัวข้อคำถาม โดยผู้เชี่ยวชาญใช้ดุลยพินิจของตนเองและแสดงความคิดเห็นในแต่ละประเด็นของคำถามรายข้อ

วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ร้อยละของคะแนนประเมิน จากการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 7 ท่าน กรอกข้อมูลค่าคะแนนแล้วนำผลที่ได้บันทึกลงในตารางสรุป จากนั้นแปรผลรายข้อโดยเฉลี่ยค่าคะแนนทั้งหมดในรายข้อนั้น และหาค่าร้อยละจากคะแนนเต็มของข้อนั้นๆ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ดังนี้

ค่าน้ำหนักคะแนนร้อยละ 80 ถึง 100 = ผ่านเกณฑ์

ค่าน้ำหนักคะแนนร้อยละ 50 ถึง 79 = มีความเสี่ยง

ค่าน้ำหนักคะแนนร้อยละ 0 ถึง 49 = ไม่ผ่านเกณฑ์

สรุปผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ร้อยละของคะแนนประเมินผลการวิเคราะห์การประเมินคุณภาพด้านการเขียนแบบสั่งงานการผลิต จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่ได้คัดเลือกมาแล้วทั้ง 7 ท่าน สรุปผลการประเมินได้ดัง ตารางที่ 4.34

ค่าน้ำหนักคะแนนร้อยละ 80 ถึง 100 มีจำนวน 26 ข้อ

ค่าน้ำหนักคะแนนร้อยละ 50 ถึง 79 มีจำนวน 0 ข้อ

ค่าน้ำหนักคะแนนร้อยละ 0 ถึง 49 มีจำนวน 0 ข้อ

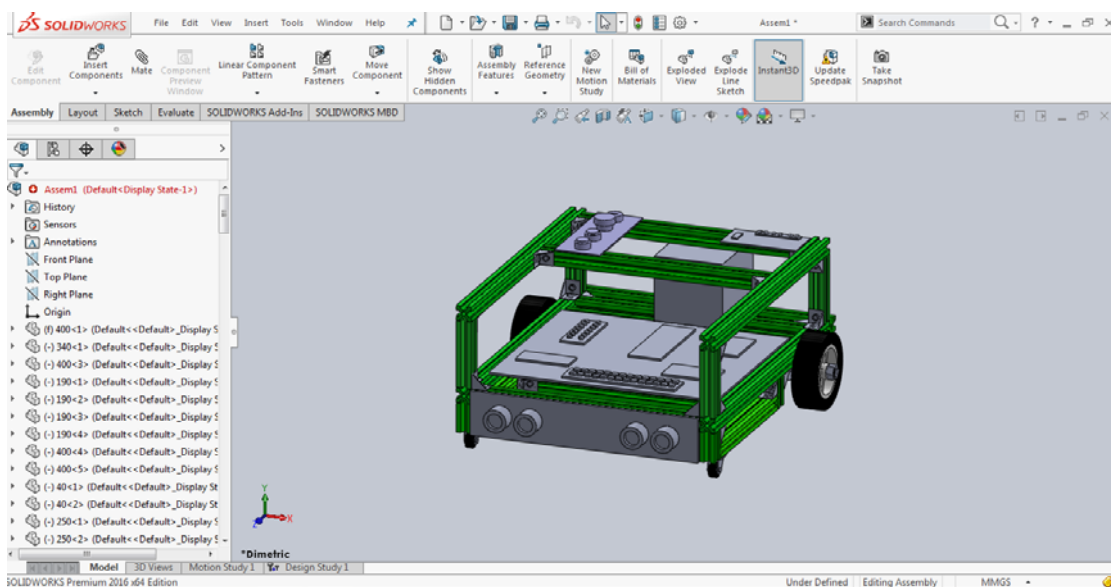
* สรุปรวมค่าเฉลี่ยที่ได้คือ 94.2% ถือว่าผ่านเกณฑ์เมื่อเทียบการสมมุติฐาน $\geq 90\%$

4.6 ผลการทดสอบรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

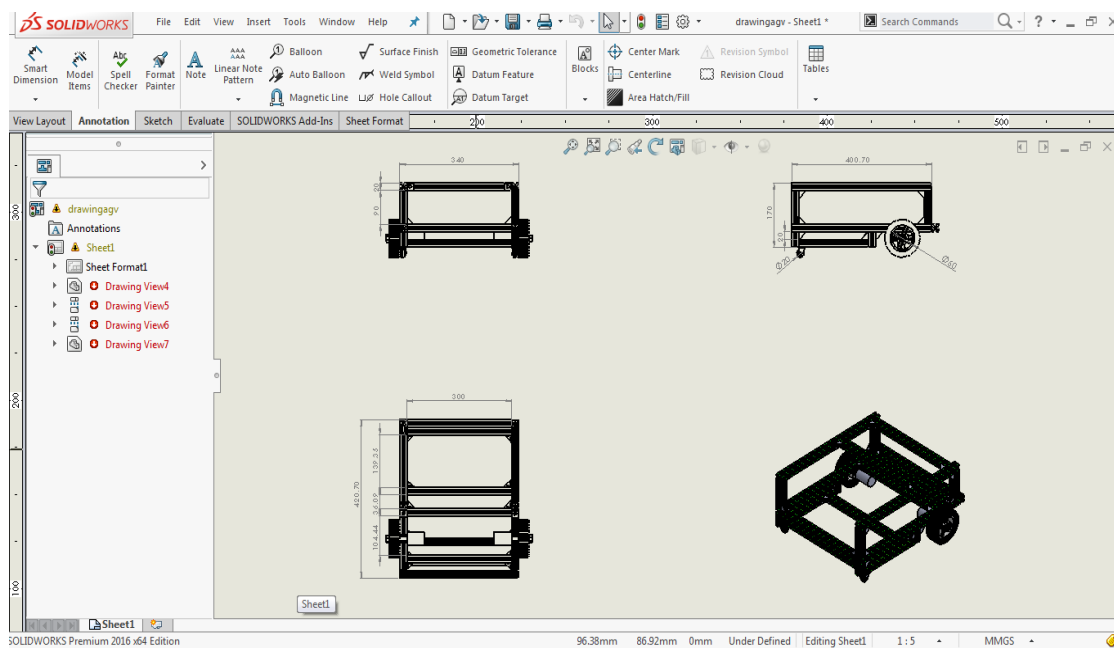
การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบรถอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและ โปรแกรมจำลอง Simulation การเดินทาง ดังต่อไปนี้

- (1) แบบ Assembly การออกแบบรถอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ
- (2) ผลการทดสอบขนส่งอัตโนมัติ (AGV) แบบวงกลม
- (3) ผลการทดสอบขนส่งอัตโนมัติ (AGV) แบบตัวยู
- (4) ผลการทดสอบขนส่งอัตโนมัติ (AGV) แบบเส้นตรงไปกลับ
- (5) ผลการทดสอบขนส่งอัตโนมัติ (AGV) แบบตัว S
- (6) ตารางสรุปผลเวลาในการทดสอบด้วยระยะทาง 8 เมตร

4.6.1 แบบ Assembly รถอัตโนมัติโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ

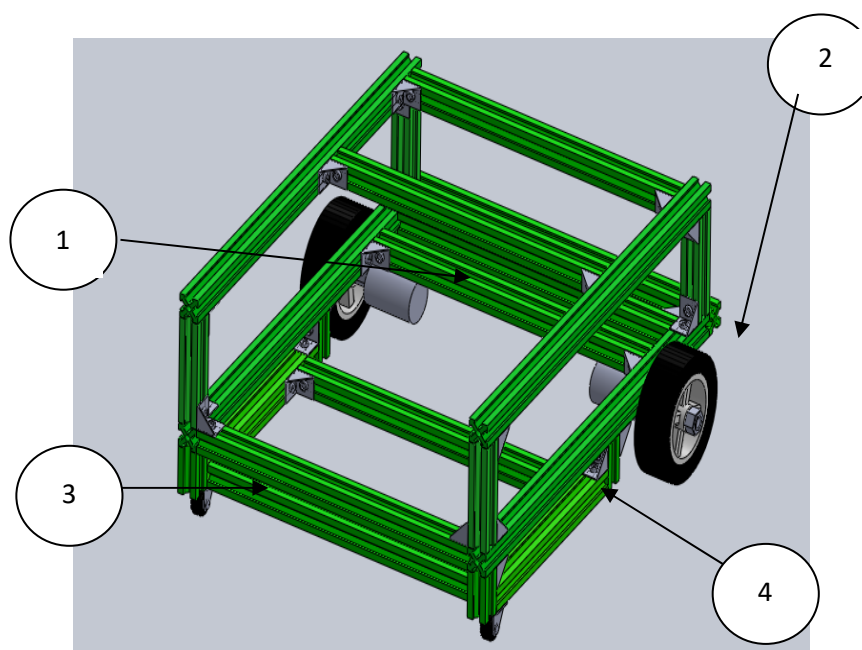


ภาพที่ 4.9 แบบ Assembly รถอัตโนมัติต้นแบบ



ภาพที่ 4.10 แบบ Drawing ของรถ AGV

4.6.2 ส่วนประกอบของรถขนส่ง อัตโนมัติ (AGV)



ภาพที่ 4.11 ส่วนประกอบของรถ AGV

ตารางที่ 4.35 อุปกรณ์และหน้าที่ ในรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

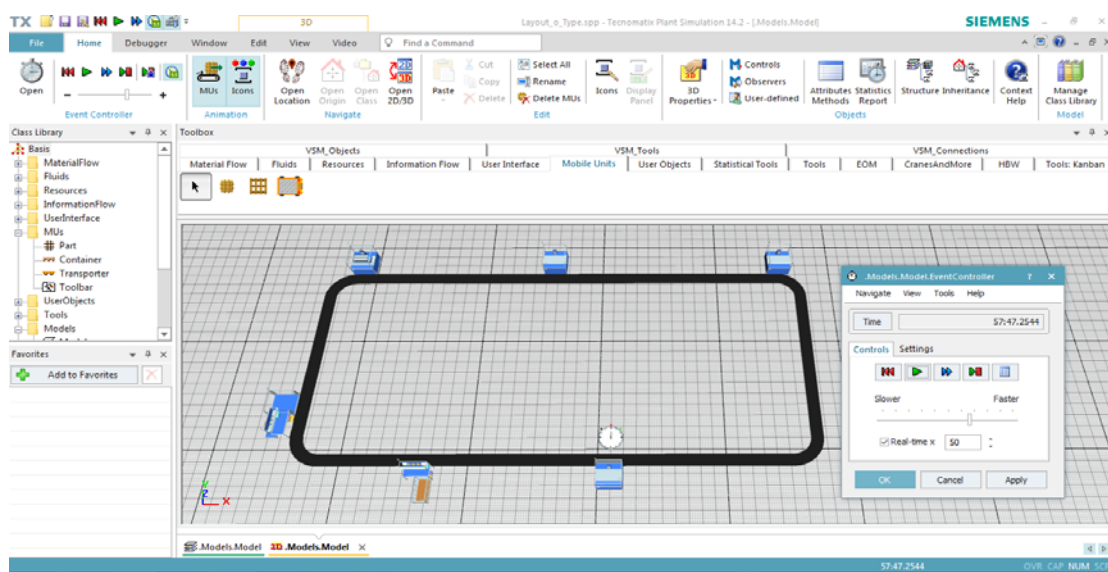
ชื่อ	หน้าที่
Motor	ช่วยในการขับเคลื่อนตัวโครงสร้าง
ล้อหลัง	ขับเคลื่อน
ล้อหน้า	บังคับเลี้ยว
Aluminium Profile	โครงสร้างของตัวรถ

4.6.3 การออกแบบระบบการควบคุมด้วยโปรแกรม Simulation

การออกแบบด้วยโปรแกรม Simulation ซึ่งโปรแกรมมีหน้าที่ในการจำลอง รูปแบบผัง การเดินรถในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งประโยชน์ของโปรแกรมนี้อาจทำให้เราสามารถกำหนดเส้นทางการเดินรถได้ว่าจะวิ่งไปในทิศทางไหน ซึ่งในการใช้งานโปรแกรม Simulation ให้เราคลิกเลือกที่ Create Model แล้วจะปรากฏหน้าต่างเล็กๆ ขึ้นมา จากนั้นให้เราเลือกจะเขียนแบบ 2D หรือ 3D

4.6.4 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

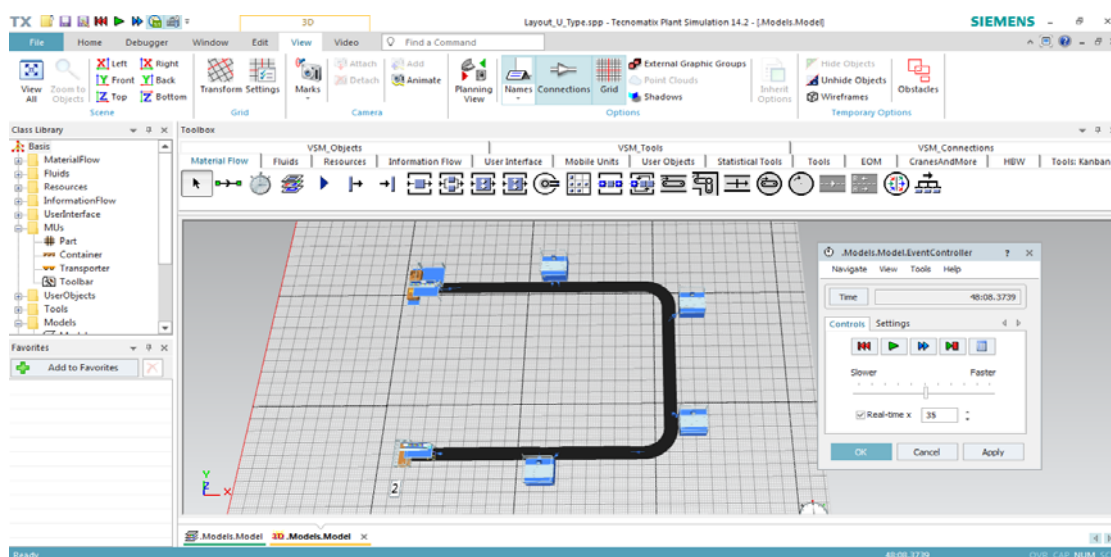
จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตร เวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 57.47 วินาที ดังตัวอย่างภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบวงกลม

4.6.5 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบตัว U

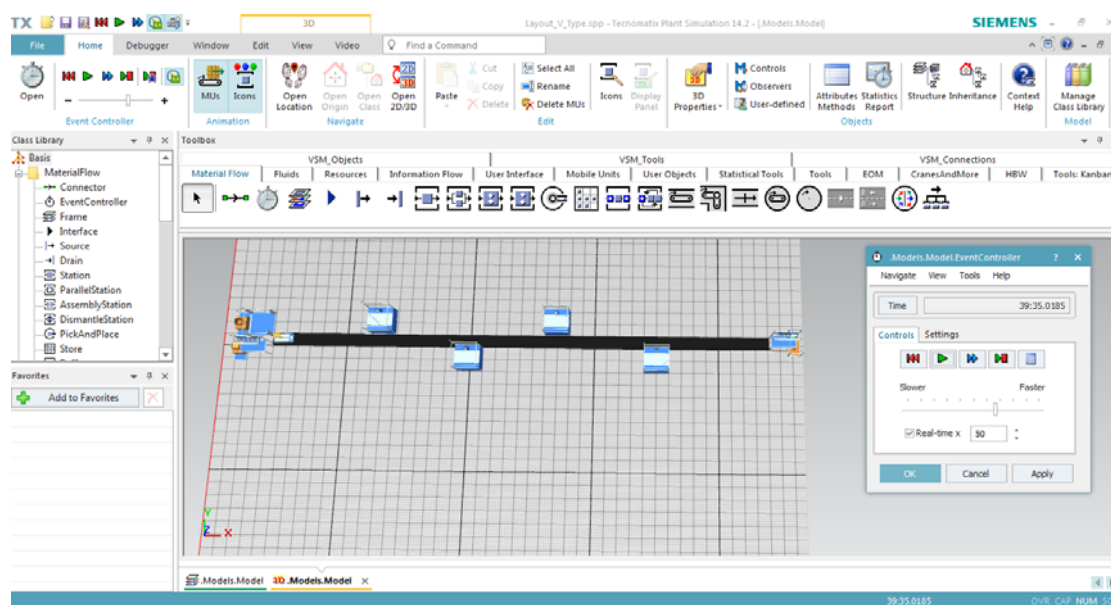
จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตร เวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 40.08 วินาที ดังตัวอย่างภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบตัว U

4.6.6 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงไปกลับ

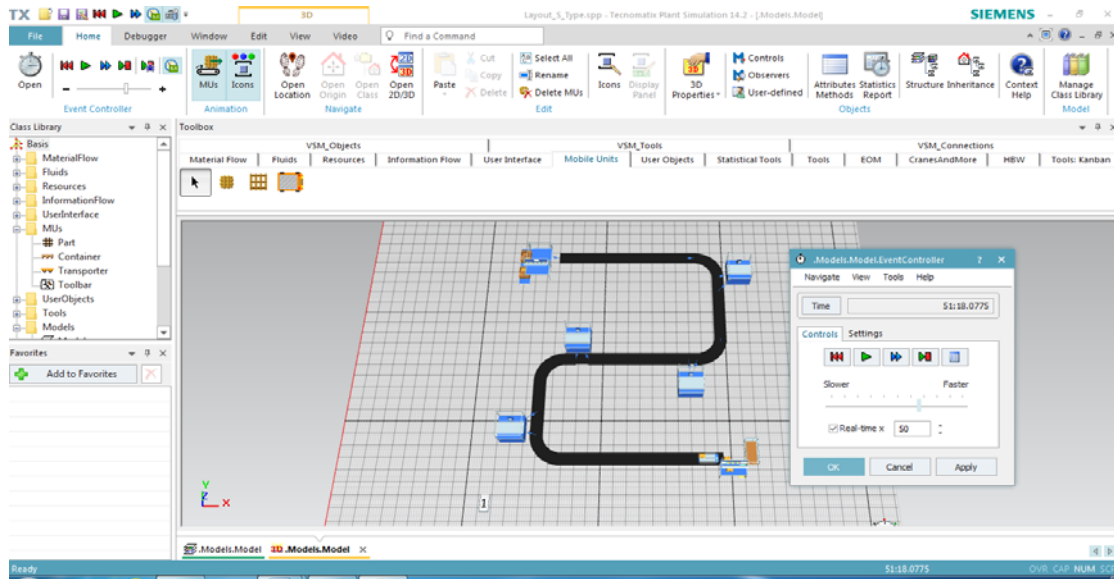
จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตรเวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 39.35 วินาที ดังตัวอย่างภาพที่ 4.14



ภาพที่ 4.14 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบเส้นตรงไปกลับ

4.6.7 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบตัว S

จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตรเวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 51.18 วินาที ดังตัวอย่างภาพที่ 4.15



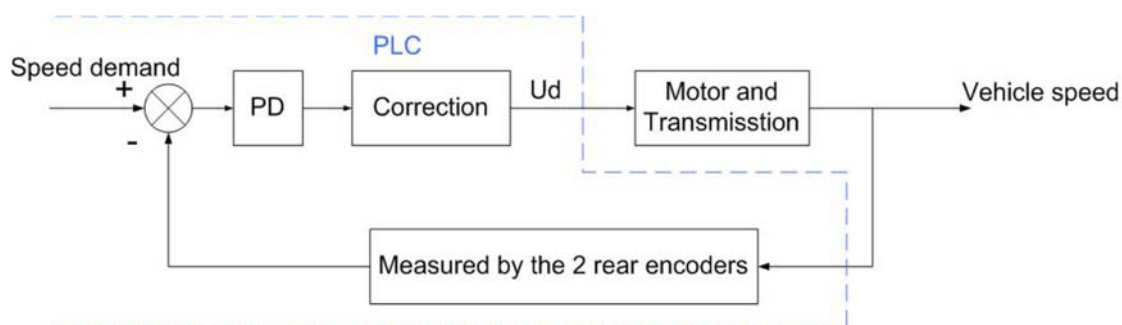
ภาพที่ 4.15 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบตัว S

ตารางที่ 4.36 สรุปผลการทดลองการเดินของรถอัตโนมัติตามรูปแบบต่าง ๆ ด้วยระยะทาง 8 เมตร

รูปแบบการเดินรถ	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)
แบบวงกลม	57.47
แบบตัวยู (U)	40.08
แบบเส้นตรงไปกลับ	39.35
แบบตัว S	51.18

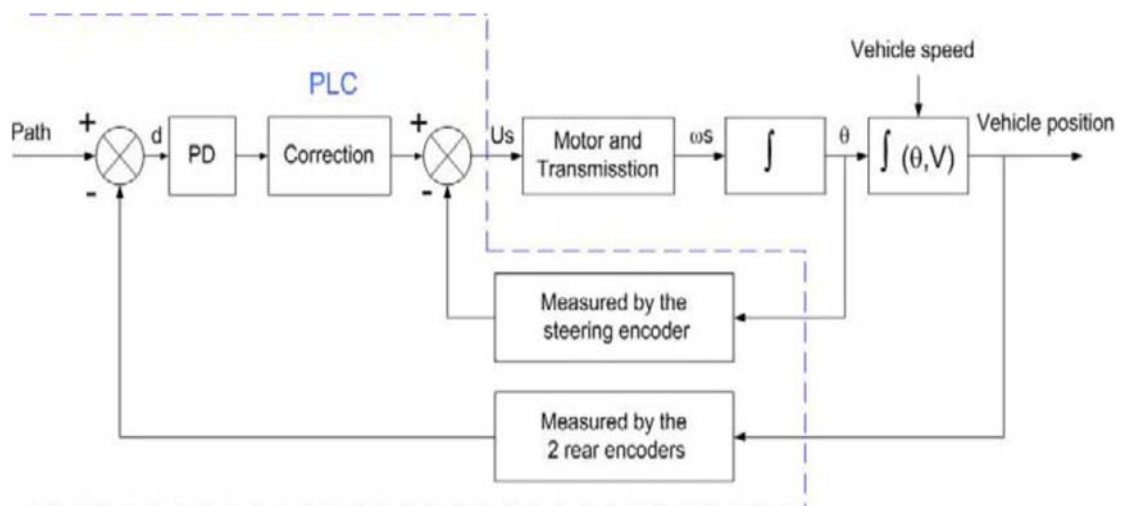
4.6.8 ระบบควบคุมการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

การควบคุมการทำงานของเอจวีในวิจัยนี้ได้ แยกออกเป็น การควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่และมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองตัวต้องทำงานสัมพันธ์กับบล็อกไดอะแกรมการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ทั้งสองแสดงดังภาพที่ 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.16 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 4.16 สามารถอธิบายได้ดังนี้เมื่อมีคำสั่งให้ รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ คำสั่งจะอยู่ในรูปปริมาณความเร็วในการเคลื่อนที่จากนั้นคำสั่งจะถูกส่งไปยังพีแอลซี โดยพีแอลซี จะเป็นตัวเคลื่อนที่ได้เท่ากับคำสั่งก็ไม่ต้องมีการปรับความเร็ว แต่ถ้าเคลื่อนที่ไม่เท่ากันก็จะทำการปรับ ความเร็วเพื่อที่จะให้คำสั่งกับการตรวจสอบการเคลื่อนที่ด้วย Encoder มีค่าเท่ากัน



ภาพที่ 4.17 บล็อกไดอะแกรมการควบคุมมอเตอร์ที่ใช้ในการบังคับเลี้ยว

จากภาพที่ 4.17 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อมีคำสั่งให้รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ คำสั่งจะอยู่ในรูปแบบพิกัดตำแหน่งโดยมีค่าในแกน X แกน Y รัศมีในการเลี้ยว เส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้ อ้างอิงเวลาเลี้ยวในแนวแกน X และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้อ้างอิงเวลาเลี้ยวในแนวแกน Y จากนั้นจะ ส่งคำสั่งไปยัง พีแอลซี โดยใช้ พีแอลซี จะเป็นตัวประมวลผลของระบบ ซึ่งจะได้คำสั่งในการเลี้ยวออกมาแล้วส่งต่อไปยังมอเตอร์และชุดไดรฟ์โดยได้เป็นความเร็วในการเลี้ยวออกมา จากนั้นก็ทำการอินทิเกรต เพื่อให้ได้ตำแหน่งของมุมออกมาโดยอยู่ในหน่วยองศาการันนั้นก็ทำการอินทิเกรตกับความเร็วที่ได้จาก ภาพที่ 3.19 เพื่อให้พิกัดตำแหน่งออกมา โดยมีการตรวจสอบการเคลื่อนที่สองชั้นคือ

ชั้นแรกตรวจสอบมุมที่ใช้ในการเลี้ยวโดยใช้เอนโคเดอร์ที่ติดตั้งที่เพลาล้อหน้าเป็นตัว ตรวจสอบ

ชั้นที่สองคือตรวจสอบพิกัดตำแหน่งทั้งหมดโดยใช้เอนโคเดอร์ที่ล้อตามสองล้อโดยถ้าคำสั่ง ในการเคลื่อนที่เท่ากับการวัดด้วยเอนโคเดอร์ก็จะเป็นการปรับระบบ แต่ถ้าไม่เท่ากันก็จะทำการปรับ เพื่อให้ได้ค่าที่เท่ากัน

4.6.9 ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ ของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

ตารางที่ 4.37 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนา

ก่อนปรับปรุง			
Lists	Computer	PLC	Microcontroller
ความเสถียร	มาก	มาก	น้อยกว่า
ความเร็วในการประมวลผล	มาก	ค่อนข้างมาก	น้อยกว่า
ราคา	สูง	สูง	ถูกกว่ามาก
ความยืดหยุ่นของโปรแกรม	มาก	น้อยกว่า	มาก
กำลังไฟฟ้า	สิ้นเปลือง	สิ้นเปลือง	ประหยัดมาก

จากตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนาพบว่า อุปกรณ์การควบคุม ด้วย PLC ข้อด้อยของอุปกรณ์นี้ คือ ความยืดหยุ่นของโปรแกรม เมื่อมีการทดสอบการเคลื่อน รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ผลพบว่าการเคลื่อนที่ของ รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ไม่สามารถวิ่งเป็นเส้นตรง รถจะหลุดออกจากเส้นทาง เนื่องด้วยจากการอุปกรณ์ที่ไม่มีความยืดหยุ่นของโปรแกรม ทางผู้วิจัยจึงได้หาวิธีการแก้ไขด้วยการใช้การปรับจูนพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PID ในระบบควบคุมมีตัวควบคุมหลายชนิด ตัวควบคุมส่วนใหญ่ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ เป็นแบบ PID โดยต่อนุกรม กับระบบที่ต้องการควบคุมดังแสดงในภาพที่ 4.18 สัญญาณออกจากตัวควบคุม PID สามารถบรรยายได้ดังนี้

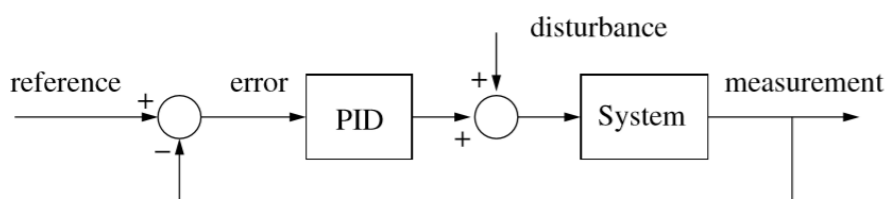


Figure 1: ตัวควบคุม PID ที่ต่อเข้าในระบบแบบอนุกรม

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

ภาพที่ 4.18 สัญญาณออกจากตัวควบคุม PID

โดย $u(t)$ สัญญาณควบคุม $e(t)$ คือค่าความคลาดเคลื่อนของสัญญาณออกจากค่ากำหนด ตัวควบคุม PID ประกอบไป เทคนิคการควบคุมพื้นฐาน 3 แบบแบบสัดส่วน (Proportional หรือ P)

แบบอินทิกรัล (Integral หรือ I) และแบบอนุพันธ์ (Derivative หรือ D) แต่ละแบบสามารถนำมาประกอบกันเพื่อให้ได้ตัวควบคุมที่ต้องการตัวควบคุมมีพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ ค่าอัตราขยายแบบสัดส่วน (K_p) ค่า integraltime (T_i) และ derivativetime (T_d)



ภาพที่ 4.19 การทดสอบสัญญาณออกจากตัวควบคุม PID

4.7 การทดสอบการทำงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ ร่วมกับรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ

4.7.1 การทดสอบการเคลื่อนในการเดินในการขนส่งสิ่งส่งตรวจ รถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ร่วมกับเจ้าหน้าที่ การทำงานที่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ดังภาพที่ 4.20



(ก) การใช้งานร่วมกับเจ้าหน้าที่



(ข) การทดสอบการทำงานชุดขับเคลื่อน

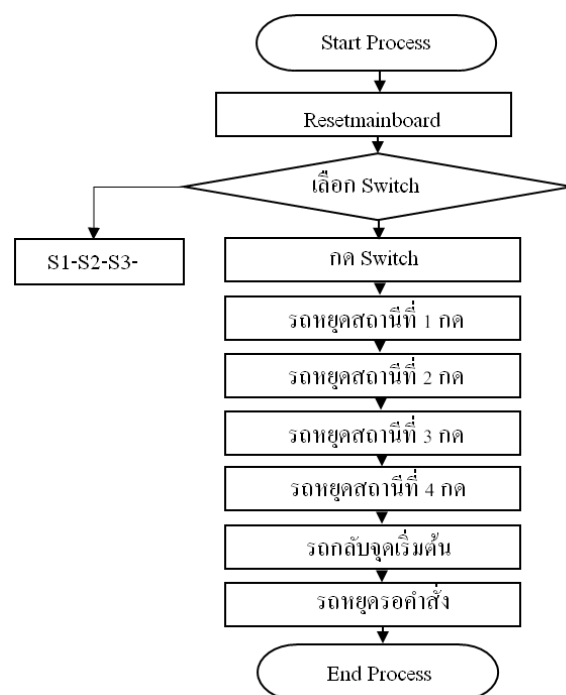
ภาพที่ 4.20 การทดสอบการทำงานร่วมกับเจ้าหน้าที่ และท่าทางการทำงานที่เหมาะสม

4.7.2 ปรับปรุงวิธีการทำงานโดยการทำงานร่วมกันกับเจ้าหน้าที่ ในการทำงานที่เหมาะสม (WI) การเคลื่อนที่ของรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ



ภาพที่ 4.21 เส้นทางการทำงานที่เหมาะสม ของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

4.7.3 หลักการทำงานของรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ



ภาพที่ 4.22 ขั้นตอนการทำงานของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

ตารางที่ 4.38 งานที่เกิดขึ้นในการปรับปรุง และผลที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินงาน

งานที่เกิดขึ้นในการปรับปรุง	ผลที่คาดว่าจะได้รับในกระบวนการ
1. ติดตั้งอุปกรณ์ระบบการนำทาง เพื่อช่วยจัด จราจรการเดินของ คน กับรถขนส่งสิ่งส่งตรวจ อัตโนมัติ 2. ใช้ระบบบอร์ด Arduinoการเขียนโปรแกรม ไบรารี (Libraries)	1. ช่วยให้แยกพื้นที่ในการทำงานระหว่าง คน กับ รถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ 2. ช่วยลดการเคลื่อนไหวในการเดิน ลำตัว และ แขนของเจ้าหน้าที่ ในขณะที่ทำการยกรถเข็น 3. เพื่อลดการหมุนของข้อมือขณะยกรถเข็น

จากการออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ ช่วยในการทำงาน ทำให้ช่วยลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ในส่วนของการเดินถือ ตะกร้า/ใส่รถเข็น จากขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 4 ขั้นตอน เหลือเพียงขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอน

หลังจากทำการปรับปรุงการทำงาน พบว่า เจ้าหน้าที่ทำงานร่วมกับรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ มีการเปลี่ยนแปลงในการเดินลดลง

(1) อนุการปรับปรุงงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องออกแรงยกภาชนะส่งตรวจ และเดินใส่รถเข็น การปรับปรุงได้ออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ มาทดแทนวิธีการทำงานแบบเดิม ทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องออกแรงในส่วนของการเดิน

(2) ก่อนการปรับปรุงงาน ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้แขนทั้งสองข้างยกภาชนะส่งตรวจ ที่บรรจุเสร็จแล้วใส่รถเข็นซึ่งความสูงของรถเข็นทำให้ต้องยกแขนที่ยกขึ้นด้วย ซึ่งพฤติกรรมนี้เสี่ยงกับการเกิดอาการที่เรียกว่าโรคความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อ และโครงร่างที่เกิดจากการทำงาน (Work-Related Musculoskeletal Disorders; WMSDs) หลังปรับปรุงได้ทำการออกแบบรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องปฏิบัติงานในขั้นของการเดิน ทำให้สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อขา



ภาพที่ 4.23 การทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ก่อนและหลังปรับปรุง

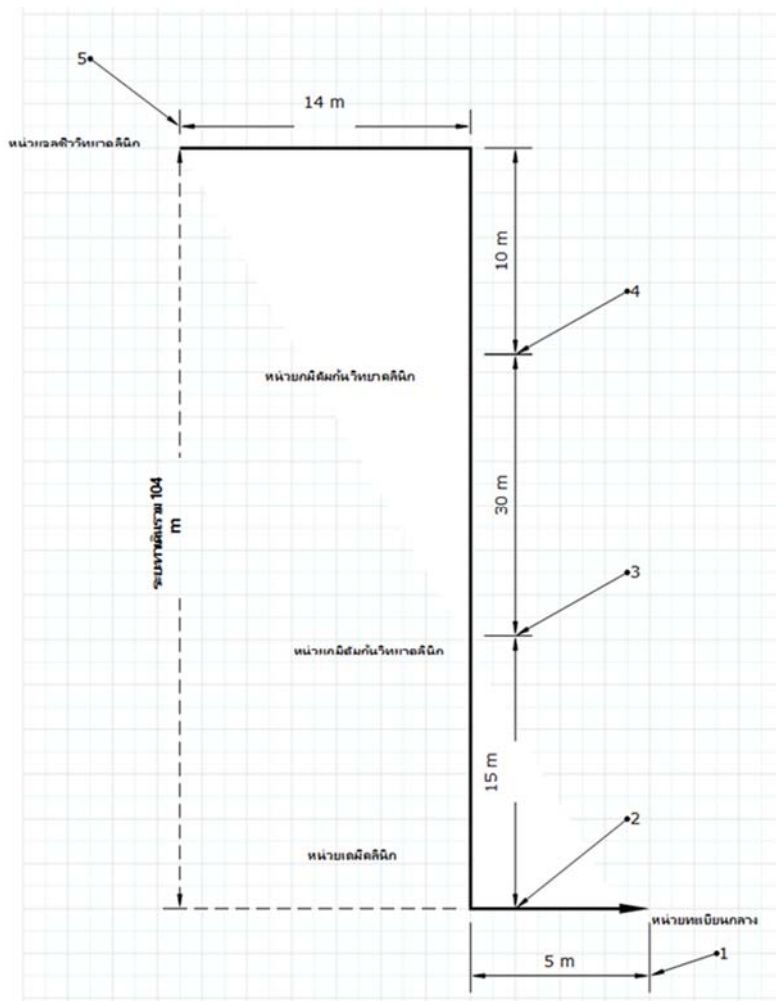
ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างในประเด็นต่าง ๆ หลังจากปรับปรุงงาน

(1) วิธีการทำงาน ก่อนการปรับปรุง ขั้นตอนการยกหลอดบรรจุเสร็จแล้วใส่รถเข็น ผู้ปฏิบัติงานจะทำการยกเมื่อทำการบรรจุภาชนะส่งตรวจ เสร็จแล้วใส่รถเข็นเพื่อนำไปเก็บที่สถานีต่อไป เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเป็นการตัดเวลาดังกล่าวออก การปรับปรุงได้เปลี่ยนการปฏิบัติงานจากคนเป็นรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติ พบว่าลดเวลาการทำงานของ ผู้ปฏิบัติงานได้

(2) ผู้ปฏิบัติงาน ก่อนการปรับปรุง มีอาการปวดร่างกายช่วงไหล่ และช่วงหลัง และขาทั้งสองข้าง เนื่องจากท่าทางการปฏิบัติงานที่ต้องรับน้ำหนักของภาชนะส่งตรวจ และต้องเดินระยะทางจำนวนหลายรอบ ตลอดเวลาในการทำงาน 8 ชั่วโมง หลังการปรับปรุง ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องปฏิบัติงานในขั้นตอนนี้ทำให้ลดการปวดร่างกายช่วงไหล่ ช่วงหลัง และความอ่อนล้าจากการเดินหาไป

4.8 ผลการวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของเจ้าหน้าที่หลังการปรับปรุง

การวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการบรรจุภาชนะขนส่ง Specimen หลังการปรับปรุงได้

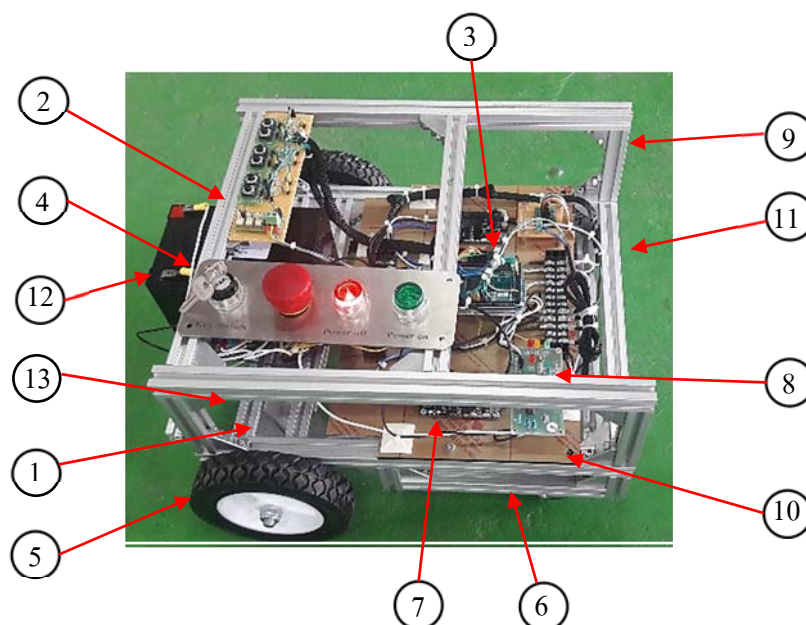


ภาพที่ 4.24 เส้นทางการเคลื่อนที่ของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)

จากภาพที่ 4.25 กระบวนการทำงานที่สถานีรับส่งสิ่งส่งตรวจ ได้ปรับเปลี่ยนใหม่นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ลดลงจากเดิม เนื่องจากขั้นตอนการยกภาชนะส่งตรวจ รถเข็น ของกระบวนการทำงานแบบเดิมได้ถูกปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ โดยจากการใช้กำลังคนเป็นการใช้กำลังของรถขนส่งสิ่งส่งตรวจอัตโนมัติแทน ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่า โดยเจ้าหน้าที่ไม่ต้องยกภาชนะส่งตรวจ ใส่รถเข็นเอง เพราะอาศัยประโยชน์จากระบบการขนส่งอัตโนมัติ

จากการวิเคราะห์ท่าทางการเดินทางทำงานของเจ้าหน้าที่ในสถานีรับส่งสิ่งส่งตรวจ เพื่อทำการประเมินความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานโดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงท่าทาง

โครงสร้างและส่วนประกอบการพัฒนากระบวนการพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ตามเส้นของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV)



ภาพที่ 4.25 ส่วนประกอบของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ที่ได้จาก QFD

ตัวโครงสร้างของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) ทำจากวัสดุที่เป็นอลูมิเนียม และชุดประกอบแผงวงจรทำจากวัสดุ ด้านล่างประกอบไปด้วยชุดระบบขับเคลื่อนด้วยล้อออกแบบ 4 ล้อ ด้านบนมีแผงวงจรและช่องอินพุต ส่วนด้านหน้ามีเซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยมีส่วนประกอบได้ดังนี้คือ

- (1) เซอร์โวมอเตอร์ (ZYTD45S-R-019-190304DC 12V 9000 RPM.) หน้าที่ใช้ขับเคลื่อนล้อ
- (2) ปุ่มป้อนคำสั่ง (Push Button) หน้าที่ใช้ป้อนคำสั่ง
- (3) เมนบอร์ด Arduino (Microcontrollers) หน้าที่ใช้ติดต่อสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ
- (4) เซ็ตสวิตช์แบบกุญแจ (Key Switch Module) หน้าที่ใช้เปิด/ปิด เครื่อง
- (5) ล้อ (Wheel) หน้าที่ใช้ขับเคลื่อน
- (6) โมดูลตรวจจับเส้น (Cytron Advanced Auto-Calibrating Line Sensor) หน้าที่ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับเส้นทำงานบนพื้นผิวที่มีสีแตกต่างกันได้หลายสี

(7) วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (Cytron 13A, 5-30V Single DC Motor Controller) หน้าที่ ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

(8) วงจรบอร์ดแบตเตอรี่ (NPE Kit Battery Check PK-3008) หน้าที่ บอกระดับแบตเตอรี่

(9) อลูมิเนียมรีดขึ้นรูป (Aluminum profile) หน้าที่ ใช้เป็นโครงสร้าง

(10) แผ่นอะคริลิก (Acrylic Clear Sheet) หน้าที่ ใช้เป็นโครงสร้าง

(11) เซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Ultrasonic Sensor HC SR04 Module for Arduino) หน้าที่ ตรวจจับสิ่งกีดขวาง

(12) แบตเตอรี่ 12V (Transpower VRLA Battery 12V 12A) หน้าที่ ใช้จัดเก็บพลังงานไฟฟ้า

(13) อะลูมิเนียมสำหรับยึดมอเตอร์ ซ้าย/ขวา (Aluminum L-R Bracket) หน้าที่ อะลูมิเนียมสำหรับยึดมอเตอร์ ซ้าย/ขวา

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์และระบุปัญหาพร้อมทั้งทบทวนทฤษฎีการออกแบบการลำเลียงขนถ่ายอัตโนมัติ ออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) เพื่อสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ และ ทดสอบสมรรถนะของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) เพื่อได้ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) ได้ต้นแบบกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ ด้วยรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) แบบของรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) ทราบถึงสมรรถนะของระบบการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์รถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

การวิจัยครั้งนี้ได้สร้างรูปแบบการออกแบบผลิตภัณฑ์ และดำเนินงานของห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ชั้น 9 อาคารกัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประกอบด้วยองค์ประกอบของปัจจัยทั้ง 6 ด้าน คือด้านประสิทธิภาพการผลิตด้านคุณภาพ ด้านต้นทุน ด้านการขนส่งและการส่งมอบ ด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม และด้านขวัญและกำลังใจ โดยนำปัจจัยรองในแต่ละด้านมาเป็นปัจจัยในการสร้างรูปแบบการบริการการผลิตและดำเนินงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสถาบันการให้บริการด้านเพื่ออุตสาหกรรมสุขภาพ สร้างเครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการวางระบบการขนส่งสิ่งส่งตรวจ ประกอบด้วยปัจจัยความต้องการของผู้ที่ส่วนเสียการทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านการ ใช้งาน ด้านวัสดุ ด้านรูปแบบ ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวก นำมาแปลงข้อมูลในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle)

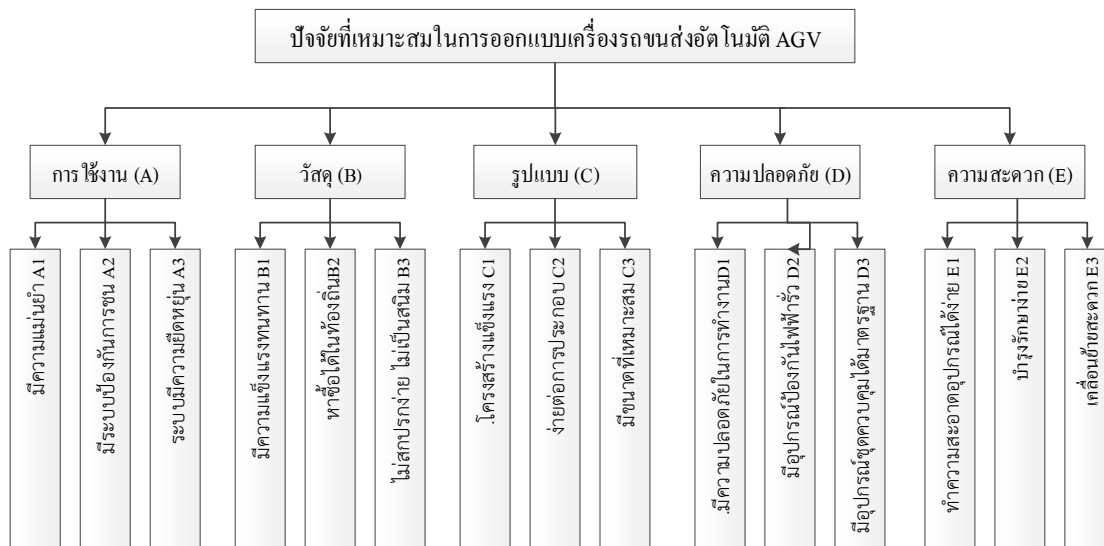
การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสมผสานการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ วิธีการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาและสังเคราะห์เอกสาร งานวิจัย และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการออกแบบและบริหารการผลิตและดำเนินงาน นวัตกรรมเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ศึกษาสภาพปัญหาของผู้ที่มีส่วนได้เสีย โดยการสัมภาษณ์ผู้ที่มีส่วนได้เสีย และ ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชันสูตร (Specimen) ชั้น 9 อาคารกัลยาณิวัฒนาอนุสรณ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสร้างแบบสอบถาม จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการบริหารการผลิตและดำเนินงาน ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเครื่องมือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต แล้วนำปัจจัยที่ได้ผ่านการสังเคราะห์ไปสร้างรูปแบบการออกแบบและบริหารการผลิตและดำเนินงาน นำปัจจัยไปสู่ขั้นตอนการออกแบบและสร้างรถขนส่งอัตโนมัติ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการขนส่งสิ่งส่งตรวจ ที่เหมาะสมหน่วยงานที่มีความยืดหยุ่นในการทำงาน จากนั้นนำรูปแบบของความต้องการ ผู้ที่มีส่วนได้เสียและเจ้าหน้าที่ ผู้วิจัยได้ศึกษาและสร้างขึ้นไปขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ที่มีส่วนได้เสียและเจ้าหน้าที่ เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารการกระบวนการขนส่งตัวอย่างทดสอบทางการแพทย์ และ

การปฏิบัติงานที่มีรูปแบบที่เหมาะสมและนำรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) ไปทดลองใช้กับผู้ที่มีส่วนได้เสีย และ ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (Specimen) ชั้น 9 อาคารกัลยาณิวัฒนานุสรณ์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอสรุปผลตามวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบและพัฒนารถขนส่งอัตโนมัติ AGV (Automated Guided Vehicle) โดยการประยุกต์เครื่องมือด้านปรับปรุงคุณภาพ QFD ร่วมกับการวิเคราะห์กระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ ร่วมกับเทคนิค FSUDEE ที่มี 5 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ด้านการใช้งาน ด้านวัสดุ ด้านรูปแบบ ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวก สามารถเขียนในรูปแบบโมเดลปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV ดังแสดงในภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 โมเดลปัจจัยที่เหมาะสมในการออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV

5.1.2 ผลการออกแบบออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV โดยประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ร่วมกับเทคนิค FSUDEE วิเคราะห์เครื่องโดยกำหนดเป็นชุด ๆ เพื่อให้ครอบคลุมและเข้าถึงปัญหามากที่สุด ส่งผลให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ละเอียด โดยสามารถแยกได้ 8 ชุด ดังนี้ (1) ชุดตัด (2) ชุดป้อน (3) ชุดสับ (4) ชุดพ่น (5) ชุดคาน (6) ชุดต่อพ่วง (7) ชุดฝาครอบ และ (8) ชุดล้อ รายละเอียดดังภาคผนวก ค

5.1.3 ผลการเขียนแบบเครื่องเก็บเกี่ยวออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV โดยนำข้อมูลจากการออกแบบ มาเขียนแบบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SolidWorks 2014 และ Auto Cad 2014 มีรายละเอียดดังนี้

5.1.3.1 แบบภาพประกอบ 3 มิติ

5.1.3.2 แบบภาพประกอบ 2 มิติ

5.1.3.3 แบบสั่งงานการผลิต

5.1.4 ผลการประเมินคุณภาพแบบสังเกตการณ์การผลิต โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพด้านการเขียนแบบสังเกตการณ์การผลิต 90 % ใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านประเมินผล ผลการประเมินแบบสังเกตการณ์ผ่านเกณฑ์ ที่ระดับคะแนน 94.2%

5.1.5 ผลการประเมินต้นทุนรวมก่อนสร้างต้นแบบ จำนวนเงิน 253,000 บาท (สองแสนห้าหมื่นสามพันบาทถ้วน) พร้อมทั้งสร้างต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ได้ ออกแบบรถขนส่งอัตโนมัติ AGV (ชุดขับเคลื่อน) ต้นแบบ จำนวน 1 เครื่อง

5.1.6 ผลการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดปัจจัยการทดลอง 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยการเคลื่อนที่ตัดและปัจจัยความเร็วรอบชุดมอเตอร์ขับเคลื่อน แต่ละปัจจัยศึกษา 3 ระดับ และทดลองซ้ำ 4 ครั้ง จากการวิ่งทดสอบและทดสอบค่าทางสถิติพบว่าปัจจัยการเคลื่อนที่และปัจจัยความเร็วรอบชุดมอเตอร์ขับเคลื่อนมีผลทำให้ต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ยังพบว่าความเร็วรอบชุดหัวตัดที่เหมาะสมคือ 1,800 รอบ/นาที ที่อัตราการเคลื่อนที่ 5 กิโลเมตร/ชั่วโมง

5.1.7 ผลการประเมินสมรรถนะเครื่อง ใช้ผลจากการทดสอบโดยนำค่าที่ดีที่สุด มาทำการวิเคราะห์พบว่า รถขนส่งอัตโนมัติ AGV ต้นแบบที่สร้างขึ้น รับน้ำหนักสิ่งของได้ 10 กิโลกรัม สามารถวิ่งต่อเนื่องได้นานถึง 10 ชั่วโมง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม รถขนส่งอัตโนมัติ AGV ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนา

ก่อนปรับปรุง				หลังปรับปรุง	วิธีแก้ไข
Lists	Computer	PLC	Microcontroller	PLC	
ความเสถียร	มาก	มาก	น้อยกว่า	มาก	
ความเร็วในการประมวลผล	มาก	ค่อนข้างมาก	น้อยกว่า	ค่อนข้างมาก	
ราคา	สูง	สูง	ถูกกว่ามาก	สูง	
ความยืดหยุ่นของโปรแกรม	มาก	น้อยกว่า	มาก	ค่อนข้างมาก	
กำลังไฟฟ้า	สิ้นเปลือง	สิ้นเปลือง	ประหยัดมาก	ประหยัด	

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าอุปกรณ์ควบคุม รถขนส่งอัตโนมัติ AGV ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนาสามารถแก้ปัญหาที่พบจากการใช้งานและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานในกระบวนการทำงานที่สถานีรับส่งสิ่งส่งตรวจ ได้ปรับเปลี่ยนใหม่นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ลดลงจากเดิมเนื่องจากขั้นตอนการยกภาชนะส่งตรวจ รถขึ้น ของกระบวนการทำงานแบบเดิมได้ถูกปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ โดยจากการใช้กำลังคนเป็นการใช้กำลังของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) แทน ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่า โดยพนักงานไม่ต้องยกภาชนะส่งตรวจ ใส่รถขึ้นเอง เพราะอาศัยประโยชน์จากระบบการขนส่งอัตโนมัติ ด้านอุปกรณ์ควบคุมวิจัยได้ใช้เทคนิคในการแก้ไขปรับปรุงด้วย ระบบควบคุมแบบ

สัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ (PID) ของชุดควบคุม PLC ในข้อด้อย มาทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน ดังในตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อเด่นและข้อด้อยของอุปกรณ์ควบคุม รถขนส่งอัตโนมัติ AGV ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนา

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบต้นทุน เพื่อให้มั่นใจว่ารถขนส่งอัตโนมัติ AGV ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนาสามารถแก้ปัญหาได้ครบทุกด้าน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบ เวลาการทำงาน ค่าแรง เจ้าหน้าที่ กับ รถขนส่งอัตโนมัติ

พื้นที่	รายการ	ใช้เจ้าหน้าที่	รถขนส่งอัตโนมัติ AGV (ต้นแบบ)
130 เมตร	เวลาในการทำงาน	8 ชั่วโมง	10 ชั่วโมง
	ค่าแรง	15,000 บาท/เดือน	1,000 บาท/เดือน
	จำนวนผู้ปฏิบัติงาน	15 คน	1 เครื่อง

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าขนส่งอัตโนมัติ AGV (ต้นแบบ) ที่ผ่านการออกแบบและพัฒนาสามารถลดการใช้แรงงานคนและลดเวลาในการเดินขนส่งสิ่งส่งตรวจ ได้มากกว่าเท่าตัว ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถตอบสนองตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

5.2 อภิปรายผล

การอภิปรายผล ผู้วิจัยแยกการอภิปรายเป็นรายข้อดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบขนส่งอัตโนมัติ AGV (ต้นแบบ) โดยเริ่มตั้งแต่การสังเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา ได้ปัจจัยเบื้องต้นก่อนนำโปรแกรมสำเร็จรูปมาช่วยในการดำเนินการ เพื่อให้กระบวนการวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำ เมื่อได้ปัจจัยที่ส่งผลต่อการออกแบบจะเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์และออกแบบซึ่งทางผู้วิจัยได้ศึกษาพบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์จะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือจึงเลือกใช้ เทคนิค QFD ที่นิยมใช้มาใช้ในการวิเคราะห์ผนวกกับใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบ FSUDEE ที่ผู้วิจัยมีความถนัดนำมาสังเคราะห์ หาจุดที่สามารถใช้งานวิเคราะห์ร่วมกันได้โดยเมื่อศึกษาแล้วเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงได้ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบโดยพิจารณาถึงปัญหาและเสี่ยงผู้ที่มีส่วนได้เสียและเจ้าหน้าที่ หลังจากได้ข้อมูลการแก้ปัญหานำมาถ่ายทอดให้เป็นฟังก์ชัน หน้าที่ในเครื่องที่ทำการออกแบบ จากนั้นถ่ายทอดออกมาในรูปของแบบสั่งงานการผลิต และนำมาประเมินผลความถูกต้องโดยกำหนดผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถ ประเมินผลโดยกำหนดเกณฑ์การประเมินให้สอดคล้องกับความต้องการหรือความคาดหวัง เมื่อดำเนินการด้านการประเมินคุณภาพทำให้มั่นใจได้ว่าความผิดพลาดจะลดน้อยลง จากนั้นประเมินต้นทุนการสร้างเพื่อให้สามารถวางแผนการใช้จ่ายได้ก่อนลงมือสร้างต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ และเพื่อให้ควบคุมตัวแปรที่จะเกิดขึ้นเมื่อใช้งานจะต้องทำการออกแบบการทดลองเพื่อการออกแบบชุดควบคุม หาปัจจัยที่มีผลต่อเครื่องที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมและหาทางแก้ไขก่อนใช้งาน จากนั้นทดลองและสรุปผลการทดลอง ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวจะทำให้ทราบค่าอื่น ๆ เช่นกำลังการผลิตหรือเทคนิคการการปรับตั้งค่าพารามอเตอร์ และกระบวนการทำงาน

ที่สถานีรับส่งสิ่งส่งตรวจ ได้ปรับเปลี่ยนใหม่นั้นมีขั้นตอนการทำงานที่ลดลงจากเดิม ขั้นตอนการยกภาชนะส่งตรวจ รถเข็น ของกระบวนการทำงานแบบเดิมได้ถูกปรับเปลี่ยนวิธีการใหม่ โดยจากการใช้กำลังคนเป็นการใช้กำลังของรถขนส่งอัตโนมัติ (AGV) แทน ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่า โดยพนักงานไม่ต้องยกภาชนะส่งตรวจ ใส่รถเข็นเอง ลดการสูญเสียเวลาในการเดิน เพื่อประสิทธิภาพในส่วนงานอื่น ๆ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.3.1.1 ขั้นตอนการเคลื่อนที่ทดสอบพบว่า ลูกกลิ้งล้อ บ่อยครั้งและหยุดชะงักบ่อยครั้ง และพบว่าพื้นกระเบื้องมีความชื้นและลื่น ซึ่งส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพในการเคลื่อนลดลง จะต้องออกแบบชุดควบคุมการเคลื่อนที่ล้อ ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ทุกพื้นผิว

5.3.1.2 เจ้าหน้าที่ยังมีความกังวลเรื่องการนำเอารถขนส่งอัตโนมัติ มาแทนเจ้าหน้าที่

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 การวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาขนส่งอัตโนมัติ ตัวที่ 2 หรือ มากกว่านั้นจะต้องศึกษาระบบเส้นทางการจราจรใหม่สำหรับการเคลื่อนที่ ของรถขนส่งอัตโนมัติ ตัวเดินสามารถประยุกต์ยืดหยุ่นในการใช้งานร่วมกันได้

5.3.2.2 ผู้วิจัยควรมีองค์ความรู้พื้นฐานทางช่างและองค์ความรู้เฉพาะด้านเพื่อให้เข้าถึงปัญหาและสามารถแปลงความต้องการออกมาตอบสนองในรูปแบบของฟังก์ชันการออกแบบได้อย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กฤติน ชุณหะช่วงโชติ. แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต กรณีศึกษา: น้ำดื่ม
ลานดาว มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาธุรกิจ
มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2557.
- กิตติพงษ์ ดวงตาผา และธีรวัฒน์ อุไรสาย. รายงานวิจัยออกแบบเครื่องผสมอาหาร TMR.
ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 2557.
- กิตติพงษ์ ประสงค์การ และคณะ. “ประเมินปัจจัยเสี่ยงท่าทางการทำงานในกระบวนการผลิต”,
วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 9(2):
59-70; กรกฎาคม – ธันวาคม, 2557.
- เจษฎา เกตุพ่อคำ. การปรับปรุงกระบวนการทำงานตามหลักการยศาสตร์ในห้องปฏิบัติการของ
โรงงานปุย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์,
2557.
- จักรกฤษณ์ ลัทธนิชพันธ์. การจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา: ส่วนผลิตอุปกรณ์ต่อพ่วงใน
โรงงานตัวอย่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551.
- จักรพันธ์ สุริยกุล ณ อยุธยา. การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพ
ของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต:
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, 2555.
- ชาติรี หอมเขียว. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิง
คุณภาพ กรณีศึกษา: โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2552.
- ณัฐวัฒน์ วงศ์อาษา. แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตน้ำดื่ม กรณีศึกษา: น้ำดื่มทิพย์
สยาม R.O. อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจ
มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2555.
- ธนา นาคโนนหัน. รายงานวิจัยการออกแบบเชิงพัฒนารถสเปร์ยยาง. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 2558.
- ธีรพล โตพันธานนท์. โครงการศูนย์การแพทย์เฉพาะทางกรมการแพทย์ (DMS Medical
Complex). นนทบุรี: กรมการแพทย์, 2559.
- นิธิเศรษฐ์ เพชรจู. การลดความเสี่ยงของการบาดเจ็บจากการทำงานโดยหลักการทางกายศาสตร์
กรณีศึกษาสหกรณ์กองทุนสวนยางพิจิตร จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร
มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2555.
- นิพนธ์ เรื่องวิริยะนันท์ และมานะ ทะนะอัน. “การศึกษารถขนส่งวัสดุในโรงงาน บทความนี้นำเสนอ
ผลการทดสอบรถขนส่งวัสดุ”, วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
6(2): 34-50; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2554.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- พงศ์เทพ ดวงมาศ. **การพัฒนาระบบควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจี้วี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- ไพฑูรย์ ปะการะพัง. **การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคสลิ: กรณีศึกษา กระบวนการผลิตอิฐหรือคอนกรีตบล็อก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2555.
- มงคล ตันนามล และคณะ. “หลักการทำงานของ Stepping Motor”, **Stepping Motor**. <https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-stepping-motor/>. 30 ธันวาคม, 2560.
- เมธินี ครุสันธิ์ และสุนิสา ชายเกลี้ยง. “การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ในพนักงานสำนักงานมหาวิทยาลัย”, **วารสารวิจัย มข.** 19(5): 696-707; กันยายน-ตุลาคม, 2557.
- ราชบัณฑิตยสถาน. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2542**. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์, 2546.
- วรารณณ์ พกนนท์. **การประยุกต์เทคนิคการแปรหน้าที่คุณภาพในการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, 2546.
- วิฑูรย์ ต้นศิริคงคล. **กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก**. กรุงเทพฯ: กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง เซ็นเตอร์, 2556.
- วีรชัย มัญญารักษ์ และคณะ. “แนวทางการปรับปรุงการทำงานเพื่อลดปัญหาทางการยศาสตร์ของเกษตรกร ชาวสวนยาง: กรณีศึกษาในพื้นที่อำเภอมะนัง จังหวัดสตูล”, ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ครั้งที่ 10**. น.452-465. สุราษฎร์ธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, 2557.
- सानนท์ บุญมี และเชิดชัย จันทองแท้. **หุ่นยนต์เก็บลูกปิงปอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 2547.
- สิทธิชัย ยกถาวร. **รายงานวิจัยการออกแบบรูปแบบบริการสำหรับผู้ป่วยนอกของแผนก หูคอจมูก ในโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ**. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2554.
- สุดาร์ตน์ ตรองพาณิชย์. **การปรับปรุงคุณภาพในการบริการของธุรกิจทางด้านการขนส่งโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพและกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์: กรณีศึกษา การขนส่งแบตเตอรี่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมอุตสาหการบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- สุนทร นาคโนนหัน. **หนังสือประกอบการสอนวิชาโครงการ**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 2555.
- สุวิทย์ ธรรมแสง และดนัย สอนสุภาพ. **รายงานวิจัยการออกแบบเครื่องเก็บกะหล่ำสำหรับติดรถไถนาเดินตาม**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น, 2559.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สุวินัย ชัยชาญ และอดิศร กรมพล. รายงานวิจัยการออกแบบเชิงพัฒนาเครื่องอัดถ่านแท่ง
กึ่งอัตโนมัติ. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น,
2558.
- อรุณ สังขพงศ์กลางเดือน และคณะ. “การปรับปรุงสถานีนงานตามหลักการยศาสตร์เพื่อลดความเสี่ยงที่
ก่อให้เกิดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของแรงงานในกระบวนการผลิตปลาห่าน”,
วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 23(3): 654-663; กันยายน- ธันวาคม
2556.
- อดุลย์ พุกอินทร์. หุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม. อุดรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์, 2552.
- อมรรัตน์ ปินตา. การปรับปรุงสินค้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ
(QFD) กรณีศึกษาโรงงานผลิตของเล่นไม้เพื่อการศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
- อรรถกร เก่งพล. “เทคนิคการแปลภาษาลูกคำให้เป็นภาษาของนักออกแบบผลิตภัณฑ์”, วารสาร
ส่งเสริมเทคโนโลยี. 28(160): 124-128; กุมภาพันธ์, 2547.
- อรรถกร เก่งพล. วิศวกรรมคอนเคอร์เร้นท์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2548.
- อรุณีย์ พรหมศรี. “ท่าทางและการบาดเจ็บจากการทำงานในกลุ่มผู้จักสานผักตบชวา: การศึกษานำ
ร่อง”, วารสารนเรศวรพะเยา. 7(3): 204-211; กันยายน-ธันวาคม, 2557.
- เอกพล ทิพย์ภักดี. รายงานวิจัยหุ่นยนต์เก็บลูกบอล. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม,
2552.
- Akao, Y. “Past, present, and Future”, *International Symposium on Quality
Function Deployment, October 1-2, Linkoping, Sweden.* p.19-29.
Linkoping, Sweden: The University of Linkoping, 1997.
- American Supplier Institute. *Quality Function Deployment: A Collection of
Presentation and QFD Case Studies.* Dearborn, Michigan: American
Supplier Institute, 1987.
- Benner, M. and et al. “Quality Function Deployment (QFD) – can it be used to
develop food products?”, *Food Quality and Preference.* 14(1): 327-339;
May, 2002.
- Chin, K. S. and et al. “An AHP base study of Critical factor for TQM implementation
in Shanghai manufacturing industries”, *Journal of Technovation.* 22(1):
707-715; January, 2002.
- Das, S. K. “Design and Methodology of Line Follower Automated Guided Vehicle-A
Review”, *Journal of Mechanical and Civil Engineering.* 2(10): 29-35; May;
2016.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Duffuaa, S. O., Al-Turki, U. M. and Hawsawi, F. M. “Quality function deployment for designing a basic statistics course”, **International Journal of Quality & Reliability Management**. 20(6): 740-750; June, 2003.
- Gokce, B. and Simsir, E. “Design and Improvement of Route Plans with Multiple Automated Guided Vehicles for Mechatronics Education”, In **2nd International Conference on Engineering and Natural Sciences**. P. 227- 234. Tokyo: Waseda University, 2016.
- Govers, A. “QFD not just a tool but a way of quality management”, **International Journal of Production Economics**. 69(1): 151-159; January, 2001.
- Jafari, S., Barenji, R. V. and Hashemipour, M. “Towards an Automated Guided Vehicle (AGV) in Sprinkler Irrigation”, **International Journal of Environmental Science and Development**. 4(5): 456-460; October, 2013.
- Keeney, R. L. and Raiffa, H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade offs**. New York: Wiley, 1976.
- Koksal, G. S. and Egitman, A. P. “Planning and Design of Industrial Engineering Education Quality”, **Computers & Industrial Engineering**. 35(3-4): 639-642; March-April, 1998.
- Ngai, E. W. T. and Chan, E. W. C. “Evaluation of knowledge management tools using AHP”, **Journal of Expert systems with Application**. 29(4): 889-899; April, 2005.
- Patovi, F. Y. “An Analytic Model to Quantify Strategic Service Vision”, **International Journal of Service Industry Management**. 12(5): 476-499; May, 2001.
- Piyare, R. K, Member, I. and Singh, R. “Wireless Control of an Automated Guided Vehicle”, In **Proceedings of International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2011**. P. 58-66. Hong Kong: The University of Hong Kong, 2011.
- Prasad, A., Halale, V. P. and Bora, S. V. “A Model Based Approach for Algorithm Development in Real Time Operation of Automated Guided Vehicle Using Labview”, **International journal of Engineering development and research**. 2(3): 3066-3072; September, 2014.
- Sahoo, G. B. **Multicriteria Irrigation Planning: Phitsanulok Irrigation Project, Thailand**. Master’s Thesis: Asian Institute of Technology, 1998.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Schulze, L., Behling, S., and Buhrs, S. The Approach of Automated Guided Vehicle Systems”, In **Proceedings of International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists 2008**. P. 130-137. Hong Kong: The University of Hong Kong, 2008.
- Shingo, S. and Ohno, T. **Pioneers of Lean Manufacturing**. Kansas: Strategos, Inc., 1970.
- Tarbada, D. “Material Handling Equipment for Small Scale Industry International”, **Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology**. 6(4): 5879-5885; April, 2017.
- Yaghoubi, S. “Designing and Methodology of Automated Guided Vehicle Robots”, **International Journal of Research & Reviews in Applied Sciences**. 13(1): 340; October, 2012.
- Yamane, T. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd ed. New York: Harper and Row, 1973.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
พัฒนาการออกแบบจำลองรถลำเลียงอัตโนมัติ (เอจีวี)
ด้วยการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ



การประชุมวิชาการงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

พัฒนาการออกแบบจำลองรถลำเลียงอัตโนมัติ(เอจีวี)ด้วยการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ Development of automatic(AGV) conveyor simulation of Quality Function Deployment

นันทพันธ์ กนกศิริจุฑิยา^{1*} คณิศร ภูนิคม¹

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

E-mail: buriphan@hotmail.com¹ * dr_kanitsorn@gmail.com¹

Nunthaphan Kanoksirujisaya^{1*} Kanisorn Poonikom²

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University

E-mail: nunthaphan_th@hotmail.com¹ * dr_kanitsorn@gmail.com²

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและตัวชี้วัดในการออกแบบรถลำเลียงขนส่งตรวจอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD เพื่อความต้องการของกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในท้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงตร จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า ข้อกำหนดที่มีค่าความสำคัญมากที่สุดจากตาราง QFD 5 อันดับแรกในการออกแบบคือ ต้องมีความแม่นยำในการใช้งาน (11.76) ขนาดของรถ AGVต้องเหมาะสมกับพื้นที่ภายในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงตร (11.60) มีความปลอดภัยสูงขณะทำงาน (11.25) ราคาต้นทุนและการบำรุงรักษาจะต้องมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (10.27) และ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (10.14) และการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นโดยใช้โปรแกรม Expert Choice ทำให้ได้แนวทางการเลือกแบบรถ AGV ที่มีค่าความสำคัญมากที่สุดคือ รถAGV แบบการนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่อง มีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 43.3 % อันดับที่สอง คือ รถ AGVแบบการนำร่องไร้สายคะแนนความสำคัญ 36.7% และอันดับที่สาม คือ การนำร่องผสมไร้สายกับเดินนำร่องมีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 20%ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย นอกจากจะสามารถช่วยออกแบบรถAGVให้มีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานแล้วยังสามารถแสดงให้เห็นแนวทางในการประยุกต์เทคนิค QFD และ AHP ในงานลักษณะอื่นๆ ได้

คำหลัก รถลำเลียงขนส่งตรวจอัตโนมัติ,ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงตร

Abstract

The aims of this research were to identify the factors and indicators in the Automated Guided Vehicles (AGV) design using the quality function deployment technique (Quality Function Deployment: QFD) which response to the Blood Bank, Faculty of Medicine, Khon Kaen University users desire the analysis hierarchy technique was used to decide to choose the Blood Bank, Faculty of Medicine, Khon Kaen University AGV design for the Blood Bank, Faculty of Medicine, Khon Kaen University users. The operation of research comprised of studied the AGV users' desire by interviews and review of related research. Questionnaire were uses as the research tools to rate the importance of each indicator to the user. Then each factor applied to the previous qualitative QFD matrix which separate to two matrix the tensor product planning to the needs of users to the technical requirements and the design matrix. Then applied the design requirements of QFD to design 3 types of the AGV and uses a hierarchical analysis process to find the appropriate AGV design which served users' desire. The result of this study presented the 5 prioritized design from QFD table were The Precision in use. (11.76), The size of the AGV(11.60) ,the Security(11:25), Cost, and maintenance (10.27), and Environmentally Friendly Products and Services (10.14) From the oriented hierarchy analysis using Expert Choice gives the guidelines to select the most appropriate AGV is : The Navigation with 43.3% score. The Wireless



การประชุมวิชาการงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

navigation with the score of 37.7% and the third is a three Mixed pilot as 20%. The results of the research In addition it can help to efficiently design products AGV. Meet the needs of users but also shows the way in applying QFD and AHP in the other.

Keywords: Automated Guided Vehicles (AGV), Blood Bank

1. บทนำ

ในการพัฒนาประเทศไทยได้ “ประเทศไทย 4.0” เป็นอีกนโยบายหนึ่งที่เป็นการวางรากฐานการพัฒนาประเทศในระยะยาว เป็นจุดเริ่มต้นในการขับเคลื่อนไปสู่การเป็นประเทศที่มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนตามวิสัยทัศน์รัฐบาลเป็นรูปแบบที่มีการผลักดันการปฏิรูปโครงสร้างเศรษฐกิจ การปฏิรูปการวิจัย และการพัฒนา ระยะเวลาภายใน 5 ปี ในปี พ.ศ. 2564 การพัฒนาระบบบริการโรงพยาบาลให้เป็น Automated Hospital โดยมี Personal Health record เป็นศูนย์กลางของข้อมูลเชื่อมต่อเครื่องมือทางการแพทย์ และ Smart Device เพื่อจับเก็บข้อมูลและสั่งการ เช่น เครื่องจัดยาอัตโนมัติ เครื่องเตือนให้ผู้ป่วย รับประทานยา (Personal digital Device assistance) จัดหา Computer Aided Diagnosis system เช่น เครื่องช่วยแปลผล Mammogram ที่ผ่านการรับรองในระดับนานาชาติ ตลอดจนมีระบบบัญชีและคลังพัสดุอิเล็กทรอนิกส์ คิดค้นและพัฒนา Service aided Robot เพื่อช่วยในการ ดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดมากขึ้น จัดหาเทคโนโลยี Robotic Surgery เพื่อทำให้การผ่าตัดสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น มีประโยชน์อย่างมากในการผ่าตัด โดยเฉพาะการผ่าตัดในที่แคบๆ และจะมีการเสียเลือดน้อยกว่าเนื่องจากมีความแม่นยำที่สูงยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีความเจ็บและความบอบซ้ำ ของแผลผ่าตัดน้อยกว่าแบบเดิมซึ่งมีความยุ่งยากและเสี่ยงต่อการมีภาวะแทรกซ้อนสูง (ที่มา : กรมการแพทย์และ THAILAND 4.0 ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ คือ ห้องปฏิบัติการสำหรับตรวจส่งตรวจ (Specimens) ของผู้เข้ารับบริการตรวจทางสุขภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสุขภาพร่างกาย สำหรับประเทศไทย ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ อาจจะมีความหมายได้หลายแบบ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการทางเทคนิคการแพทย์ ห้องปฏิบัติการพยาธิวิทยาคลินิก และห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง เป็นต้น [1]

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การศึกษาองค์ประกอบและปัจจัยในการออกแบบรถลำเลียงขนส่งส่งตรวจ (Automated Guided Vehicle - AGV) หรือเรียกสั้นๆว่า รถ AGV จากการสำรวจผู้มีส่วยได้เสียในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง โดยการสัมภาษณ์และจากการเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 การสังเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบและปัจจัยที่ได้จากผู้มีส่วนได้เสียของห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง และเอกสารงานวิจัย ผู้วิจัยได้นำเทคนิคเพื่อการตัดสินใจแบบกลุ่ม Nominal Group Technique (NGT) มาช่วยในการตัดสินใจและจัดอันดับองค์ประกอบและปัจจัยต่างๆ โดยใช้เทคนิคสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

2.3 พัฒนาแบบสอบถาม นำผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.2 มาใช้ออกแบบสอบถาม “ปัจจัยความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียรถ AGV ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง ” เพื่อขอข้อคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีต่อปัจจัยต่างๆ โดยแบบสอบถามได้ยึดหลักการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจของ Keeney และ Raiffa

2.4 การคัดเลือกผู้เกี่ยวข้องและส่งแบบสอบถามให้ผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ สิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 8 ท่าน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง เพื่อขอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม ความสอดคล้องและความตรงในเชิงเนื้อหาของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบรถลำเลียงขนส่งส่งตรวจได้

2.5 วิเคราะห์และประมวลผลแบบสอบถาม นำแบบสอบถามที่ได้รับการวิเคราะห์ (IOC) จากผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตในหมวดของปัจจัยที่ตรงและครอบคลุม โดยเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อย

2.6 นำปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป 4 อันดับแรกของปัจจัยหลักมาพิจารณาเพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Important Rating : IMP) ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามในการหาค่า IMP โดยพิจารณาจำนวนขนาดกลุ่มผู้มีส่วยได้เสียห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง ที่เลือกมาเป็นตัวแทนศึกษา โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อยสุดจะเป็นเกณฑ์ที่สามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้กับการดำเนินงานได้ การใช้ขนาดตัวอย่างที่น้อยสามารถทำให้ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าการใช้ตัวอย่างจำนวนมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดตัวอย่างจากทฤษฎีของ Yamanee เพื่อนำขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้เป็นเกณฑ์ว่าแบบสอบถามที่



ตอบกลับนั้นเป็นที่ยอมรับนำเชื่อถือ โดยมีสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างดังสมการที่ 1

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

โดยที่ n คือ ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้

N คือ จำนวนประชากร

E คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

2.7 คำนวณคะแนนความสำคัญได้ใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเนื่องจากเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นค่ากลางของข้อมูลเมื่อข้อมูลนั้นๆ ไม่มีค่าใดค่าหนึ่งสูงกว่าค่าอื่นและข้อมูลไม่มีค่าเป็นศูนย์ เมื่อข้อมูลเป็นค่าบวกการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตสามารถเข้าค่ากลางได้ดีที่สุด [2] โดยการคำนวณแสดงในสมการที่ 2

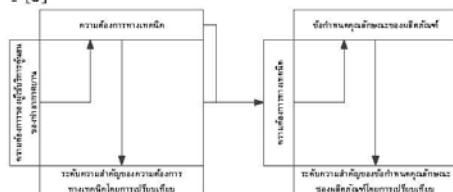
$$IMP = \sqrt[n]{(a_1 \times a_2 \dots a_n)} \quad (2)$$

โดยที่ a_i คือ ค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ i (โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$)

n คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูล

การคำนวณคะแนนความสำคัญจะนำไปใช้คำนวณกับแบบสอบถามทั้งหมดที่กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงตอบแบบสอบถามและนำเสียงความต้องการและคะแนนความสำคัญไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD

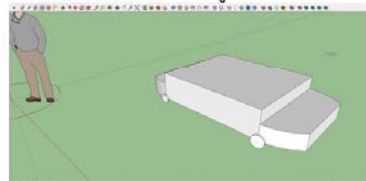
2.8 วิเคราะห์เทคนิค QFD เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูงต่อความต้องการรถ AGV เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ไปเป็นแนวทางในการออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียรถ AGV ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง ในปัจจุบัน ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD จึงทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 เมตริกซ์คือ (1) เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์และ (2) เมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1 [3]



รูปที่ 1 การเชื่อมโยงระหว่างเมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์และเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์

การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

2.9 การออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจ เป็นการนำเอาข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD เป็นข้อมูลในการออกแบบและการออกแบบใช้โปรแกรมออกแบบ 3 มิติในการออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจเบื้องต้นโดยผู้วิจัยได้ออกแบบรถ AGV



รูปที่ 2 ตัวอย่างการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยการออกแบบซึ่งมีคุณลักษณะแตกต่างกัน แต่มีข้อกำหนดหลักที่ได้จากตาราง QFD ในการออกแบบเหมือนกัน

2.10 วิเคราะห์การตัดสินใจในการเลือกการออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจที่เหมาะสมโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น AHP คือนำเอาปัจจัยเสียงความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียรถ AGV ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง จากการสำรวจและผ่านกระบวนการวิเคราะห์จากจากผู้ที่เกี่ยวข้อง

2.11 การกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถามจำนวน 20 ชุด จากการสัมภาษณ์คือ กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง, นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการลำเลียงขนส่งอัตโนมัติ

2.12 เมื่อกำหนดคะแนนน้ำหนักของปัจจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำค่าเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถามของแต่ละปัจจัยมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Expert Choice เพื่อเรียงลำดับความสำคัญนครบ โดยโปรแกรม Expert Choice จะประมวลผลออกมาตามน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยจนสุดท้ายได้แนวทางเลือกรถ AGV ที่เหมาะสมในการให้บริการในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง

3. ผลการวิจัย

3.1 จากการศึกษาปัจจัยความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง จากการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้เสียได้ตัวชี้วัดทั้งหมด 40 ตัวชี้วัด

3.2 ผลการจัดกลุ่มปัจจัย จากผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เทคนิคการสนทนาแบบกลุ่ม (Focus Group Discussion) ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยและตัวชี้วัด 16 ตัวชี้วัด

3.3 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียรถ AGV ในการหาปัจจัยหลักเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจที่เหมาะสมใช้ในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง



การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

การเปรียบเทียบข้อกำหนดของรถ AGV											
ข้อกำหนด	รถ AGV แบบ 1	รถ AGV แบบ 2	รถ AGV แบบ 3	รถ AGV แบบ 4	รถ AGV แบบ 5	รถ AGV แบบ 6	รถ AGV แบบ 7	รถ AGV แบบ 8	รถ AGV แบบ 9	รถ AGV แบบ 10	รถ AGV แบบ 11
1. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
2. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
3. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
4. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
5. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
6. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
7. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
8. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
9. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
10. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
11. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.
12. ความสามารถในการขนถ่ายวัสดุ	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.	1000 กก.

รูปที่ 3 แสดงเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์และเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งนำไปเป็นข้อกำหนดของชิ้นส่วนประกอบของรถ AGV โดยการเปรียบเทียบซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดของชิ้นส่วนในการออกแบบใดสามารถสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียรถ AGV ได้มากที่สุดหรือควรให้ความสำคัญของข้อกำหนดที่มีค่าความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรกในการออกแบบคือ ต้องมีความแม่นยำในการใช้งาน (11.76) ขนาดของรถ AGV ต้องเหมาะสมกับพื้นที่ภายในห้องปฏิบัติงานปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (11.60) มีความปลอดภัยสูงขณะทำงาน (11.25) ราคาต้นทุนและการบำรุงรักษาจะต้องมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (10.27) และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (10.14)

3.4 นำข้อกำหนดความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียรถ AGV มาออกแบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบรถ AGV 3 แบบคือ แบบที่ 1 แบบการนำร่องไร้สายแบบการนำร่องไร้สาย แบบที่ 2 แบบการนำร่องโดยใช้เซ็นเซอร์และแบบที่ 3 แบบการนำร่องผสมไร้สายกับเซ็นเซอร์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป 3 มิติ

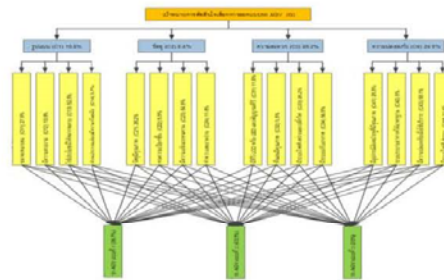
3.5 ผลการวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยรองโดยใช้โปรแกรม Expert Choice เป็นการวิเคราะห์แบบสอบถาม และผลที่ได้จะพิจารณาค่า CR น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ถือว่ายอมรับได้ ถ้าหาก CR มากกว่า 1 ถือว่ายอมรับไม่ได้

[Best Fit]	C2	C3	C4	C5
C1	1	5.0	9.0	1.0
C2		1	5.0	5.0
C3			1	5.0
C4				1

รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบข้อกำหนดหลักในการ

ภายหลังได้ความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย ข้อมูลค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความสำคัญของปัจจัยด้านลักษณะของรถ AGV ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสีย นำผลสรุปข้อมูลความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียที่ได้มาทั้งหมดมาแปลงเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement) เพื่อออกแบบข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งข้อกำหนดทางเทคนิคข้อหนึ่ง

อาจสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียได้หลายข้อ ซึ่งอยู่แถบด้านบนของ รูปที่ 3 และความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียจะอยู่ทางซ้ายมือของรูปที่ 3 เช่นกัน ค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญของการตัดสินใจเลือกแบบรถ AGV จะถูกกำหนดลงในช่อง IMP (Important) ซึ่งแสดงในรูปที่ 3 ออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจจากโปรแกรม Expert Choice



รูปที่ 4 แสดงแบบโครงสร้างเชิงลำดับชั้น (AHP Model)

จากรูปที่ 4 ทำการวิเคราะห์แบบสอบถามจนครบ โดยโปรแกรม Expert Choice จะประมวลผลออกมาตามน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยจนสุดท้ายก็จะได้ทางเลือกรถ AGV คือ รถ AGV แบบที่ 2 แบบการนำร่องโดยใช้เซ็นเซอร์ ที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

4. สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้มีส่วนได้เสียในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญ โดยนำมาประมวลผลเพื่อกำหนดปัจจัยที่มีความสำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบรถลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจ เพื่อให้ผู้มีส่วนได้เสียในห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง ที่จะต้องเดินขนส่งส่งสิ่งส่งตรวจหลายๆ รอบ ในการให้บริการระหว่างแผนก จากนั้นข้อกำหนดที่ได้จากเมตริกซ์ QED คือ

ต้องมีความแม่นยำในการใช้งาน (11.76) ขนาดของรถ AGV ต้องเหมาะสมกับพื้นที่ภายในห้องปฏิบัติการปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง (11.60) มีความปลอดภัยสูงขณะทำงาน (11.25) ราคาต้นทุนและการบำรุงรักษา



จะต้องมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (10.27) และ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (10.14)

มาทำการออกแบบลดความเสี่ยงสิ่งส่งตรวจทั้ง 3 แบบ คือ แบบการนำร่องไร้สาย, แบบการนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่องและแบบการนำร่องผสมไร้สายกับเดินนำร่อง หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์แบบสอบถามโดยโปรแกรม Expert Choice จะประมวลผลออกมาตามน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยก็จะได้ทางเลือก AGV เพื่อที่ตรงตามความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย คือ รถ AGV แบบการนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่อง มีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 43.3 % อันดับที่สอง คือ รถ AGV แบบการนำร่องไร้สายคะแนนความสำคัญ 36.7% และอันดับที่สาม คือ การนำร่องผสมไร้สายกับเดินนำร่องมีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 20%

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไวรจน์ อิมโพ และ คณิศร ภูนิคม, 2556, การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมตามกลุ่มความต้องการของลูกค้า โดยใช้หลัก QFD และ AHP, การประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 2556
- [2] คณิศร ภูนิคม, 2553, รูปแบบที่เหมาะสมในการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กรสู่มหาวิทยาลัยในกำกับดูแลของรัฐ: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, เอกสารการประชุมวิชาการ ข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553
- [3] อรรถกร เก่งพล และ อิดารัตน์ สลักคำ, 2554 กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1. 1 ม.ค.-เม.ย. 2554.
- [4] ดร.มณฑล ศาสนนันท์. 2550, การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรม ย้อนรอย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ
- [5] เลิศชาย ระตะนະอาพร และ อวิชชัย วรลักษณ์กิจ. 2548, การใช้เทคนิค Analytic Hierarchy Process ในการพัฒนาระบบการคัดเลือกพนักงานขับรถทดสอบ, วารสารวิศวกรรม มก. ฉบับที่ 57 ปีที่ 19
- [6] ดร.อรรถกร เก่งพล. 2548, วิศวกรรมคอนเคอร์เร็นท์, ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ

การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

- [7] นกิสพร มีมงคล, 2555. การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าระวางผู้ช่วย, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 17(4), หน้า 515-527
- [8] อรรถกร เก่งพลและคณะ, 2554. กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1
- [9] ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวีและคณะ, 2554. กิจกรรมการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ : กรณีศึกษารถบรรทุกกึ่งพวง, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1
- [10] Chee-Cheng Chen "Application of quality function deployment in the semiconductor industry : A case study" Computer & Industrial Engineering 58 (2010) 672-679.
- [11] Alessio Ishizaka and Ashraf Labib. "Selection of new production facilities with the Group Analytic Hierarchy Process Ordering method" Expert Systems with Applications 33(2011)7317-7325.

ภาคผนวก ข

การแปลงความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียเพื่อการออกแบบระบบลำเลียงขนส่งสิ่งส่งตรวจ
กรณีศึกษา ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์ชั้นสูง โรงพยาบาลศรีนครินทร์



การประชุมวิชาการถ่ายทอดงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

ออกแบบจำลองเครื่องมือขนส่งโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

Simulation of transportation tools using QFD

กิตติพงษ์ แสงบุตตี¹ คณิศร ภูนิคม²

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*E-mail: kittipong_sa1@hotmail.com¹, dr_kanitsorn@gmail.com²

Kittipong Sangbuddee^{1*} Kanisorn Poonikom¹

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon ratchathani University

E-mail: kittipong_sa1@hotmail.com^{1}, dr_kanitsorn@gmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยและตัวชี้วัดในการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) ให้ตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในคลังเลือดกลาง และใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ในการตัดสินใจเลือกการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ที่เหมาะสมต่อผู้มีส่วนได้เสียของคลังเลือดกลางการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยศึกษาความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียด้วยวิธีการการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานและเอกสารงานวิจัย ออกแบบสอบถามเพื่อหาคะแนนค่าความสำคัญแต่ละปัจจัยความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย จากนั้นนำแต่ละปัจจัยมาประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD โดยแยกออกเป็น 2 เมตริกซ์คือ (1) เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์โดยการแปลงความต้องการของผู้ใช้งานไปเป็นความต้องการทางเทคนิค (2) เมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำเอาข้อกำหนดจาก QFD ทำการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ 1 แบบ แล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นวิเคราะห์คะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยเพื่อเป็นแนวทางในการเลือก การออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ที่เหมาะสมกับผู้มีส่วนได้เสีย จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า ข้อกำหนดที่มีค่าความสำคัญมากที่สุดจากตาราง QFD 5 อันดับแรกในการออกแบบคือ ต้องมีความแม่นยำในการใช้งาน (12.00) ขนาดต้องมีความเหมาะสมกับพื้นที่ภายในคลังเลือดกลาง (11.60) มีความปลอดภัยสูงขณะทำงาน (11.25) ราคาต้นทุน และการบำรุงรักษาจะต้องมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (10.27) และ ใช้แรงในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด (10.14) และการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแล้วออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ 3 D ให้ได้แนวทางการเลือกแบบ มีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 43. % ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานแล้วยังสามารถแสดงให้เห็นแนวทางในการประยุกต์เทคนิค QFD และ AHP ในงานลักษณะอื่นๆ ได้

คำหลัก เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ คลังเลือดกลาง

Abstract

The aims of this research were to identify the factors and indicators in the transportation tools design using the quality function deployment technique (Quality Function Deployment: QFD) which response to the Blood Bank, Faculty of Medicine, Khon Kaen University users desire the analysis hierarchy technique was used to decide to choose the Blood Bank, Faculty of Medicine, Khon Kaen University transportation tools design for the Blood Bank, Faculty of Medicine, Khon Kaen University users. The operation of research comprised of studied the users' desire by interviews and review of related research. Questionnaire were uses as the research tools to rate the importance of each indicator to the user. Then each factor applied to the previous qualitative QFD matrix which separate to two matrix the tensor product planning to the needs of users to the technical requirements and the design matrix. Then applied the design requirements of QFD to design 3 types of the and uses a hierarchical analysis process to find the appropriate transportation tools design which served users'



การประชุมวิชาการงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

desire. The result of this study presented the 5 prioritized design from QFD table were The Precision in use. (11.76), The size of the AGV(11.60), the Security(11.25), Cost, and maintenance (10.27), and Environmentally Friendly Products and Services (10.14) From the oriented hierarchy analysis using Expert Choice gives the guidelines to select the most appropriate is : The Navigation with 43.3% score. The Wireless research In addition it can help to efficiently design products . Meet the needs of users but also shows the way in applying QFD in the other.

Keywords: transportation tools ,Blood Bank

1. บทนำ

ประเทศไทยยุค 4.0 นับเป็นโมเดลการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในยุคนี้ที่ทุกคนต้องมีส่วนร่วมไปด้วยกัน ช่วยกันผลักดันไปพร้อม ๆ กัน สิ่งสำคัญที่สุดในการทำให้โมเดลนี้ประสบความสำเร็จก็คือ ต้องคิดให้มาก คิดให้จบ อ่านให้ขาด ต้องกล้าเปลี่ยนแปลง อย่ามัวแต่โทษกันเมื่อมีอะไรผิดพลาด เพราะทุกอย่างเปรียบเสมือนการเรียนรู้ ถ้าไม่เปลี่ยนแปลงก็เหมือนกับเราย่ำอยู่กับที่ ซึ่งด้วยกับโมเดลประเทศไทย 4.0 นี้บวกกับพลังของคนในชาติ การเปลี่ยนแปลงจาก ‘ประเทศกำลังพัฒนา’ ไปสู่ ‘ประเทศพัฒนาแล้ว’ คงไม่ใช่แค่เรื่องในความฝันอีกต่อไปเป้าหมายหลักของ ประเทศไทย 4.0 คือการปรับเปลี่ยนเชิงโครงสร้าง จากการ “ปลูกข้าว” สู่การมี “รากแก้ว” ของตนเอง ดังนั้น ภายใต้ 10 อุตสาหกรรมแห่งอนาคต รัฐบาลมีนโยบายสำคัญในการปรับเปลี่ยนจาก “ระบบเศรษฐกิจที่พึ่งพาเทคโนโลยีจากภายนอกเป็นส่วนใหญ่” สู่ “ระบบเศรษฐกิจที่เน้นการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองในระดับที่เหมาะสม” จึงได้กำหนด 5 กลุ่มเทคโนโลยี/อุตสาหกรรมเป้าหมายที่ต้องการพัฒนาขึ้นในประเทศ ดังนี้

1. กลุ่มเกษตรและอาหาร ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ (Food & Agriculture - Biotech)
2. กลุ่มสุขภาพ ใช้เทคโนโลยีชีวการแพทย์ (Health & Wellness - Biomedical)
3. กลุ่มเครื่องมืออัจฉริยะและหุ่นยนต์ ใช้เทคโนโลยีเมคาทรอนิกส์ (Smart Devices & Robotics - Mechatronics)
4. กลุ่มดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตออฟติง ใช้เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Digital & IOT - Embedded Technology)
5. กลุ่มสร้างสรรค์และวัฒนธรรม ใช้ Service Design ในการสร้างมูลค่า (Creative & Culture - High Value Services)

โลหิต เป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นในการช่วยชีวิตผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บ เมื่อร่างกายเสียโลหิตจากอุบัติเหตุ ผ่าตัด รวมทั้ง ผู้ป่วยด้วยโรคบางชนิดที่ต้องรักษาด้วยโลหิตหรือ

ส่วนประกอบโลหิต ถึงแม้ว่านักวิทยาศาสตร์ทั้งหลาย จะได้พยายามค้นหาลำโพงอื่นเพื่อมาใช้แทนโลหิต แต่ยังไม่เคยประสบความสำเร็จแต่ประการใด จึงจำเป็นต้องให้โลหิตจากมนุษย์บริจาคให้แก่กัน ด้วยเหตุนี้ คลังกลางเลือด โรงพยาบาลทศรินครินทร์ ขอนแก่น จึงมีหน้าที่หลักในการจัดหาโลหิตและรับบริจาคโลหิตเพื่อนำไปช่วยชีวิตแก่ผู้ ที่เจ็บป่วยเป็นส่วนหนึ่งของงานบริการทางการแพทย์ ให้บริการตรวจวิเคราะห์ ทางด้านโลหิตวิทยา ระบบการห้ามเลือด จุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก ภูมิคุ้มกันวิทยา จุลชีววิทยา และธนาคารเลือด โดยดำเนินงานภายใต้ระบบคุณภาพมาตรฐานสากล และมาตรฐานงานเทคนิคการแพทย์ เพื่อให้ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ รวดเร็ว [1]

คลังกลางเลือด โรงพยาบาลทศรินครินทร์ ขอนแก่น ได้มีการวางแผนและกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนในการดำเนินการจัดหาโลหิต เพื่อให้การบริการโลหิต และส่วนประกอบโลหิตเพียงพอใช้สำหรับผู้ป่วยในเขตพื้นที่ภาคอีสาน ตามมาตรฐานขององค์อนามัยโลก ปริมาณโลหิตที่เพียงพอสำหรับผู้ป่วย จำนวนโลหิตที่ได้รับจากการบริจาค นอก จากการพัฒนางานด้านจัดหาโลหิต การพัฒนางานด้านวิทยาการและเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อให้บริการโลหิตแก่ผู้ป่วยมีความปลอดภัยและได้มาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ เป็นสิ่งสำคัญที่ บริการโลหิต มีการพัฒนาและยกระดับการตรวจคัดกรองโลหิตให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ตามนโยบายบริการโลหิตแห่งชาติ ที่เริ่มจากการจัดหาโลหิตในประชากรที่มีความเสี่ยงต่ำ การคัดกรองผู้บริจาคโลหิต และโลหิตที่ได้รับบริจาคทุกยูนิตจะต้องได้รับการตรวจคัดกรองหาเชื้อตาม มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ได้แก่ ซิฟิลิส ไวรัสตับอักเสบบี ไวรัสตับอักเสบ ซี และ ไวรัส เอชไอวี และนำเทคโนโลยีการตรวจคัดกรองโลหิตที่มีมาตรฐาน[2]

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การศึกษาองค์ประกอบและปัจจัยในการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ จากการสำรวจผู้มีส่วนได้เสียในคลังเลือด



กลางโดยการสัมภาษณ์และจากการเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 การสังเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบและปัจจัยที่ได้จากผู้มีส่วนได้เสียของคลังเลือกกลางและเอกสารงานวิจัย ผู้วิจัยได้นำเทคนิคเพื่อการตัดสินใจแบบกลุ่ม Nominal Group Technique (NGT) มาช่วยในการตัดสินใจและจัดอันดับองค์ประกอบและปัจจัยต่างๆ โดยใช้เทคนิคสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion)

2.3 พัฒนาแบบสอบถาม นำผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2.2 มาใช้ออกแบบสอบถาม “ปัจจัยความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียผู้เกี่ยวข้องอย่างละเอียดรอบคอบ” ในคลังเลือกกลาง” เพื่อขอข้อคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีต่อปัจจัยต่างๆ โดยแบบสอบถามได้ยึดหลักการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจของ Keeney และ Raiffa

2.4 การคัดเลือกผู้เกี่ยวข้องและส่งแบบสอบถามให้ผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ สิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ กลุ่มนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 8 ท่าน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง เพื่อขอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสม ความสอดคล้องและความตรงในเชิงเนื้อหาของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ได้

2.5 วิเคราะห์และประมวลผลแบบสอบถาม นำแบบสอบถามที่ได้รับการวิเคราะห์ (IOC) จากผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตในหมวดของปัจจัยที่ตรงและครอบคลุม โดยเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อย

2.6 นำปัจจัยที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป 4 อันดับแรกของปัจจัยหลักมาพิจารณาเพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Important Rating : IMP) ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามในการหาค่า IMP โดยพิจารณาจำนวนขนาดกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียคลังเลือกกลางที่เลือกมาเป็นตัวแทนศึกษา โดยขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อยสุดจะเป็นเกณฑ์ที่สามารถสร้างความน่าเชื่อถือให้กับการดำเนินงานได้ การใช้ขนาดตัวอย่างที่น้อยสามารถทำให้ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าการใช้ตัวอย่างจำนวนมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดตัวอย่างจากทฤษฎีของ Yamanee เพื่อนำขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้เป็นเกณฑ์ว่าแบบสอบถามที่ตอบกลับนั้นเป็นที่ยอมรับน่าเชื่อถือ โดยมีสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างดังสมการที่ 1

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

โดยที่ n คือ ขนาดตัวอย่างน้อยที่สุดที่ยอมรับได้

N คือ จำนวนประชากร

E คือ ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

2.7 คำนวณคะแนนความสำคัญโดยใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเนื่องจากเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นค่ากลางของข้อมูลเมื่อข้อมูลนั้นๆ ไม่มีค่าใดค่าหนึ่งสูงกว่าค่าอื่นและข้อมูลไม่มีค่าเป็น เมื่อข้อมูลเป็นค่าบวกการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิตสามารถหาค่ากลางได้ดีที่สุด [3] โดยการคำนวณแสดงในสมการที่ 2

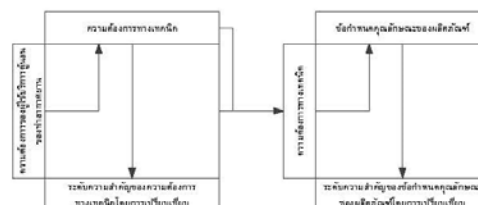
$$IMP = \sqrt[n]{(a_1 \times a_2 \dots a_n)} \quad (2)$$

โดยที่ a_1 คือ ค่าสังเกตของข้อมูลลำดับที่ i (โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$)

n คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูล

การคำนวณคะแนนความสำคัญจะนำไปใช้คำนวณกับแบบสอบถามทั้งหมดที่กลุ่มผู้มีส่วนได้เสียคลังเลือกกลางตอบแบบสอบถามกลับ และนำเสนอความต้องการและคะแนนความสำคัญไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD

2.8 วิเคราะห์เทคนิค QFD เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียคลังเลือกกลางต่อความต้องการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นแนวทางในการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย ในคลังเลือกกลางในปัจจุบัน ดังนั้นการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD จึงทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 2 เมตริกซ์คือ เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์และเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1 [4]

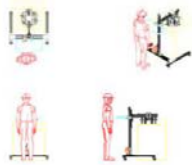


รูปที่ 1 การเชื่อมโยงระหว่างเมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์และเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์

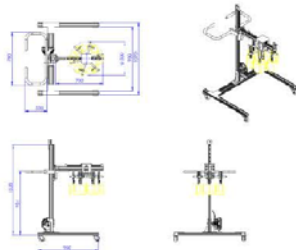
2.9 การออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ เป็นการนำเอาข้อกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD เป็น



ข้อมูลในการออกแบบและการออกแบบใช้โปรแกรม ออกแบบ 3 มิติในการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์เบื้องต้นโดยผู้วิจัยได้ออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ 3 D



รูปที่ 2 การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ 3 D



รูปที่ 3 แบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ 3 D

2.10 วิเคราะห์การตัดสินใจในการเลือกการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ที่เหมาะสม โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น AHP คือนำเอาปัจจัยเสียความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียในคลังเลือกกลางจากการสำรวจและผ่านกระบวนการวิเคราะห์จากจากผู้ที่เกี่ยวข้องโดยมี 4 ปัจจัยหลัก ที่ได้จากตาราง QFD นำมากำหนดน้ำหนักแต่ละปัจจัยให้มีความเหมาะสมมากที่สุดในการประกอบการตัดสินใจ

2.11 การกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถามจำนวน 20 ชุด จากการสัมภาษณ์คือกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียคลังเลือกกลาง, นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านระบบการลำเลียงขนส่งอัตโนมัติ โดยมีกำหนดปัจจัยดังตารางที่ 1

2.12 เมื่อกำหนดคะแนนน้ำหนักของปัจจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำค่าเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถามของแต่ละปัจจัยมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Expert Choice เพื่อเรียงลำดับความสำคัญจนครบ โดยโปรแกรม Expert Choice จะประมวลผลออกมาตามน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยจนสุดท้ายได้แนวทางเลือกอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ ที่เหมาะสมใน

การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

3. ผลการวิจัย

3.1 จากการศึกษาปัจจัยความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียคลังเลือกกลางคลังเลือกกลางนานาชาติจึงอุดรธานี จากเอกสารงานวิจัยและการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนได้เสียได้ตัวชี้วัดทั้งหมด 40 ตัวชี้วัด

3.2 ผลการจัดกลุ่มปัจจัย จากผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เทคนิคการสนทนาแบบกลุ่ม (Focus Group Discussion) ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยและตัวชี้วัด 16 ตัวชี้วัด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปัจจัยหลักและตัวชี้วัด

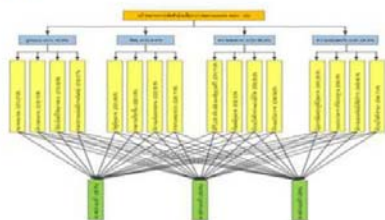
ปัจจัยหลัก	ตัวชี้วัด
รูปทรง	1. ดีไซน์ทันสมัย
	2. มีความสวยงามและทันสมัย
	3. มีความมั่นคงในการใช้งาน
	4. วัสดุและสีที่ทนทานและสวยงาม
วัสดุ	1. วัสดุคุณภาพ
	2. ไม่เป็นสนิม
	3. มีความแข็งแรงทนทาน
	4. ใช้งานสะดวกง่าย
การใช้งาน	1. ใช้งานไม่ยุ่งยาก
	2. ไม่เกิดเสียงดัง
	3. ใช้งานได้อย่างรวดเร็ว
	4. จะต้องมีวิศวกรคอยช่วยเหลือ
ความปลอดภัย	1. มีความปลอดภัย
	2. มีความแข็งแรงทนทาน
	3. ไม่เกิดเสียงดัง
	4. เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

3.3 ผลการวิเคราะห์ความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียในการหาปัจจัยหลักเพื่อเป็นแนวทางการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ที่เหมาะสมใช้ในคลังเลือกกลางคลังเลือกกลาง

รูปที่ 4 แสดงเมตริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์

3.4 นำข้อกำหนดความต้องการของผู้มีส่วนได้เสียมาแปลงเป็นการออกแบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตามหลักวิชาการด้านการออกแบบ และตามความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ 3 D

3.5 ผลการวิเคราะห์ในแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยรอง โดยใช้โปรแกรม Expert Choice เป็นการวิเคราะห์แบบสอบถาม และผลที่ได้จะพิจารณาค่า CR น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ถือว่ายอมรับได้ ถ้าหาก CR มากกว่า 1 ถือว่ายอมรับไม่ได้



รูปที่ 5 แสดงแบบโครงสร้างเชิงลำดับชั้น (AHP Model)

จากรูปที่ 5 ทำการวิเคราะห์แบบสอบถามจนครบโดยโปรแกรม Expert Choice จะประมวลผลออกมาตามน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัย

4. สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาวิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้มีส่วนได้เสียในคลังเลือดกลางนักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญ โดยนำมาประมวลผลเพื่อกำหนดปัจจัยที่มีความสำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์ เพื่อให้ผู้มีส่วนได้เสียในคลังเลือดกลางที่จะต้องเดินขนส่งถุงเลือดวันละหลายรอบ ในการให้บริการระหว่างแผนก จากนั้นข้อจำกัดที่ได้จากเมตริกซ์ QED คือ ต้องมีความแม่นยำในการใช้งาน (12.00) ขนาดของรถ AGVต้องเหมาะสมกับพื้นที่ภายในคลังเลือดกลาง (11.60) มีความปลอดภัยสูงขณะทำงาน (11.25) ราคาต้นทุนและการบำรุงรักษาจะต้องมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน (10.27) และ ใช้แรงในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด (10.14)

มาทำการออกแบบการออกแบบอุปกรณ์ขนถ่ายลำเลียงอเนกประสงค์หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์แบบสอบถามโดยโปรแกรม Expert Choice จะประมวลผลออกมาตามน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยก็จะได้ทางเลือกรถ AGV.เพื่อที่ตรงตามความต้องการของผู้มีส่วนได้เสีย คือ รถ AGV แบบการนำร่องโดยใช้ทางเดินนำร่อง มีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 43.3 % อันดับที่สองคือ รถ AGVแบบการนำร่องไร้สายคะแนนความสำคัญ 36.7% และอันดับที่สาม คือ การนำร่องผสมไร้สายกับเดินนำร่องมีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 20%

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไวรุจน์ อัมโพ และ คณิศร ภูนิคม, 2556, การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมตามกลุ่มความต้องการของลูกค้า โดยใช้หลัก QFD และ AHP, การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 2556
- [2] คณิศร ภูนิคม, 2553, รูปแบบที่เหมาะสมในการจัดสวัสดิการและสิทธิประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กรสู่

การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2560
ภาควิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยในกำกับดูแลของรัฐ: กรณีศึกษา
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, เอกสารการประชุมวิชาการ
ช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2553

- [3] อรรถกร เก่งพล และ อิตารัตน์ สลักคำ, 2554 กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1. 1 ม.ค.-เม.ย. 2554.
- [4] ดร.มนทลี ศาสนันท์. 2550, การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างเสริมวัฒนธรรมและวิศวกรรมย้อนรอย, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ
- [5] เลิศชาย ระตะนยะพร และ ธวัชชัย วรลักษณ์กิจ. 2548, การใช้เทคนิค Analytic Hierarchy Process ในการพัฒนาระบบการคัดเลือกพนักงานขับรถทดสอบ, วารสารวิศวกรรม มก. ฉบับที่ 57 ปีที่ 19
- [6] ดร.อรรถกร เก่งพล. 2548, วิศวกรรมคอนกรีตเร็นท์, ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ
- [7] นกิสพร มีมงคล, 2555. การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์เฝ้าระวังผู้ป่วย, วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 17(4), หน้า 515-527
- [8] อรรถกร เก่งพลและคณะ, 2554. กระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจในการนำชิ้นส่วนยานยนต์ไปใช้ใหม่หลังหมดอายุการใช้งาน : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมยางรถยนต์, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1
- [9] ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวีและคณะ, 2554. กิจกรรมการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ : กรณีศึกษาการผลิตบรรจุภัณฑ์, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1
- [10] Chee-Cheng Chen "Application of quality function deployment in the semiconductor industry :A case study" Computer & Industrial Engineering 58 (2010) 672-679.
- [11] Alessio Ishizaka and Ashraf Labib. "Selection of new production facilities with the Group Analytic Hierarchy Process Ordering method" Expert Systems with Applications 33(2011)7317-7325.

ภาคผนวก ค
แบบสอบถามอาการบาดเจ็บ แบบประเมินดัชนีความไม่ปกติ (AI)



แบบสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อการวิจัย
แบบสอบถามอาการบาดเจ็บ แบบประเมินดัชนีความไม่ปกติ
แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน
 (MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

- ชื่อ _____ สวรรค์ _____ สกุล _____ คำไฮ _____ ประเภทของงาน _____ ผลิตภัณฑ์ _____
 แผนงาน _____ ท่อแข็ง _____ หัวหน้างาน _____
- เพศ ☒ ชาย ☐ หญิง อายุ _____ 38 ปี ทำงานในหน้าที่นี้เป็นเวลา _____ 16 ปี
1. ท่านเคยเมื่อยกล้ามเนื้อหรือปวดเจ็บปวดบริเวณ ส่วนหลัง แขน ข้อมือ หรือมือบ้างไหม
☒ เคย ☐ ไม่เคย
 2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกนั้น ท่านเจ็บมากในเวลา
☒ เช้า ☐ กลางวัน ☐ เย็น
 3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับ ท่านรู้สึกกว่า
☒ พอทนได้ ☐ เจ็บปวดมาก
 4. ขณะที่กำลังตอบแบบสอบถามนี้ ความเจ็บปวดดังกล่าว
☒ หายไปแล้ว ☐ ยังเจ็บอยู่
 5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด
☒ เมื่อวานนี้ ☐ หกเดือนก่อน ☐ หนึ่งปีมาแล้ว ☐ นานมาแล้ว
 6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร
☐ ไม่ทำอะไรเลย ☒ นวดด้วยยา ☐ พบแพทย์
 7. ผลการรักษาของท่าน
☐ หายขาด ☐ ไม่ดีขึ้น ☒ เป็นๆหายๆ
 8. ท่านทำงานหน้าที่ปัจจุบันโดย
☐ นั่งทำ ☒ ยืนทำ ☐ นั่งและยืน
 9. ท่านเล่นกีฬาหรือ ออกกำลังกายบ้างไหม ประเภทใด
☐ เล่น ☒ ไม่เล่น
 ถ้าท่านเล่น ประเภทใด _____
 10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนในห้องปรับอากาศหรือไม่
☐ ใช่ ☒ ไม่ใช่

แบบสัมภาษณ์อาการบาดเจ็บ

แบบสัมภาษณ์พนักงาน	
แผนก	
ท่านมีอาการบาดเจ็บตรงส่วนไหนบ้าง	
รายการ	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงคอ	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงไหล่	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงแขน	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงมือ/ข้อมือ	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงหลัง	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงสะโพก	✓
อื่นๆ โปรดระบุ	

หมายเหตุ: เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

แบบสัมภาษณ์พนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ชื่อ-สกุล สวรรค์ คำไฮ อายุ 38 ปี เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ความสูง เซนติเมตร น้ำหนักตัว กิโลกรัม

ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา ปี เดือน

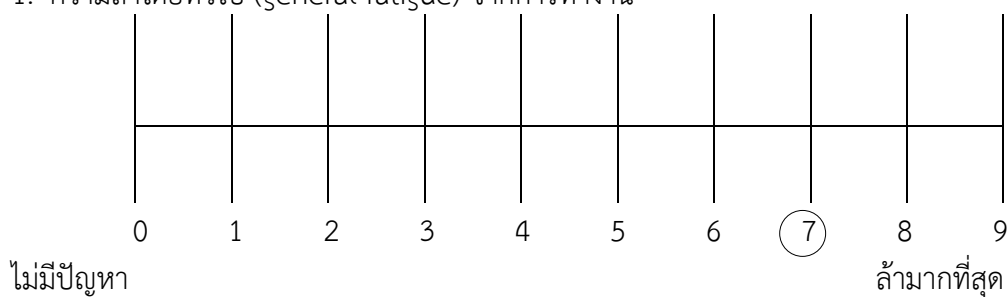
ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้มาเป็นเวลา ปี เดือน

ระดับการศึกษาสูงสุด □"□□□□□□□□□□ มัธยมปีที่

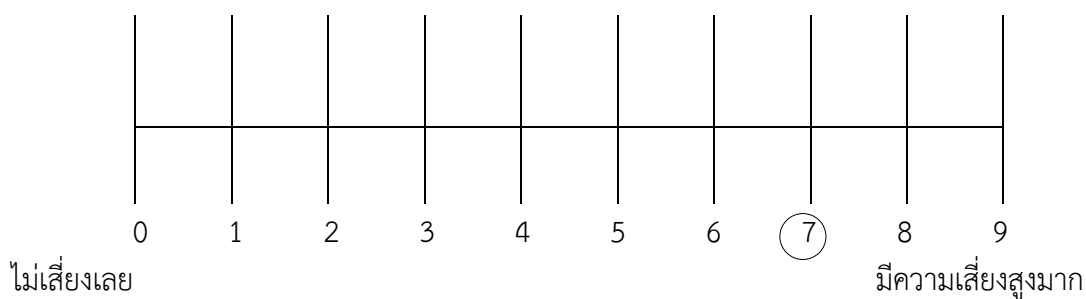
ป ว ช . □ ป ว ส .

ปริญญาดรี

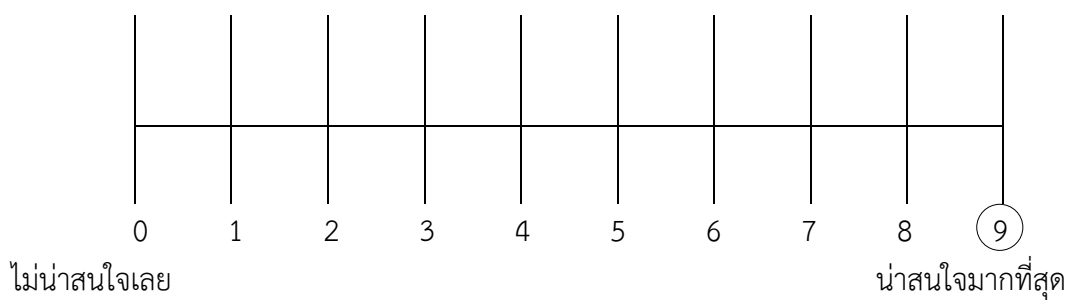
1. ความล้าโดยทั่วไป (general fatigue) จากการทํางาน



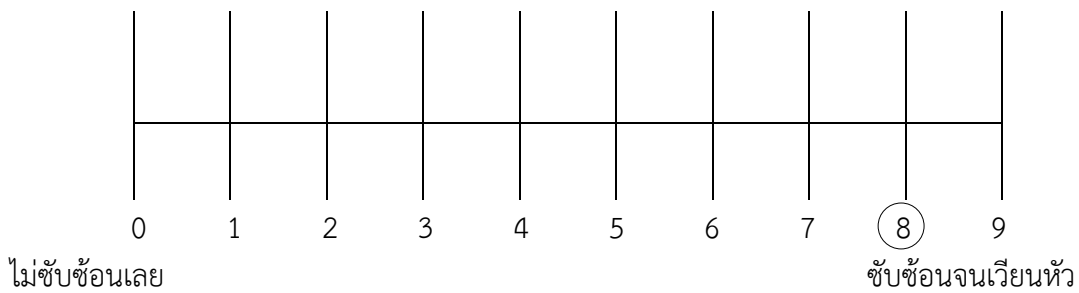
2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทํางาน



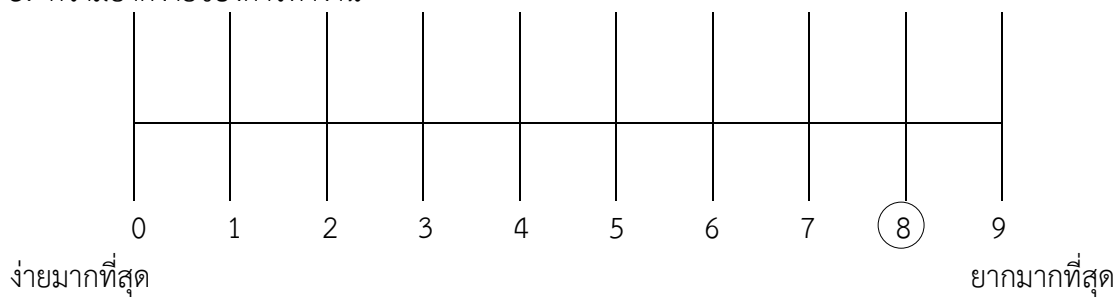
3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ



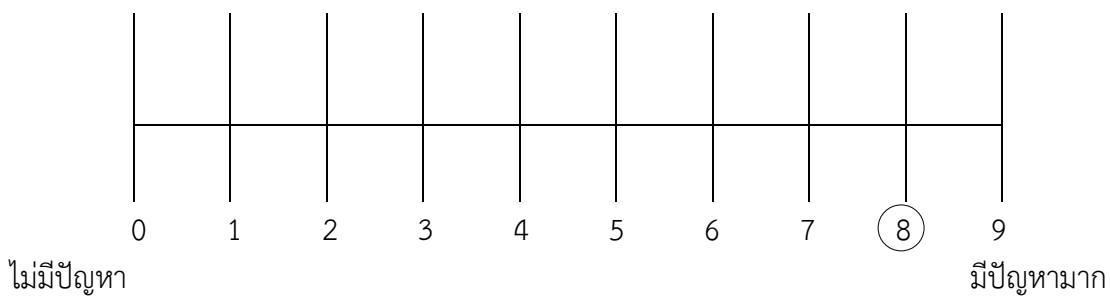
4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



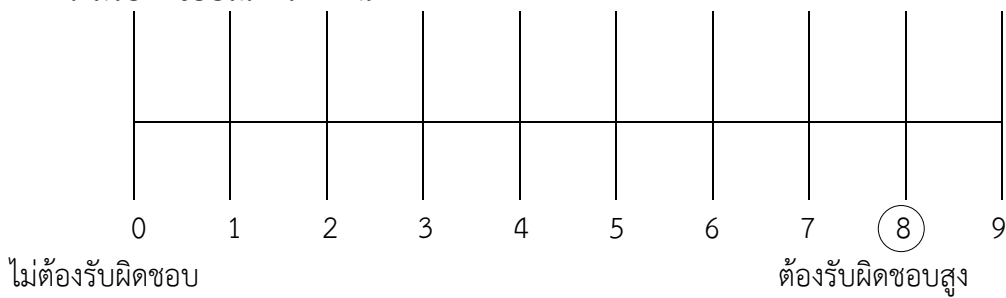
5. ความยากง่ายของการทำงาน



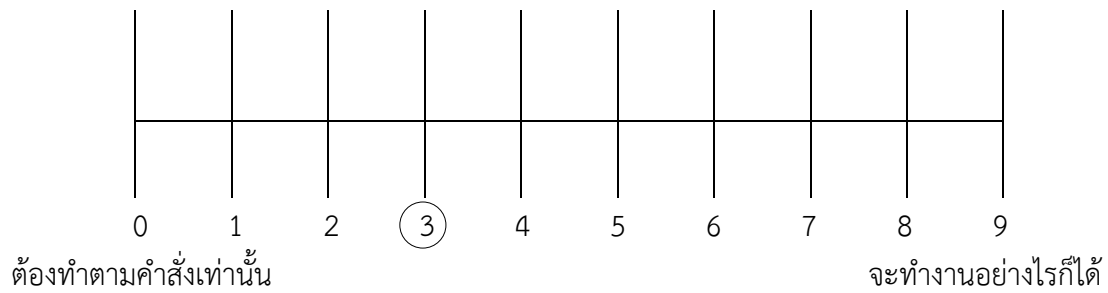
6. จังหวะของการทำงาน



7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

ชื่อ _____ วรรธนธ _____ สกุล _____ วัฒนวรังกู _____ ประเภทของงาน _____ ผลิตท่อแข็ง _____
แผนกงาน _____ ท่อแข็ง _____ หัวหน้างาน _____
เพศ ชาย ☒ หญิง อายุ 49 ปี ทำงานในหน้าที่นี้เป็นเวลา 27 ปี

1. ท่านเคยเมื่อยล้า หรือปวดเจ็บปวดบริเวณ ส่วนหลัง แขน ข้อมือ หรือมือบ้างไหม
☒ เคย ☐ ไม่เคย
2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกนั้น ท่านเจ็บมากในเวลา
☐ เช้า ☐ กลางวัน ☒ เย็น
3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับ ท่านรู้สึกว่าเป็น
☒ พอทนได้ ☐ เจ็บปวดมาก
4. ขณะที่กำลังตอบแบบสอบถามนี้ ความเจ็บปวดดังกล่าว
☒ หายไปแล้ว ☐ ยังเจ็บอยู่
5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด
☐ เมื่อวานนี้ ☒ หกเดือนก่อน ☐ หนึ่งปีมาแล้ว ☐ นานมาแล้ว
6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร
☐ ไม่ทำอะไรเลย ☒ นวดด้วยยา ☐ พบแพทย์
7. ผลการรักษาของท่าน
☐ หายขาด ☐ ไม่ดีขึ้น ☒ เป็นๆหายๆ
8. ท่านทำงานหน้าที่ปัจจุบันโดย
☐ นั่งทำ ☐ ยืนทำ ☒ นั่งและยืน
9. ท่านเล่นกีฬาหรือ ออกกำลังกายบ้างไหม ประเภทใด
☐ เล่น ☒ ไม่เล่น
ถ้าท่านเล่น ประเภทใด _____
10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนในห้องปรับอากาศหรือไม่
☒ ใช่ ☐ ไม่ใช่

แบบสัมภาษณ์อาการบาดเจ็บ

แบบสัมภาษณ์พนักงาน	
แผนก	
ท่านมีอาการบาดเจ็บตรงส่วนไหนบ้าง	
รายการ	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงคอ	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงไหล่	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงแขน	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงมือ/ข้อมือ	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงหลัง	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงสะโพก	
อื่นๆ โปรดระบุ	

หมายเหตุ: เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

ไม่มีปัญหา

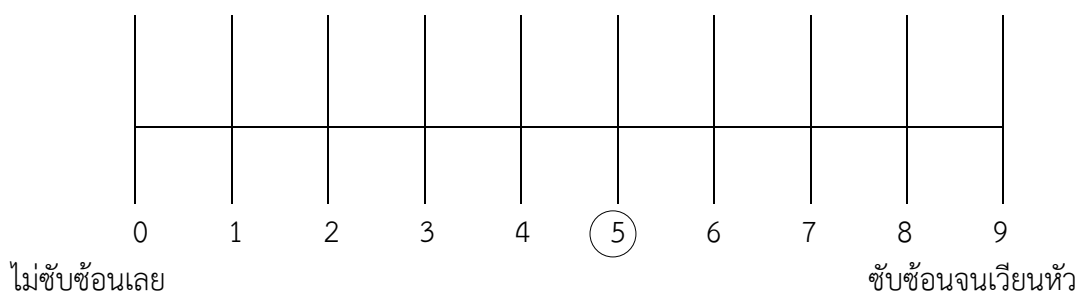
ลำบากที่สุด

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

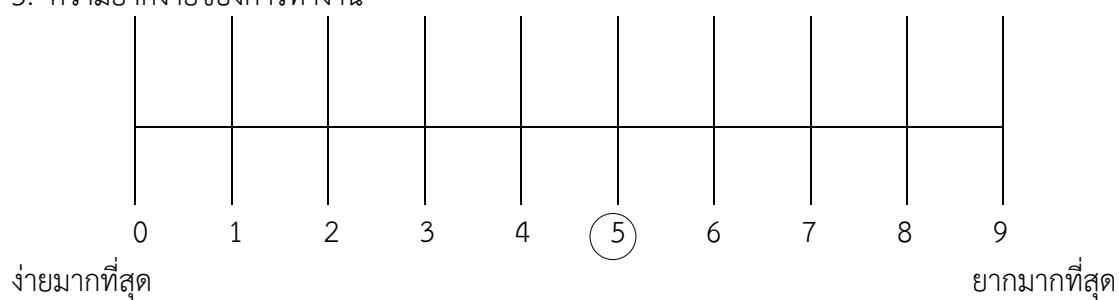
ไม่เสียงเลย มีความเสียงสูงมาก

A horizontal number line with vertical tick marks at each integer from 0 to 9. The numbers 0 through 8 are written below their respective tick marks. The number 9 is also written below its tick mark, which is enclosed in a small circle.

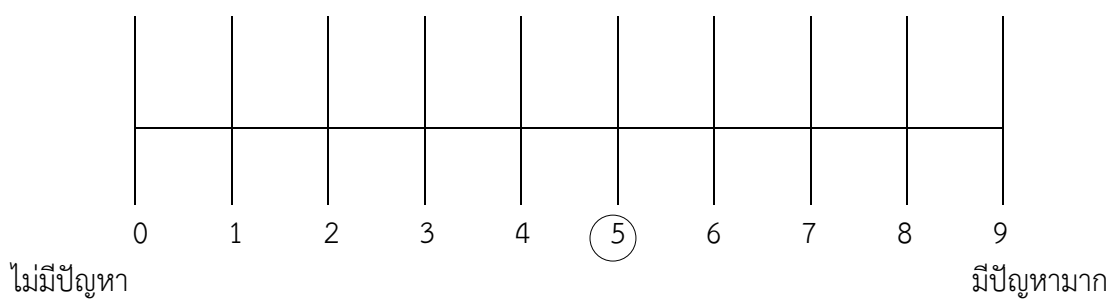
4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



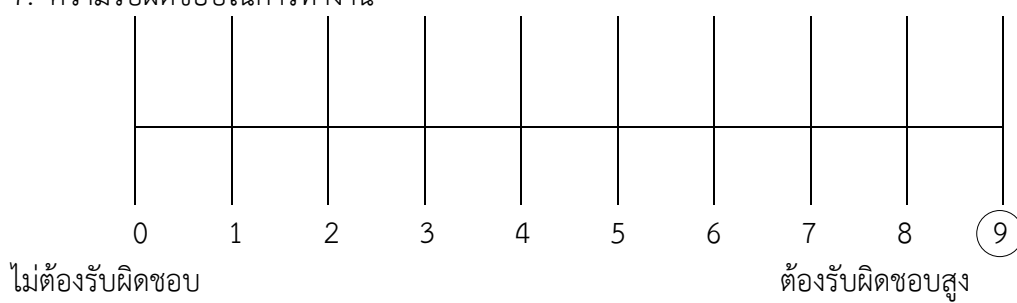
5. ความง่ายของการทำงาน



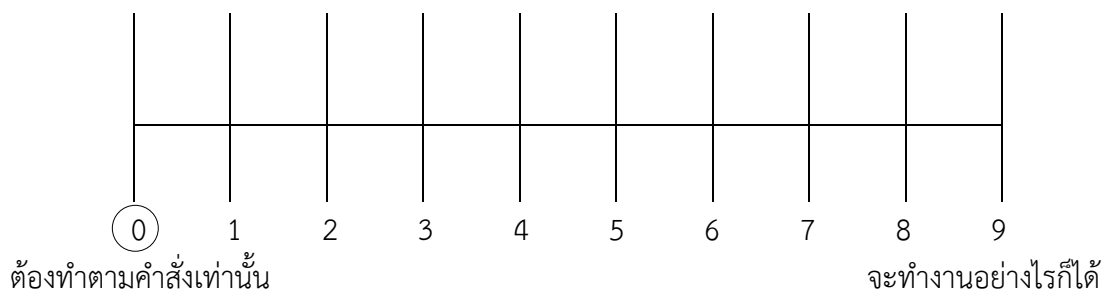
6. จังหวะของการทำงาน



7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



แบบสำรวจสุขภาพพนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONAIRE)

ชื่อ _____ มาลา _____ สกุล _____ ประเภทของงาน _____ ผลิตท่อแข็ง _____
แผนงาน _____ ท่อแข็ง _____ หัวหน้างาน _____
เพศ ชาย ☒ หญิง อายุ XX ปี ทำงานในหน้าที่นี้เป็นเวลา 4 ปี

1. ท่านเคยเมื่อยลำ หรือปวดเจ็บปวดบริเวณ ส่วนหลัง แขน ข้อมือ หรือมือบ้างไหม
☒ เคย ☐ ไม่เคย
2. ความเจ็บปวดที่ท่านรู้สึกนั้น ท่านเจ็บมากในเวลา
☐ เช้า ☐ กลางวัน ☒ เย็น
3. ระดับความเจ็บปวดที่ท่านได้รับ ท่านรู้สึกว่
☒ พอทนได้ ☐ เจ็บปวดมาก
4. ขณะที่กำลังตอบแบบสอบถามนี้ ความเจ็บปวดดังกล่าว
☒ หายไปแล้ว ☐ ยังเจ็บอยู่
5. ท่านรู้สึกเจ็บปวด
☐ เมื่อวานนี้ ☒ หกเดือนก่อน ☐ หนึ่งปีมาแล้ว ☐ นานมาแล้ว
6. ท่านรักษาความเจ็บปวดของท่านอย่างไร
☐ ไม่ทำอะไรเลย ☐ นวดด้วยยา ☒ พบแพทย์
7. ผลการรักษาของท่าน
☒ หายขาด ☐ ไม่ดีขึ้น ☐ เป็นๆหายๆ
8. ท่านทำงานหน้าที่ปัจจุบันโดย
☐ นั่งทำ ☒ ยืนทำ ☐ นั่งและยืน
9. ท่านเล่นกีฬาหรือ ออกกำลังกายบ้างไหม ประเภทใด
☐ เล่น ☒ ไม่เล่น
ถ้าท่านเล่น ประเภทใด _____
10. ปกติท่านนอนหลับพักผ่อนในห้องปรับอากาศหรือไม่
☐ ใช่ ☒ ไม่ใช่

แบบสัมภาษณ์อาการบาดเจ็บ

แบบสัมภาษณ์พนักงาน	
แผนก	
ท่านมีอาการบาดเจ็บตรงส่วนไหนบ้าง	
รายการ	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงคอ	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงไหล่	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงแขน	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงมือ/ข้อมือ	
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงหลัง	✓
การบาดเจ็บหรือเมื่อยล้าช่วงสะโพก	
อื่นๆ โปรดระบุ	

หมายเหตุ: เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก

แบบสัมภาษณ์พนักงาน
(MODIFIED FROM CERGO QUESTIONNAIRE)

ชื่อ-สกุล นายมาลี xxx อายุ.....ปี เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

ความสูง เซนติเมตร น้ำหนักตัว..... กิโลกรัม

ได้มาทำงานในหน่วยงานนี้เป็นเวลา.....ปี.....เดือน

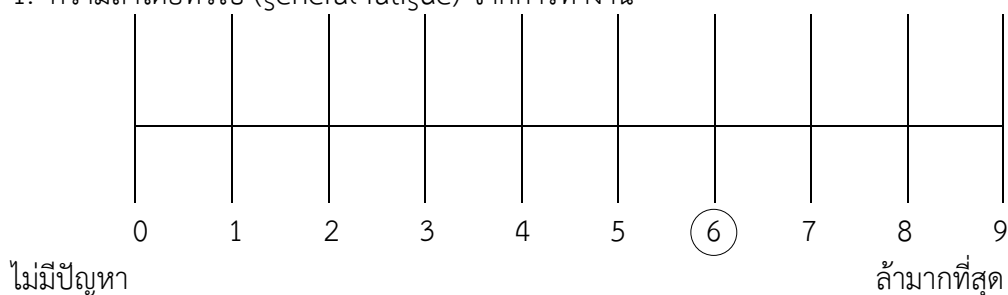
ได้มาทำงานในหน้าที่งานนี้มาเป็นเวลา 4 ปี..... เดือน

ระดับการศึกษาสูงสุด ☐□□□□□□□□□..... มัธยมปีที่

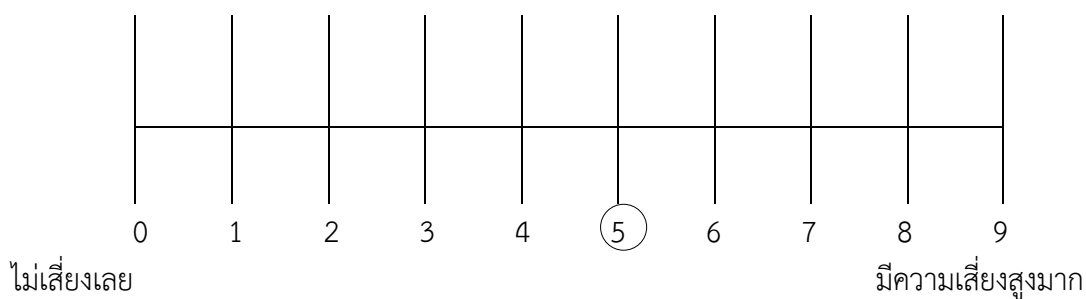
ป ว ช . ☐ ป ว ส .

ปริญญาดรี

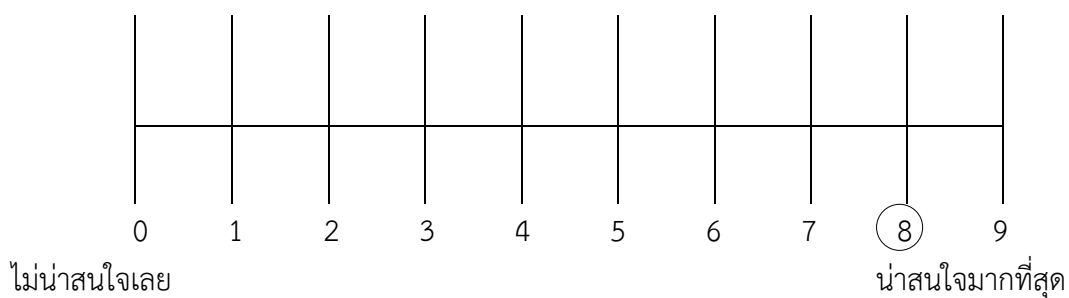
1. ความล้าโดยทั่วไป (general fatigue) จากการทํางาน



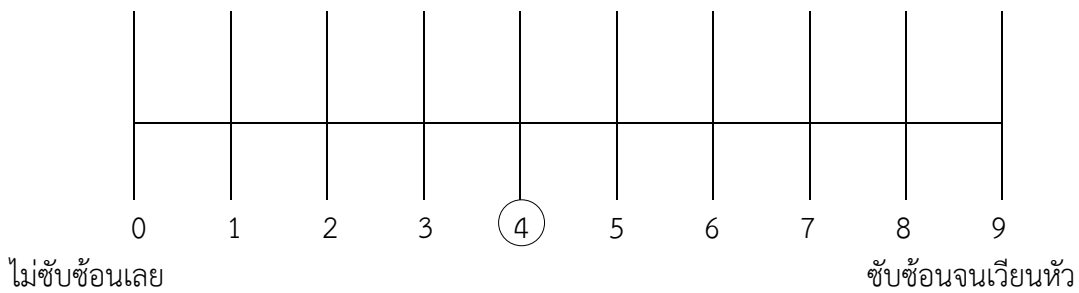
2. ความเสี่ยงต่อการเจ็บปวด บาดเจ็บ จากการทํางาน



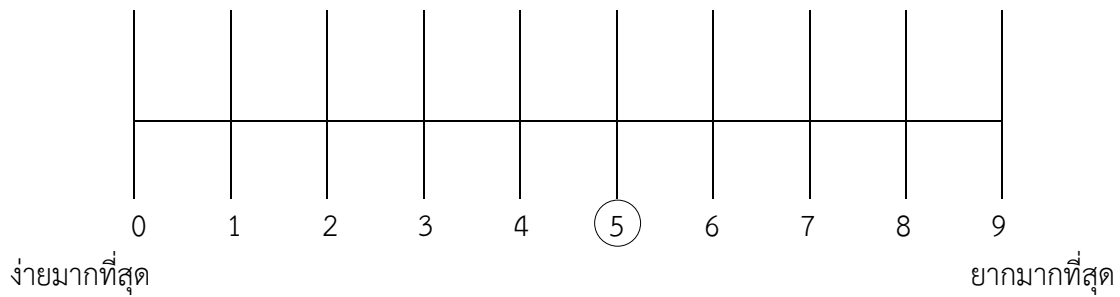
3. ระดับความสนใจต่องานที่ทำ



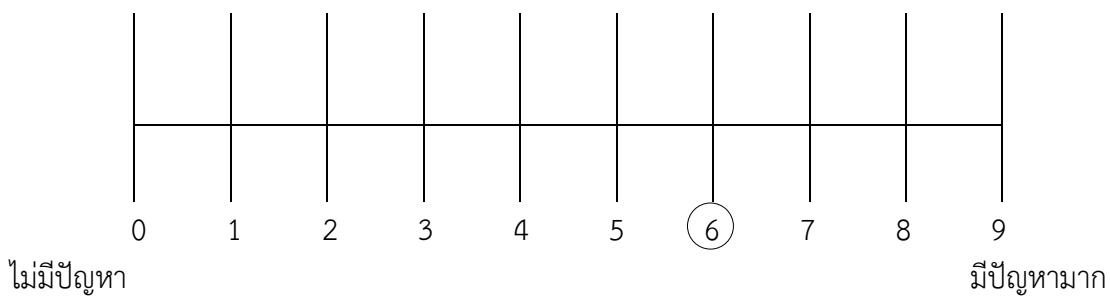
4. ความซับซ้อนของลักษณะงาน



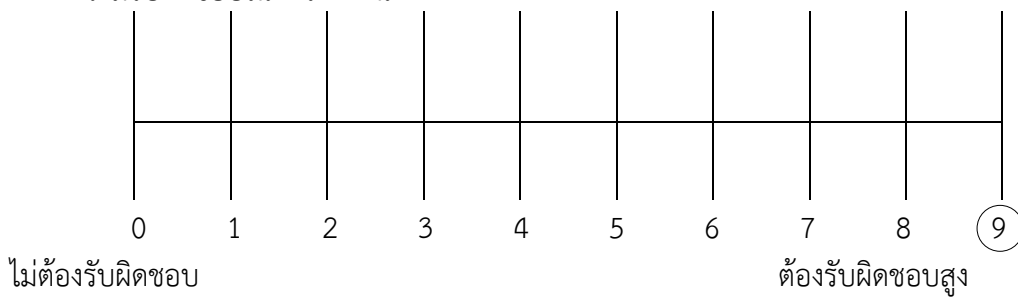
5. ความง่ายของการทำงาน



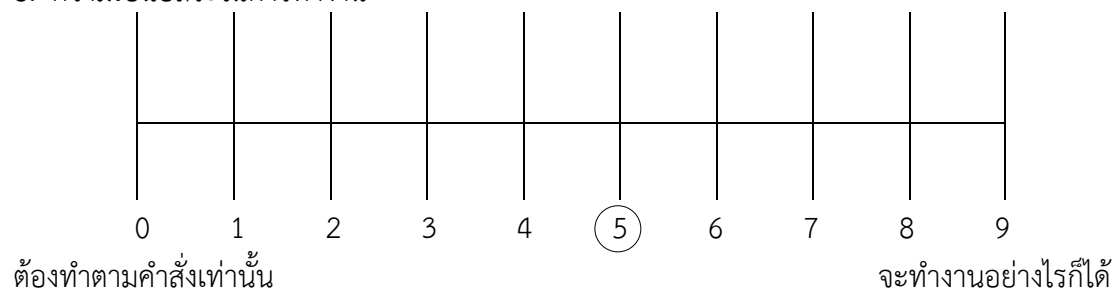
6. จังหวะของการทำงาน



7. ความรับผิดชอบในการทำงาน



8. ความเป็นอิสระในการทำงาน



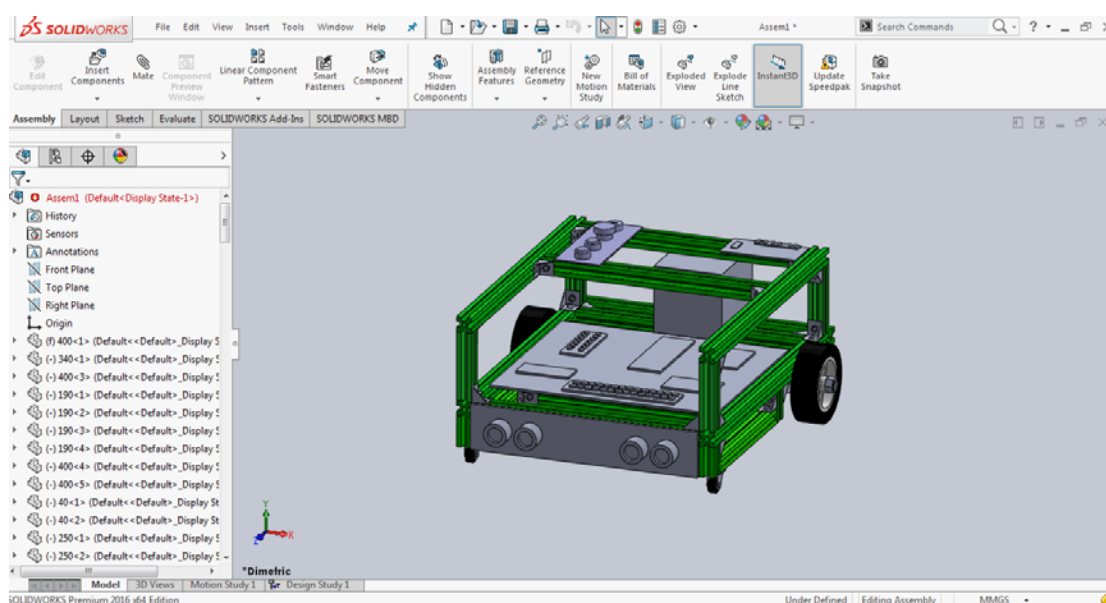
ภาคผนวก ง
การออกแบบบรรณอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การออกแบบรถอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

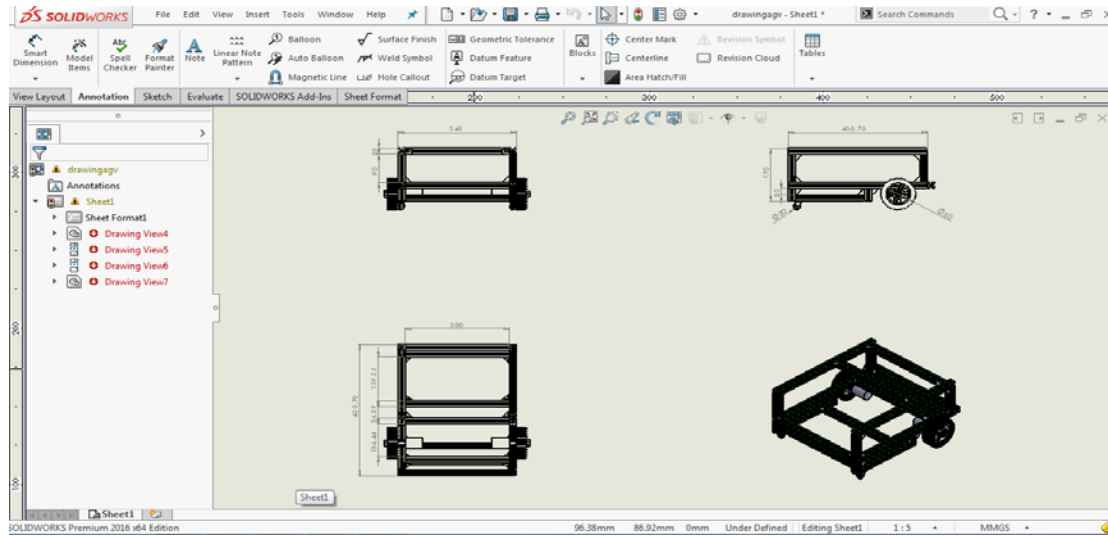
การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบรถอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบและ โปรแกรมจำลอง Simulation การเดินรถ ดังต่อไปนี้

1. แบบ Assembly การออกแบบรถอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ
2. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) แบบวงกลม
3. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) แบบตัวยู
4. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) แบบเส้นตรงไปกลับ
5. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) แบบตัว S
6. ตารางสรุปผลเวลาในการทดสอบด้วยระยะทาง 8 เมตร

1 แบบ Assembly รถอัตโนมัติโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ



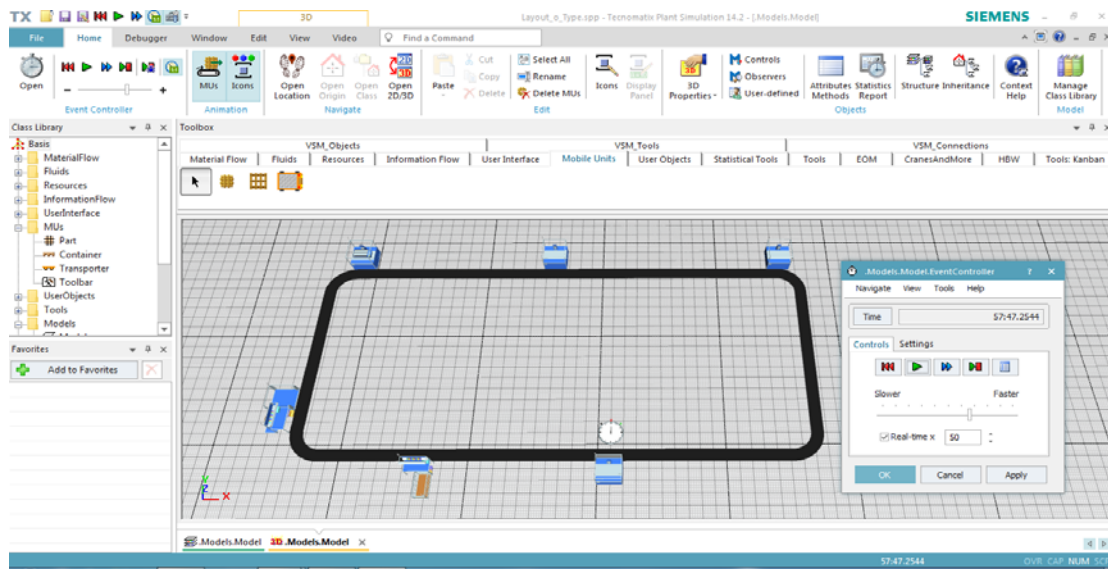
ภาพที่ ง.1 แบบ Assembly รถอัตโนมัติต้นแบบ



ภาพที่ ง.2 แบบ Drawing ของรถ AGV

2. การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบวงกลม

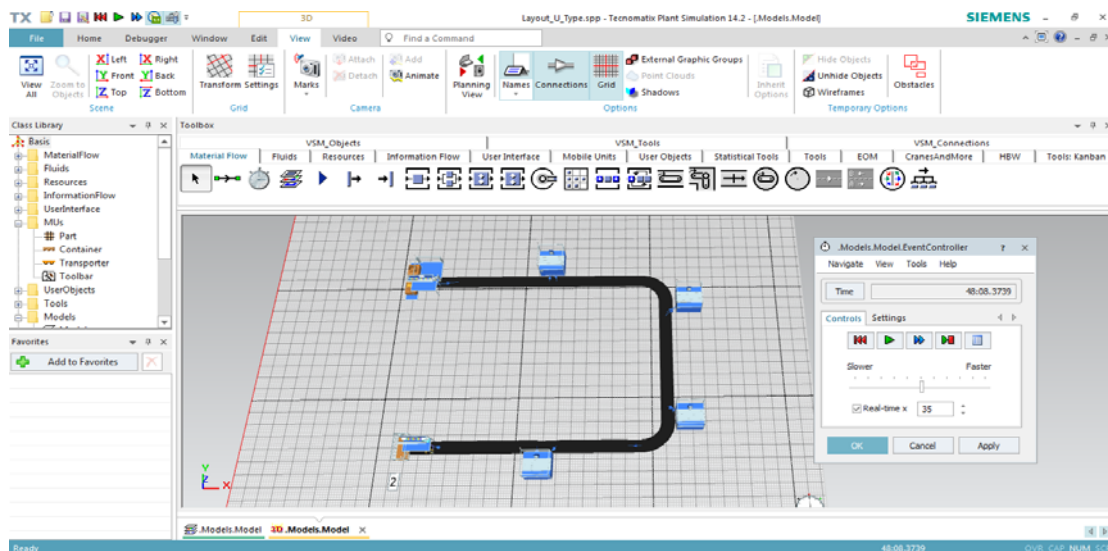
จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตรเวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 57.47 วินาที ดังตัวอย่างภาพที่ ง.3



ภาพที่ ง.3 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบวงกลม

3. การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบตัว U

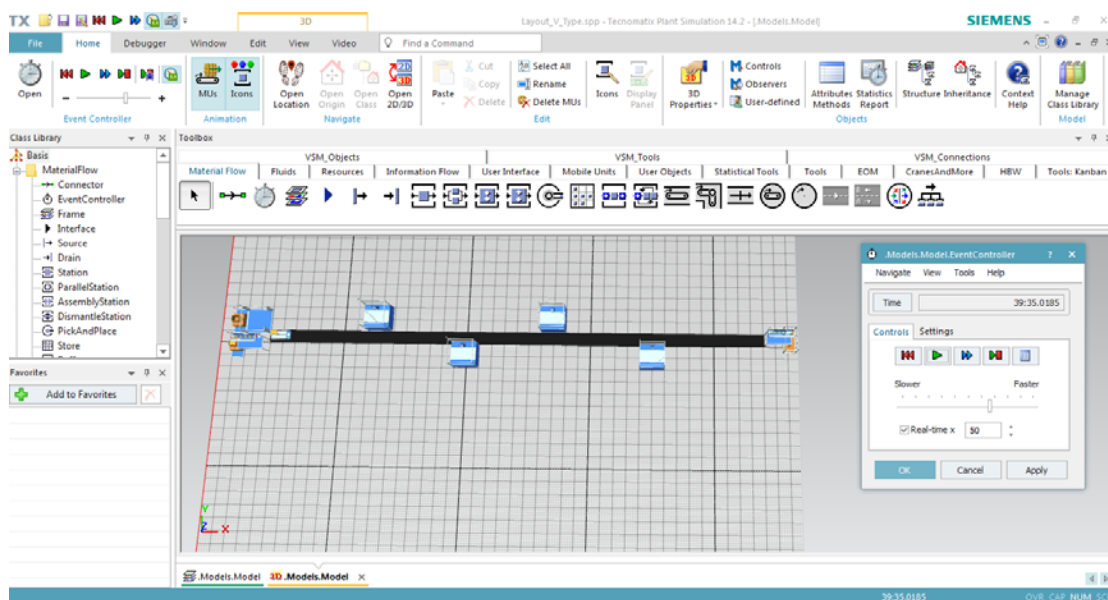
จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตร เวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 40.08 วินาที ดังภาพที่ ง.4



ภาพที่ ง.4 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบตัว U

4. การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงไปกลับ

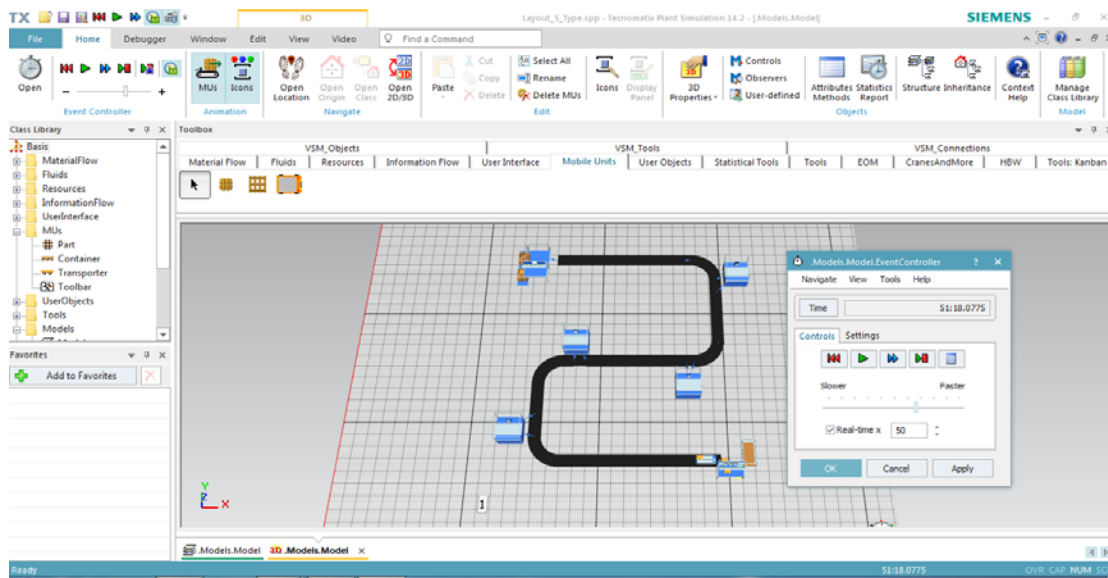
จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตร เวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 39.35 วินาที ดังภาพที่ ง.5



ภาพที่ ง.5 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบเส้นตรงไปกลับ

5. การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติในรูปแบบการเคลื่อนที่แบบตัว S

จากการจำลองการเคลื่อนที่ด้วยระยะทาง 8 เมตร เวลาที่ใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 51.18 วินาที ดังภาพที่ ง.6



ภาพที่ ง.6 การเคลื่อนที่ของรถอัตโนมัติแบบตัว S

6. สรุปผลการทดลองการเดินของรถอัตโนมัติตามรูปแบบต่างๆ ด้วยระยะทาง 8 เมตร

ตารางที่ ง.1 สรุปผลการทดลอง

ลำดับที่	รูปแบบการเดินรถ	ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	แบบวงกลม	57.47
2	แบบตัวยู (U)	40.08
3	แบบเส้นตรงไปกลับ	39.35
4	แบบตัว S	51.18

ภาคผนวก จ
การทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) โดยใช้แถบสีหรือเทปสะท้อนแสงติดบนพื้นในการนำทางโดยการเคลื่อนที่นั้นไม่มีโหนดใด ๆ มากระทำกับตัวยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) พร้อมทั้งทดสอบการเคลื่อนที่ในสนามทดลองที่กำหนดและเก็บผลดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบตามเข็มนาฬิกา
2. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบทวนเข็มนาฬิกา
3. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบโค้งตัวเอส ไป – กลับ
4. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบวงรี
5. ผลการวิเคราะห์การทดลอง



ภาพที่ จ.1 การทำสนามทดลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

1. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบตามเข็มนาฬิกา

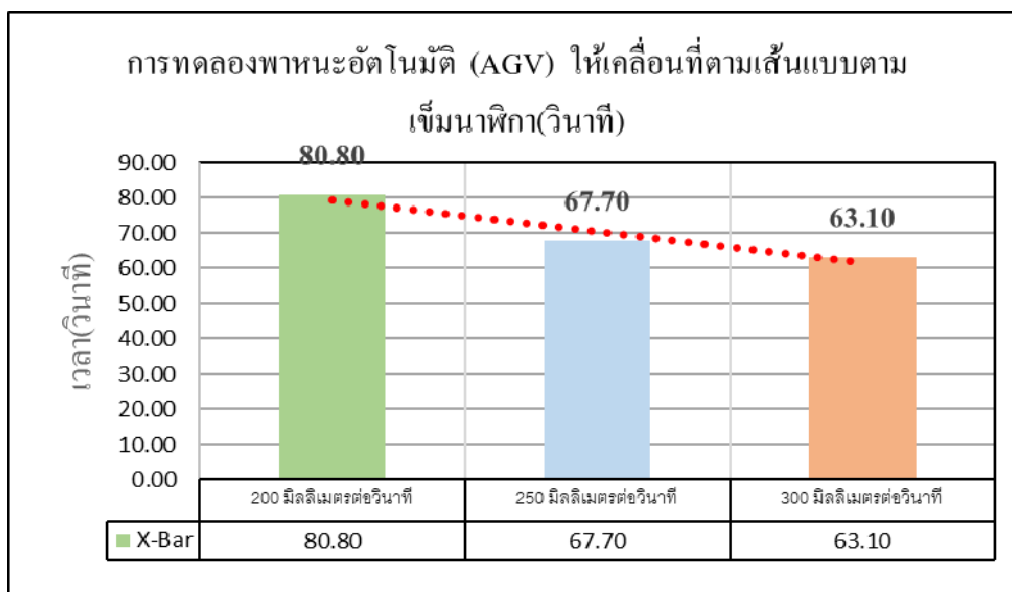
ตารางที่ จ.1 การทดลองยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบตามเข็มนาฬิกา (วินาที)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
1	79	65	59
2	81	68	62
3	82	69	65
4	82	67	63
5	84	68	64

ตารางที่ จ.1 การทดลองยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบตามเข็มนาฬิกา (วินาที) (ต่อ)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
6	82	67	63
7	79	69	64
8	79	68	65
9	78	67	63
10	82	69	63
$\bar{X}$	80.80	67.70	63.10
Max	84	69	65
Min	78	65	59
SD	1.833	1.187	1.640

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) จะเห็นได้ว่าเวลาจากค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติที่น้อยที่สุดคือ 63.10 วินาทีและเวลาที่มากเป็นลำดับที่สองคือ 67.70 วินาที และค่าสูงสุดคือ 80.80 วินาที และได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจับเวลาของแต่ละระดับดังนี้ การจับเวลาในการเคลื่อนที่ 200 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.833 ส่วนการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 250 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.187 และการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.640 จากข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่มีผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ลดลงโดยความเร็วที่ดีที่สุดและทำเวลาในการเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในการเคลื่อนที่ตามเส้นแบบตามเข็มนาฬิกา(วินาที) คือ การใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 63.10 วินาทีต่อครั้ง ดังในตารางที่ จ.1



ภาพที่ จ.2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เมื่อยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่แบบตามเข็มนาฬิกา

เมื่อยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่แบบตามเข็มนาฬิกาจะดูข้อมูลได้จากกราฟแสดงผลทั้ง 3 ระดับ จากภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 ระดับ ในพื้นที่สนามเดียวกันที่ความเร็วที่ 200, 250 และ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

2. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบทวนเข็มนาฬิกา

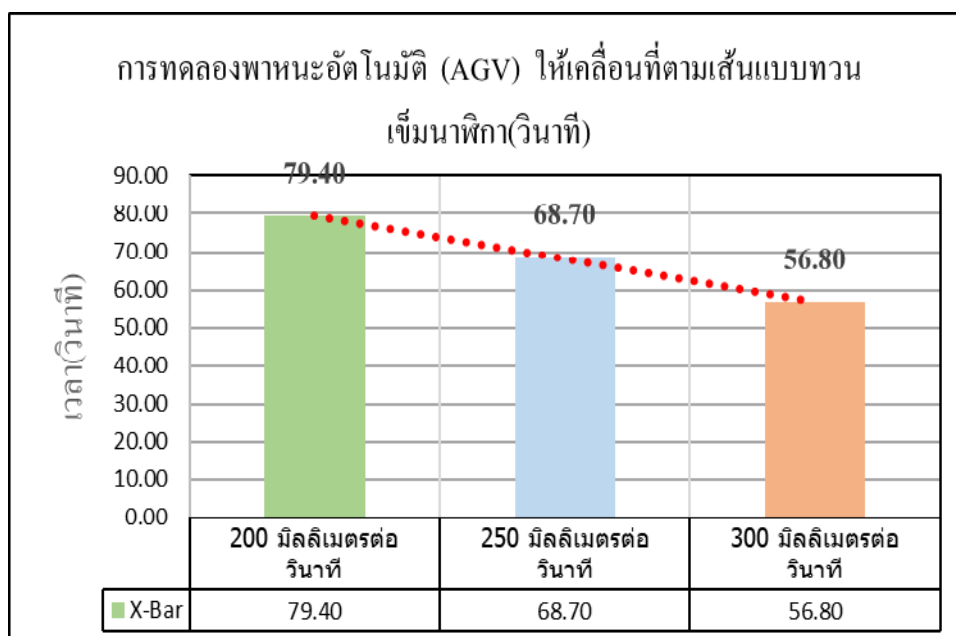
ตารางที่ จ.2 การทดลองควบคุมยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบทวนเข็มนาฬิกา (วินาที)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
1	78	70	58
2	78	69	56
3	79	68	57
4	79	67	56
5	81	68	59
6	79	69	58
7	80	71	57

ตารางที่ จ.2 การทดลองควบคุมยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบทวนเข็มนาฬิกา (วินาที) (ต่อ)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
8	81	68	56
9	79	67	55
10	80	70	56
$\bar{X}$	79.40	68.70	56.80
Max	81	71	59
Min	78	67	55
SD	1.019	1.268	1.166

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) จะเห็นได้ว่าเวลาจากค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติที่น้อยที่สุดคือ 56.80 วินาทีและเวลาที่มากเป็นลำดับที่สองคือ 68.70 วินาที และค่าสูงสุดคือ 79.40 วินาที และได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจับเวลาของแต่ละระดับดังนี้ การจับเวลาในการเคลื่อนที่ 200 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.019 ส่วนการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 250 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.268 และการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.166 จากข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่มีผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ลดลงโดยความเร็วที่ดีที่สุดและทำเวลาในการเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในการเคลื่อนที่ตามเส้นแบบทวนเข็มนาฬิกา(วินาที) คือ การใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 56.80 วินาทีต่อครั้งดังในตารางที่ จ.2



ภาพที่ จ.3 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบทวนเข็มนาฬิกา

เมื่อยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่แบบทวนเข็มนาฬิกาจะดูข้อมูลได้จากกราฟแสดงผลทั้ง 3 ระดับจากภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 ระดับ ในพื้นที่สนามเดียวกันที่ความเร็วที่ 200, 250 และ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

3. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ

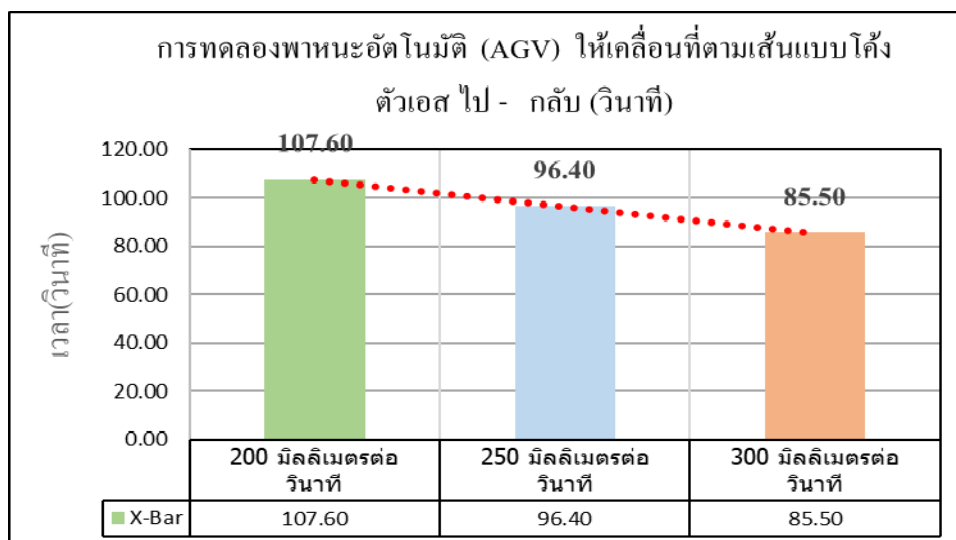
ตารางที่ จ.3 การทดลองควบคุมยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบโค้งตัวเอส
ไป - กลับ (วินาที)

ความเร็วในการ เคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อ วินาที	250 มิลลิเมตรต่อ วินาที	300 มิลลิเมตรต่อ วินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
1	106	95	85
2	107	96	84
3	106	97	86
4	107	98	87
5	109	96	86
6	108	97	84

ตารางที่ จ.3 การทดลองควบคุมยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นทางแบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ (วินาที) (ต่อ)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
7	109	95	85
8	107	96	87
9	109	98	86
10	108	96	85
$\bar{X}$	107.60	96.40	85.50
Max	109	98	87
Min	106	95	84
SD	1.113	1.019	1.024

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) จะเห็นได้ว่าเวลาจากค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติที่น้อยที่สุดคือ 85.50 วินาทีและเวลาที่เป็นลำดับที่สองคือ 96.40 วินาที และช้าที่สุดคือ 107.60 วินาที และได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจับเวลาของแต่ละระดับดังนี้ การจับเวลาในการเคลื่อนที่ 200 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.113 ส่วนการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 250 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.019 และการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.024 จากข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่มีผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ลดลงโดยเร็วที่ดีที่สุดและทำเวลาในการเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในการเคลื่อนที่ตามเส้นทางแบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ คือ การใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 85.50 วินาทีต่อครั้งดังในตารางที่ 3



ภาพที่ จ.4 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ

เมื่อยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ตามเส้นแบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ จะดูข้อมูลได้จากกราฟแสดงผลทั้ง 3 ระดับจากภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 ระดับ ในพื้นที่สนามเดียวกันที่ความเร็วที่ 200, 250 และ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

4. ผลการทดสอบยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบวงรี

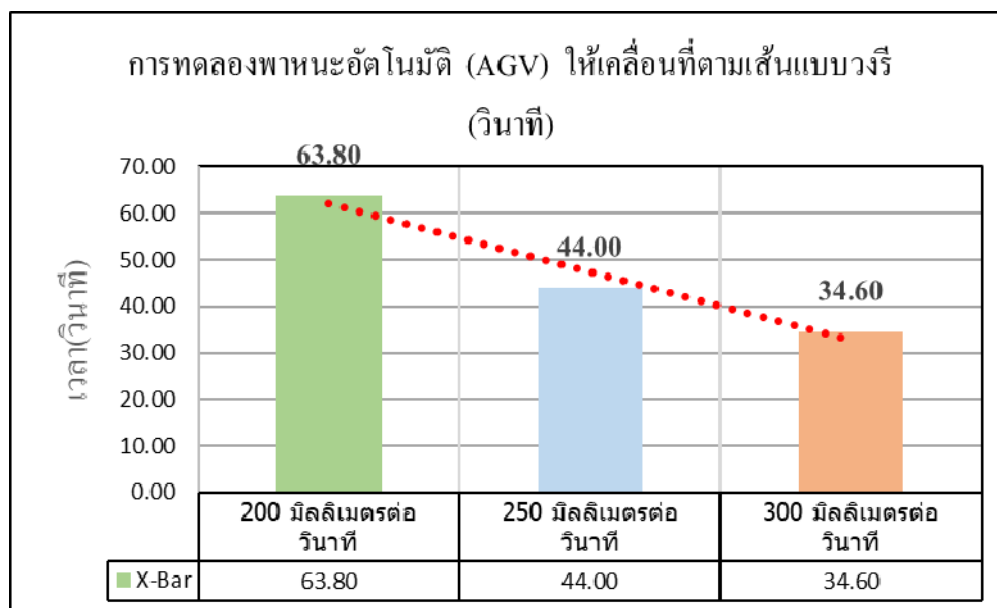
ตารางที่ จ.4 การทดลองการควบคุมยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบวงรี (วินาที)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
1	64	44	35
2	65	43	33
3	63	46	36
4	64	45	35
5	65	42	33
6	63	43	34

ตารางที่ จ.4 การทดลองการควบคุมยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ให้เคลื่อนที่ตามเส้นแบบวงรี (วินาที) (ต่อ)

ความเร็วในการเคลื่อนที่ จำนวนครั้ง	200 มิลลิเมตรต่อวินาที	250 มิลลิเมตรต่อวินาที	300 มิลลิเมตรต่อวินาที
	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)	เวลา (วินาที)
7	65	44	35
8	62	42	36
9	63	45	34
10	64	46	35
$\bar{X}$	63.80	44.00	34.60
Max	65	46	36
Min	62	42	33
SD	0.979	1.414	1.019

จากการทดลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) จะเห็นได้ว่าเวลาจากค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติที่น้อยที่สุดคือ 34.60 วินาทีและเวลาที่มากเป็นลำดับที่สองคือ 44.00 วินาที และค่าสูงสุดคือ 63.80 วินาที และได้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการจับเวลาของแต่ละระดับดังนี้ การจับเวลาในการเคลื่อนที่ 200 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.979 ส่วนการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 250 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.414 และการจับเวลาในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.019 จากข้อมูลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่มีผลต่อเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ทำให้เวลาในการเคลื่อนที่ลดลงโดยความเร็วที่ดีที่สุดและทำเวลาในการเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในการเคลื่อนที่ตามเส้นแบบวงรี คือ การใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ 34.60 วินาทีต่อครั้งดังในตารางที่ จ.4



ภาพที่ จ.5 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่แบบวงรี

เมื่อยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ตามเส้นแบบวงรี จะดูข้อมูลได้จากกราฟแสดงผลทั้ง 3 ระดับจากภาพที่ จ.5 แสดงความสัมพันธ์เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่และความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ทั้ง 3 ระดับ ในพื้นที่สนามเดียวกันที่ความเร็วที่ 200, 250 และ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

5. ผลการวิเคราะห์การทดลอง

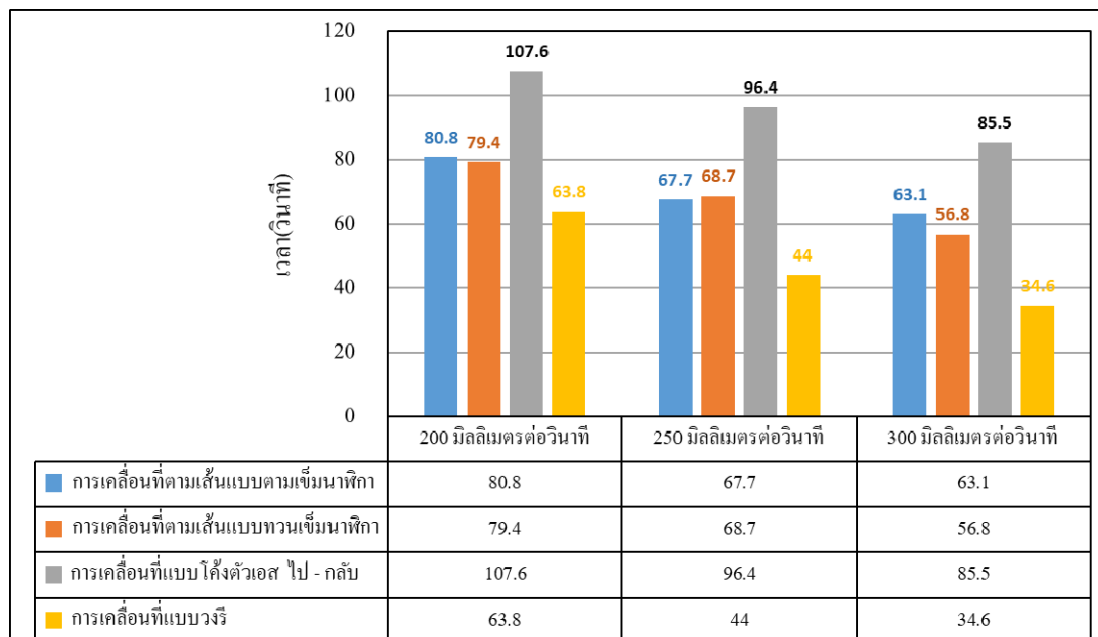
ผลการทดลองการพัฒนาระบบควบคุมเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) โดยใช้จอยสติ๊ก ร่วมกับการมองภาพวิดีโอจากข้อมูลจากตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 ได้นำข้อมูลมาจัดทำแผนภูมิ แสดงการเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยความแตกต่างได้ตามแผนภูมิแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของผลการทดลอง

สัญลักษณ์ ตารางที่ 1 แทนการทดลองการเคลื่อนที่ตามเส้นแบบตามเข็มนาฬิกาขนาดพื้นที่การทดลอง ขนาด 2.5 × 3 เมตร

สัญลักษณ์ ตารางที่ 2 แทนการทดลองการเคลื่อนที่ตามเส้นแบบทวนเข็มนาฬิกาขนาดพื้นที่การทดลอง ขนาด 2.5 × 3 เมตร

สัญลักษณ์ ตารางที่ 3 แทนการทดลองการเคลื่อนที่แบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ ขนาดพื้นที่การทดลอง ขนาด 2.5 × 2.5 เมตร

สัญลักษณ์ ตารางที่ 4 แทนการทดลองการเคลื่อนที่แบบวงรีขนาดพื้นที่การทดลอง ขนาด 2.4 × 3.6 เมตรมีขนาดเส้นรอบวง 9.42 เมตร



ภาพที่ จ.6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) โดยการเคลื่อนที่ตามเส้น

จากแผนภูมิ การทดลองที่ 1 ยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ตามเส้นทางแบบตามเข็มนาฬิกา ใช้เวลาเฉลี่ย 63.1 วินาที โดยใช้ความเร็วที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

การทดลองที่ 2 ยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ตามเส้นทางแบบทวนเข็มนาฬิกาใช้เวลาเฉลี่ย 56.80 วินาที โดยใช้ความเร็วที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

การทดลองที่ 3 ยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ตามเส้นทางแบบโค้งตัวเอส ไป - กลับ ใช้เวลาเฉลี่ย 85.5 วินาที โดยใช้ความเร็วที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

การทดลองที่ 4 ยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) เคลื่อนที่ตามเส้นทางแบบวงรีใช้เวลาเฉลี่ย 34.6 วินาที โดยใช้ความเร็วที่ 300 มิลลิเมตรต่อวินาที

ภาคผนวก ฉ

โปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติและคำสั่งงาน Arduino

1. คำสงวน

คำสงวน คือ คำคงที่ ตัวแปร และฟังก์ชันที่กำหนดไว้เป็นส่วนหนึ่งของภาษา C ของ Arduino ห้ามนำคำเหล่านี้ไปตั้งชื่อตัวแปรแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ ๑.1 คำสงวนของ Arduino

# Constants	# Port Constants	#Datatypes	# other	# other
HIGH	DDRB	boolean	+=	abs
LOW	PINB	byte	+ [	acos
INPUT	PORTB	char	]	analogRead
OUTPUT	DDRC	class	=&&	analogWrite
SERIAL	PINC	default	=	attachInterrupts
DISPLAY	PORTC	do		asin
PI	DDRD	double	=	atan
HALF_PI	PIND	int	,/	atan2
TWO_PI	PORTD	long	/	available
LSBFIRST		private	?:	begin
MSBFIRST		protected	<<	bit
CHANGE		public	<<	bitRead
FALLING		return	=	bitWrite
RISING		shot	log	bitSet
false		signed	&&	bitClear
true		static	!	boolean
null		switch		byte
		throw	^^	case
		Try	=	ceil
		Unsigned	++	char
		Void	!=	char
		while	-	class
			%	abs
			/	acos
			*	constrain

ตารางที่ ๑.1 คำสงวนของ Arduino (ต่อ)

# Constants	# Port Constants	#Datatypes	# other	# other
			{ } // ** . - = == << = () >> ;	w noInterrupts noTone null parseInt parseFloat pinMode print println pulseIn radians this tone true write # USB Keyboard Mouse read press release releaseAll readBytes readBytesUntil return round serial serial1 serial2

ตารางที่ ๑.1 คำสงวนของ Arduino (ต่อ)

# Constants	# Port Constants	#Datatypes	# other	# other
				cos default delay delayMicroseconds detachInterrupts digitalWrite digitalRead else exp false find findUntil float floor for HALF_PI if int log loop map max micros millis min

```
#include "CytronMotorDriver.h"
CytronMD motor1(PWM_DIR, 5, 4); // PWM 1A = Pin 3, PWM 1B = Pin 9.
CytronMD motor2(PWM_DIR, 6, 7); // PWM 2A = Pin 10, PWM 2B = Pin 11.

////////////////////////////////////
//-----Ultra Sonic Sensor Configuration -----//
const int trigPin = 9;
const int echoPin = 10;
const int trigPin2 = 11;
const int echoPin2 = 12;
long duration;
int distance;
long duration2;
int distance2;
////////////////////////////////////
unsigned long previousMillis = 0;
long interval = 1000;
int timeCount=0;
int ledState = LOW;
////////////////////////////////////
```

ภาพที่ ฉ.1 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 1

```
const int Kp = 2.1; // Kp value that you have to change 9.85== baseSpeed=70
const int Kd = 10; // Kd value that you have to change K0=35
int readVal,positionVal; // Variables to store analog and line position value
const byte serialEn = 2; // Connect UART output enable of LSA08 to pin 2

int MAX_SPEED =40;
int MED_SPEED =40;
int baseSpeed = 40; // Base speed for your motors
int maxSpeed = 40; // Maximum speed for your motors
const int setPoint = 35; // Middle point of sensor array
const byte interruptPin = 3;

int StepRun=0;
int P1,P2,P3,P4,P5,P6;
int counter=0;
int A=0;
int B=0;
int CheckBW=0;

volatile int CheckStop;
int error;
int lastError = 0; // Declare a variable to store previous error
boolean a=false;
boolean CheckSelectPos = false;
////////////////////////////////////
```

ภาพที่ ฉ.2 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 2

```
const int buttonP1 = A0; // the pin that the pushbutton is attached to
const int buttonP2 = A1; // the pin that the pushbutton is attached to
const int buttonP3 = A2; // the pin that the pushbutton is attached to
const int buttonP4 = A3; // the pin that the pushbutton is attached to
const int buttonP5 = A4; // the pin that the pushbutton is attached to
const int buttonP6 = A5; // the pin that the pushbutton is attached to

const int ledP1 = 22; // the pin that the LED is attached to
const int ledP2 = 24; // the pin that the LED is attached to
const int ledP3 = 26; // the pin that the LED is attached to
const int ledP4 = 28; // the pin that the LED is attached to
const int ledP5 = 30; // the pin that the LED is attached to
const int ledP6 = 32; // the pin that the LED is attached to

int buttonStateP1 = 0; // current state of the button
int buttonStateP2 = 0; // current state of the button
int buttonStateP3 = 0; // current state of the button
int buttonStateP4 = 0; // current state of the button
int buttonStateP5 = 0; // current state of the button
int buttonStateP6 = 0; // current state of the button
int lastButtonStateP1 = 0; // previous state of the button
int lastButtonStateP2 = 0; // previous state of the button
int lastButtonStateP3 = 0; // previous state of the button
int lastButtonStateP4 = 0; // previous state of the button
int lastButtonStateP5 = 0; // previous state of the button
int lastButtonStateP6 = 0; // previous state of the button
int CounterP1 = 0;
int CounterP2 = 0;
int CounterP3 = 0;
int CounterP4 = 0;
int CounterP5 = 0;
int CounterP6 = 0;
////////////////////////////////////
```

ภาพที่ ฉ.3 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 3

```

void setup() {
////////////////////////////////////
// initialize the button pin as a input:
pinMode(buttonP1, INPUT);
pinMode(buttonP2, INPUT);
pinMode(buttonP3, INPUT);
pinMode(buttonP4, INPUT);
pinMode(buttonP5, INPUT);
pinMode(buttonP6, INPUT);

// initialize the LED as an output:
pinMode(ledP1, OUTPUT);
pinMode(ledP2, OUTPUT);
pinMode(ledP3, OUTPUT);
pinMode(ledP4, OUTPUT);
pinMode(ledP5, OUTPUT);
pinMode(ledP6, OUTPUT);
////////////////////////////////////
}

```

ภาพที่ ฉ.4 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 4

```

//----- Define Pin For Motor Control -----//
pinMode(6,OUTPUT);
pinMode(5,OUTPUT);
pinMode(4,OUTPUT);

pinMode(7, OUTPUT);

// pinMode(2, INPUT_PULLUP);
//motor L Stop
digitalWrite(5,LOW);
digitalWrite(4,LOW);

//motor R Stop
digitalWrite(6,LOW);
digitalWrite(7,LOW);

pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);
pinMode(trigPin2, OUTPUT);
pinMode(echoPin2, INPUT);
pinMode(serialen,OUTPUT);
pinMode(interruptPin, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), InterSectionCheck, RISING); // Set Interrupt Input Rising Edge
Serial.begin(9600);

```

ภาพที่ ฉ.5 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 5

```

}

signed int ReadPosition(void){
  buttonStateP1 = digitalRead(buttonP1);
  buttonStateP2 = digitalRead(buttonP2);
  buttonStateP3 = digitalRead(buttonP3);
  buttonStateP4 = digitalRead(buttonP4);
  buttonStateP5 = digitalRead(buttonP5);
  buttonStateP6 = digitalRead(buttonP6);
  // Serial.println(" --- TEST ---");
  buttonStateP1 = digitalRead(buttonP1);
  //----- P1-----//
  if (buttonStateP1 != lastButtonStateP1)
  {
    if (buttonStateP1 == LOW )
    {
      CounterP1++;
      //Serial.println(CounterP1);
      if(CounterP1==1)
      {
        P1=1;
        digitalWrite(ledP1,HIGH);
      }
      if(CounterP1==2)
      {
        digitalWrite(ledP1,LOW);
        CounterP1=0;
        P1=0;
      }
    }
    else
    {
      }
  }
  lastButtonStateP1 = buttonStateP1;
  //-----P2 -----//
}

```

ภาพที่ ฉ.6 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 6

```

//-----P2 -----//
if (buttonStateP2 != lastButtonStateP2)
{
    if (buttonStateP2 == LOW )
    {
        CounterP2++;
        //Serial.println(CounterP2);
        if(CounterP2==1)
        {
            digitalWrite(ledP2,HIGH);
            P2=1;
        }
        if(CounterP2==2)
        {
            digitalWrite(ledP2,LOW);
            CounterP2=0;
            P2=0;
        }
    }
    else
    {
    }
}
lastButtonStateP2 = buttonStateP2;
////////// End P2 //////////

```

ภาพที่ ฉ.7 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 7

```

//-----P3 -----//
if (buttonStateP3 != lastButtonStateP3)
{
    if (buttonStateP3 == LOW )
    {
        CounterP3++;
        //Serial.println(CounterP3);
        if(CounterP3==1)
        {
            digitalWrite(ledP3,HIGH);
            P3=1;
        }
        if(CounterP3==2)
        {
            digitalWrite(ledP3,LOW);
            CounterP3=0;
            P3=0;
        }
    }
    else
    {
    }
}
lastButtonStateP3 = buttonStateP3;
////////// End P3 //////////

```

ภาพที่ ฉ.8 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 8

```

//-----P4 -----//
if (buttonStateP4 != lastButtonStateP4)
{
    if (buttonStateP4 == LOW )
    {
        CounterP4++;
        //Serial.println(CounterP4);
        if(CounterP4==1)
        {
            digitalWrite(ledP4,HIGH);
        }
        if(CounterP4==2)
        {
            digitalWrite(ledP4,LOW);
            CounterP4=0;
        }
    }
    else
    {
    }
}
lastButtonStateP4 = buttonStateP4;
////////// End P4 //////////

```

ภาพที่ ฉ.9 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 9


```
//-----P5 -----//
if (buttonStateP5 != lastButtonStateP5)
{
    if (buttonStateP5 == LOW )
    {
        CounterP5++;
        //Serial.println(CounterP3);
        if(CounterP5==1)
        {
            P5=1;
            digitalWrite(ledP5,HIGH);
        }
        if(CounterP5==2)
        {
            digitalWrite(ledP5,LOW);
            CounterP5=0;
            P5=0;
        }
    }
    else
    {
    }
}
lastButtonStateP5 = buttonStateP5;
////////// End P5 //////////
```

ภาพที่ จ.10 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 10

```
//-----P6 -----//
if (buttonStateP6 != lastButtonStateP6)
{
    if (buttonStateP6 == LOW )
    {
        CounterP6++;
        //Serial.println(CounterP3);
        if(CounterP6==1)
        {
            P6=1;
            digitalWrite(ledP6,HIGH);
        }
        if(CounterP6==2)
        {
            digitalWrite(ledP6,LOW);
            CounterP6=0;
            P6=0;
        }
    }
    else
    {
    }
}
lastButtonStateP6 = buttonStateP6;
////////// End P6 //////////
```

ภาพที่ จ.11 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 11

```
/*if(buttonStateP3==LOW){
    CounterP1=0;
    CounterP2=0;
    digitalWrite(ledP1,LOW);
    digitalWrite(ledP2,LOW);
} */

}

void Backwards()
{
    motor1.setSpeed(-35); // 40
    motor2.setSpeed(35); // Right
    delay(20);
    //counter=0;
}

void Stop()
{
    motor1.setSpeed(0); // 40
    motor2.setSpeed(0); // Right
    delay(20);
    digitalWrite(ledP6,LOW);
}
```

ภาพที่ จ.12 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 12

```

void ReasUltraSonic()
{
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW); duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = duration * 0.034 / 2;

  digitalWrite(trigPin2, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin2, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin2, LOW);
  duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
  distance2 = duration2 * 0.034 / 2;
}

void loop() {
  ///////////////////////////////////////////////////
  ReadPosition();
  ReasUltraSonic();
  if (P5==1){
  ///////////////////////////////////////////////////

```

ภาพที่ จ.13 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 13

```

digitalWrite(serialIn,LOW); // Set serialIn to LOW to request UART data
while(serial.available() <= 0); // Wait for data to be available
positionVal = Serial.read(); // Read incoming data and store in variable positionVal
digitalWrite(serialIn,HIGH); // Stop requesting for UART data
if (A==9 && positionVal!=255)
{
  Stop();
}
else{
  switch (counter)
  {
    case 0:
      PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)

      break;
    case 1:
      if (P1==1)
      {
        Stop();
        if (P6==1)
        {
          P1=0;
          delay(100);
          P6=0;
          PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
        }
        else
        {
          P6=0;
        }
      }
      else
      {
        PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
      }
      break;

```

ภาพที่ จ.14 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 14

```

    case 2:
      if (P2==1)
      {
        Stop();
        if(P6==1)
        {
          P2=0;
          delay(100);
          P6=0;
          PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
        }
        else
        {
          P6=0;
        }
      }
      else
      {
        PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
      }
      break;
    case 3:
      if (P3==1)
      {
        Stop();
        if(P6==1)
        {
          P3=0;
          delay(100);
          P6=0;
          PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
        }
      }
      else
      {
        PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
      }
      break;

```

ภาพที่ จ.15 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 15

```

case 4:
{
  if (P4==1)
  {
    Stop();
    if(P6==1)
    {
      P4=0;
      delay(100);
      P6=0;
      PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
      if(positionVal==255)
      {
        Backwards();
        if (positionVal!=255)
        {
          Stop();
          PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
        }
      }
    }
  }
  else
  {
    PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
    if(positionVal==255)
    {
      Backwards();
      if (positionVal!=255)
      {
        Stop();
        PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
      }
    }
  }
}
break;

```

ภาพที่ จ.16 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 16

```

case 5:
  PIDControl(2,10,60,60); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
  break;
case 6:
  PIDControl(2,10,60,60); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
  break;
case 7:
  PIDControl(2,10,60,60); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
  break;
// ----- ROBOT Backwards-----//
case 8:
  PIDControl(2,10,50,50); // PIDControl(int Kps, int Kds,int baseSpeed, int maxSpeed,int counter)
  break;
case 9:
  if(positionVal==255)
  {
    Backwards();
    if (positionVal!=255)
    {
      Stop();
    }
    digitalWrite(ledP6,LOW);
    digitalWrite(ledP5,LOW);
    digitalWrite(ledP4,LOW);
    digitalWrite(ledP3,LOW);
    digitalWrite(ledP2,LOW);
    digitalWrite(ledP1,LOW);
  }
  break;

```

ภาพที่ จ.17 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 17

```

default:
  Stop();
  P6=0;
  P5=0;
  P4=0;
  P3=0;
  P2=0;
  P1=0;
  CounterP6=0;
  CounterP5=0;
  CounterP4=0;
  CounterP3=0;
  CounterP2=0;
  CounterP1=0;
  digitalWrite(ledP6,LOW);
  digitalWrite(ledP5,LOW);
  digitalWrite(ledP4,LOW);
  digitalWrite(ledP3,LOW);
  digitalWrite(ledP2,LOW);
  digitalWrite(ledP1,LOW);
  //StepRun=0;
  break;
}
}
}
void PIDControl()
{
  digitalWrite(serialEn,LOW); // Set serialEn to LOW to request UART data
  while(Serial.available() <= 0); // Wait for data to be available
  positionVal = Serial.read(); // Read incoming data and store in variable positionVal
  digitalWrite(serialEn,HIGH); // Stop requesting for UART data

  // If no line is detected, stay at the position
  if(((distance<30)||positionVal == 255)){
    motor1.setSpeed(0); // 40
    motor2.setSpeed(0); // 0
  }
}

```

ภาพที่ จ.18 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 18

```

// Else if line detected, calculate the motor speed and apply
else {
    error = positionVal - setPoint; // Calculate the deviation from position to the set point
    int motorSpeed = Kp * error + Kd * (error - lastError); // Applying formula of PID
    lastError = error; // Store current error as previous error for next iteration use

    int leftMotorSpeed = baseSpeed + (motorSpeed);
    int rightMotorSpeed = baseSpeed - (motorSpeed);

    motor1.setSpeed(leftMotorSpeed); // PWM2
    motor2.setSpeed(rightMotorSpeed); // PWM1
}

}

void PIDControl(int Kps, int Kds, int baseSpeed, int maxSpeed)
{
    digitalWrite(serialEn, LOW); // Set serialEn to LOW to request UART data
    while(Serial.available() <= 0); // Wait for data to be available
    positionVal = Serial.read(); // Read incoming data and store in variable positionVal
    digitalWrite(serialEn, HIGH); // Stop requesting for UART data

    // If no line is detected, stay at the position
    if((distance < 40) || (distance < 40) || (positionVal == 255)){
        motor1.setSpeed(0); // 40
        motor2.setSpeed(0); // 0
    }
}

```

ภาพที่ ฉ.19 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 19

```

// Else if line detected, calculate the motor speed and apply
else {
    error = positionVal - setPoint; // Calculate the deviation from position to the set point
    int motorSpeed = Kps * error + Kds * (error - lastError); // Applying formula of PID
    lastError = error; // Store current error as previous error for next iteration use

    int leftMotorSpeed = baseSpeed + (motorSpeed);
    int rightMotorSpeed = baseSpeed - (motorSpeed);

    if(rightMotorSpeed > maxSpeed) rightMotorSpeed = maxSpeed;
    if(leftMotorSpeed > maxSpeed) leftMotorSpeed = maxSpeed;

    // If the speed of motor is negative, set it to 0
    if(rightMotorSpeed < 0) rightMotorSpeed = (0-maxSpeed);
    if(leftMotorSpeed < 0) leftMotorSpeed = (0-maxSpeed);

    motor1.setSpeed(leftMotorSpeed); // PWM2
    motor2.setSpeed(rightMotorSpeed); // PWM1
}
}

```

ภาพที่ ฉ.20 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 20

```

}

void InterSectionCheck()
{
    counter++;
    switch(counter)
    {
        case 1:
            MAX_SPEED = 40;
            MED_SPEED = 40;
            A=1;
            break;

        case 2:
            MAX_SPEED = 40;
            MED_SPEED = 40;
            A=2;
            break;

        case 3:
            MAX_SPEED = 40;
            MED_SPEED = 40;
            A=3;
            CheckStop=0;
            break;

        case 4:
            MAX_SPEED = 40;
            MED_SPEED = 40;
            A=4;
            digitalWrite(ledP4, HIGH);
            //counter=0;
            //CheckStop=0;
            break;

        case 5:
            MAX_SPEED = 40;
            MED_SPEED = 40;
            A=5;
            break;

        case 6:
            MAX_SPEED = 40;
            MED_SPEED = 40;

```

ภาพที่ ฉ.21 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 21

```

        case 7:
            //counter=0;
            A=7;
            break;
        case 8:
            digitalWrite(ledP6,HIGH);
            A=8;
            break;
        case 9:
            A=9;
            break;
        default:
            counter=0;
            A=0;
            break;
    }
}

void timerCount()
{
    unsigned long currentMillis = millis();
    if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
        previousMillis = currentMillis;
        timeCount++;

        if (timeCount>=10 && timeCount<20) {
            ledState = HIGH;
        } else {
            ledState = LOW;
            if(timeCount==20) timeCount=0;
        }
        //digitalWrite(13, ledState);
    }
}
}

```

ภาพที่ จ.22 เนื้อโปรแกรมของยานพาหนะอัตโนมัติคำสั่งที่ 22

ภาคผนวก ข
วัสดุอุปกรณ์ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

ตารางที่ ข.1 วัสดุอุปกรณ์ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

ลำดับ	รูปส่วนประกอบ	ชื่อส่วนประกอบ	หน้าที่
1		เซอร์โวมอเตอร์ (ZYTD45S-R-019- 190304 DC 12V 9000 RPM.)	ใช้ขับเคลื่อนล้อ
2		ปุ่มป้อนคำสั่ง (Push Button)	ใช้ป้อนคำสั่ง
3		เมนบอร์ด Arduino (Microcontrollers)	ใช้ติดต่อสื่อสาร และควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้า อื่นๆ
4		เซ็ทสวิตช์แบบกุญแจ (Key Switch Module)	เปิด/ปิด เครื่อง

ตารางที่ ข.1 วัสดุอุปกรณ์ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) (ต่อ)

ลำดับ	รูปส่วนประกอบ	ชื่อส่วนประกอบ	หน้าที่
5		ล้อ (Wheel)	ขับเคลื่อน
6		โมดูลตรวจจับเส้น (Cytron Advanced Auto-Calibrating Line Sensor)	เซนเซอร์ ตรวจจับเส้น ทำงานบนพื้นผิว ที่มีสีแตกต่างกัน ได้หลายสี
7		วงจรขับเคลื่อน มอเตอร์ (Cytron 13A, 5-30V Single DC Motor Controller)	ควบคุมการ ทำงานมอเตอร์
8		วงจรบอร์ด แบตเตอรี่ (NPE Kit Battery Check PK-3008)	บอร์ด แบตเตอรี่
9		อลูมิเนียมรีดขึ้นรูป (Aluminum profile)	ใช้เป็นโครงสร้าง

ตารางที่ ข.1 วัสดุอุปกรณ์ของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) (ต่อ)

ลำดับ	รูปส่วนประกอบ	ชื่อส่วนประกอบ	หน้าที่
10		แผ่นอะคริลิก (Acrylic Clear Sheet)	ใช้เป็นโครงสร้าง
11		เซ็นเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Ultrasonic Sensor HC SR04 Module for Arduino)	ตรวจจับสิ่งกีดขวาง
12		แบตเตอรี่ 12V (Transpower VRLA Battery 12V 12A)	แบตเตอรี่
13		อะลูมิเนียมสำหรับยึดมอเตอร์ ซ้าย/ขวา (Aluminum L-R Bracket)	อะลูมิเนียมสำหรับยึดมอเตอร์ ซ้าย/ขวา
14		PROGRAM ARDUINO	ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม

ภาคผนวก ซ
การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

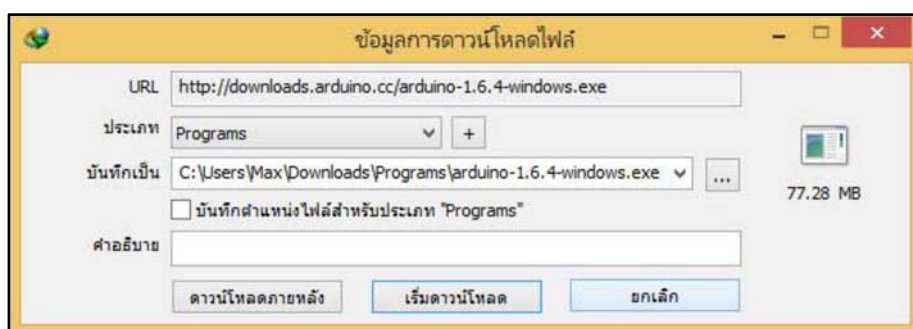
การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE

การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE Download โปรแกรม Arduino IDE ฟรีที่เว็บ Arduino.cc /en/Main/Software และกด Click ที่ Download เพื่อเข้าสู่ Download Page



ภาพที่ ข.1 หน้าต่าง Download โปรแกรม Arduino IDE

1. การติดตั้ง การติดตั้งซอฟต์แวร์ Arduino IDE



ภาพที่ ข.2 หน้าต่างเลือกระบบปฏิบัติการ Windows Installer

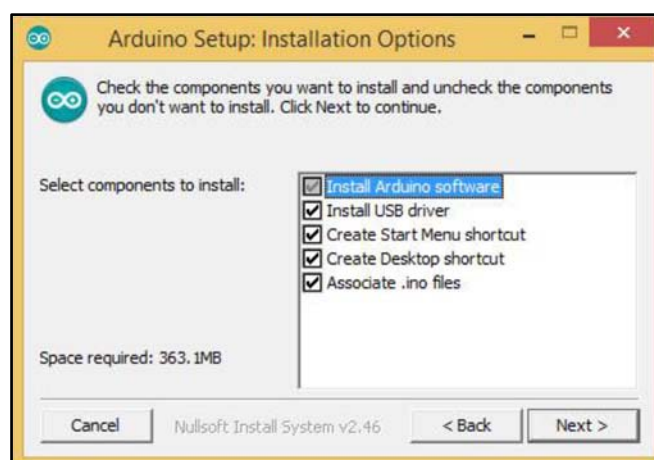
ในที่นี้เลือก Windows Installer จากนั้นเลือก Just Download และรอจนเสร็จเพื่อที่ Download Arduino Software สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows หลังจาก Download แล้วให้ เลือกที่อยู่ของ Downloaded File บนระบบ System และ ทำการ Extract the Folder จาก Zipped File วางลงบนตำแหน่งที่เหมาะสม



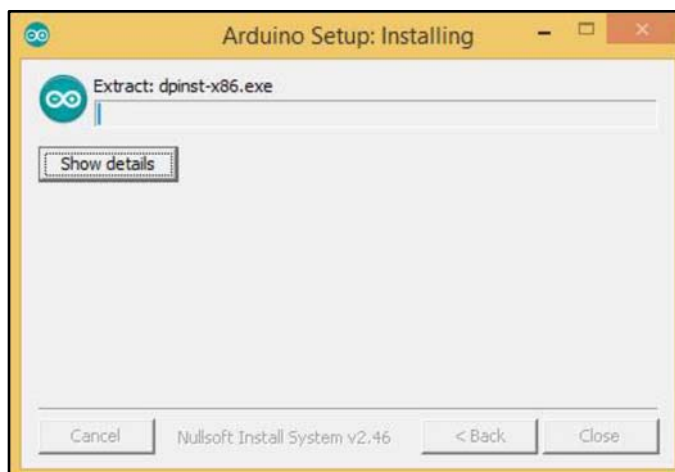
ภาพที่ ข.3 หน้าต่างการยอมรับ License



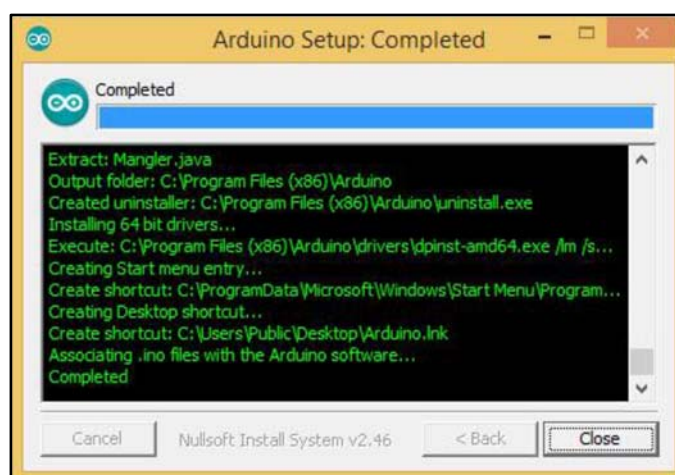
ภาพที่ ข.4 หน้าต่างเลือก Destination Folder



ภาพที่ ข.5 หน้าต่างเลือกรูปแบบการ Installation



ภาพที่ ซ.6 หน้าต่างการ Installation



ภาพที่ ซ.7 หน้าต่างการติดตั้งสำเร็จ

ทำการ Plug the Arduino บอร์ดลงบนเครื่อง PC Windows Start the Windows Device Manager ให้ Click ไปที่ปุ่ม Start Menu คลิกขวาที่ My Computer บน Start Menu แล้ว Click Properties or Manage จากหน้าต่าง Menu เพื่อทำการเปิด Device Manager



ภาพที่ ซ.8 หน้าต่างการเข้าเมนู Device Manager

Click ไปที่ Device Manager link เพื่อ Start Device Manager



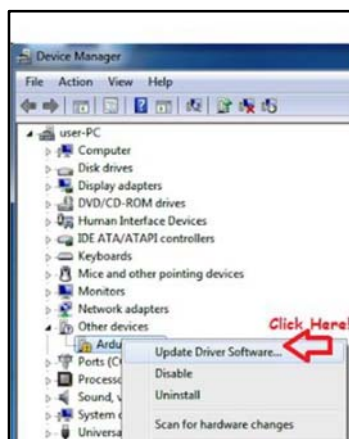
ภาพที่ ซ.9 หน้าต่างการ Start device Manager

Device Manager จะเปิดและแสดง Arduino Device ที่เราทำการ Connect ไว้ ขึ้นอยู่กับว่าใช้บอร์ดชนิดไหนชื่อก็จะแสดงขึ้นมาให้เห็น



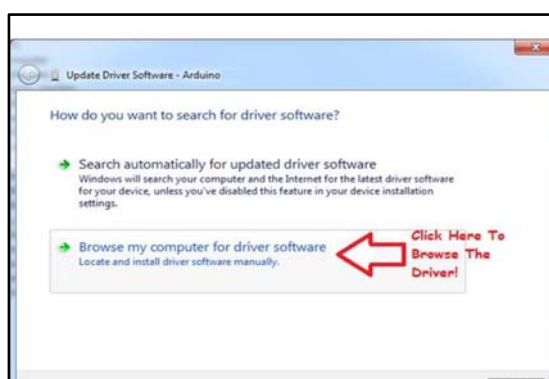
ภาพที่ ซ.10 หน้าต่างอุปกรณ์ Arduino ไม่สามารถทำการ Install ได้

ที่นี้จะเจอเครื่องหมายตกใจสีเหลืองซึ่งแสดงว่าอุปกรณ์ Arduino นั้นไม่สามารถทำการ Install ได้ มาถึงขั้นนี้ก็ต้องดำเนินการดังต่อไปนี้ ในหน้าต่างของ Device Manager ให้คลิกขวาไปที่ Arduino บอร์ดแล้วก็ Click Update Driver Software บนหน้าต่าง Menu



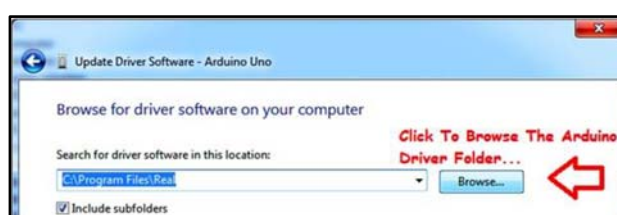
ภาพที่ ซ.11 หน้าต่างการเลือก Update Driver Software

ณ ขณะนี้จะมีหน้าต่าง Update Driver Software ให้คลิกที่ Browse my Computer for Driver Software เพื่อที่จะ Install Driver Software Manually



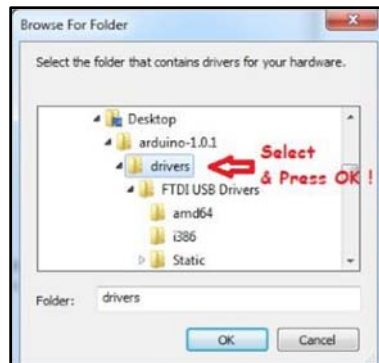
ภาพที่ ซ.12 หน้าต่างการค้นหา Driver Software

ต่อไป click the Browse button



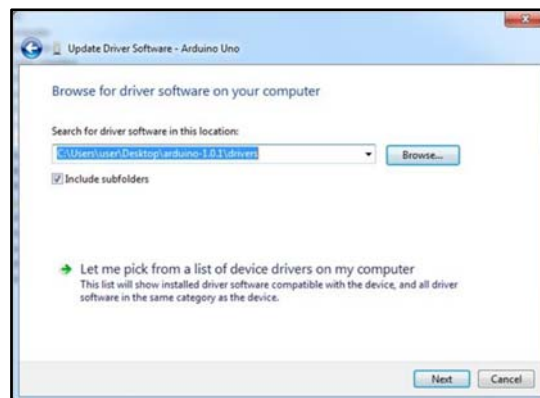
ภาพที่ ซ.13 หน้าต่างการค้นหา Arduino Driver Folder

เลือกไปที่ Drivers Folder ใน Arduino Folder ที่ได้ Download มา



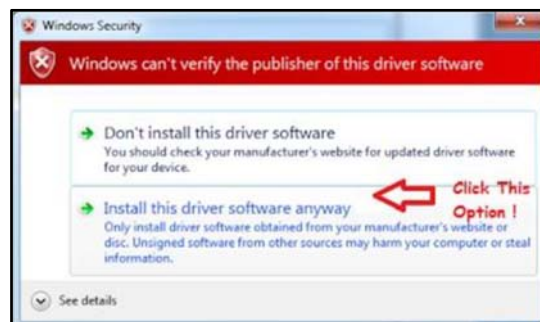
ภาพที่ ซ.14 หน้าต่างการเลือก Driver Arduino Folder

หลังจากเลือกไปที่ Driver Folder เรียบร้อยแล้ว ให้ Click Next



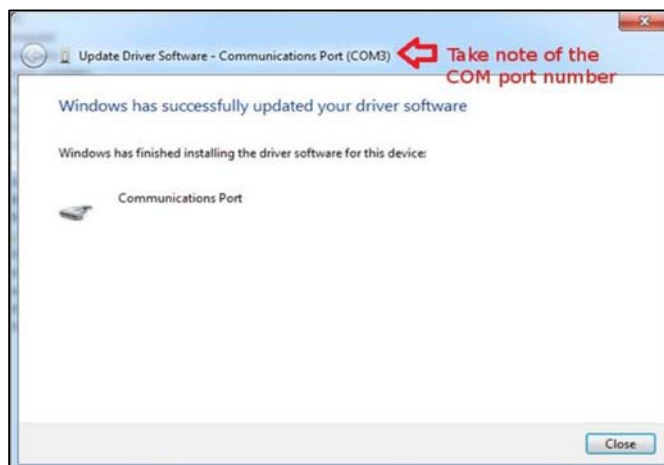
ภาพที่ ซ.15 หน้าต่างการเลือก Driver Folder

จะมีกล่องหน้าต่างขึ้นมา Click Install this Driver Software Anyway to Continue the Arduino บอร์ด Drivers



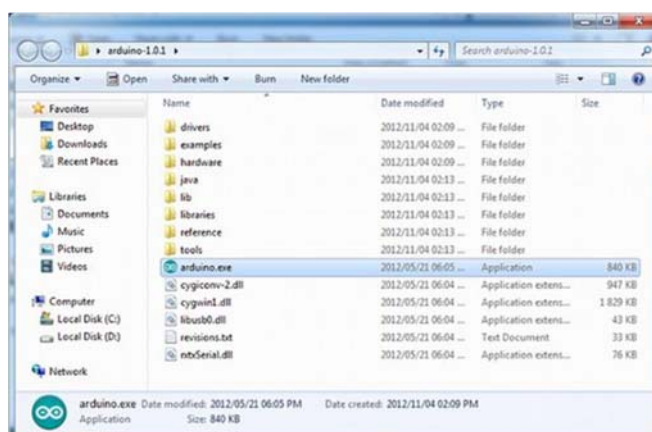
ภาพที่ ซ.16 หน้าต่างการแจ้งเตือน Window Security

เมื่อทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้วจะมี dialog box ตามรูปข้างล่างเราต้องทราบพอร์ต number ที่บอร์ด Arduino ทำการเชื่อมต่ออยู่ในตัวอย่างนี้คือ COM3 แต่บอร์ดที่ใช้งานจริงอาจจะมาเป็น COM อื่น ๆ ก็ได้



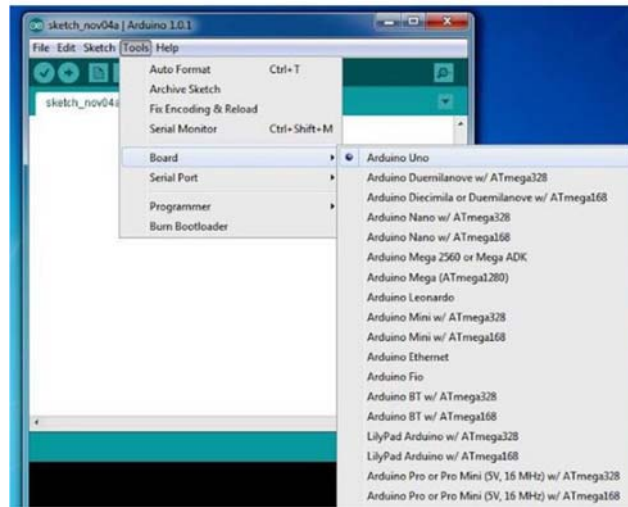
ภาพที่ ซ.17 หน้าต่างการ Install Driver เรียบร้อย

ถ้าเห็นข้อความนี้แสดงว่าได้ทำการ Install Driver เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการ Close ได้ หลังจาก Installation แล้วการ Set นี้ ทำแค่ครั้งเดียวเป็นอันเสร็จ นอกเสียจากต้องการเปลี่ยนรุ่นของบอร์ดหรือเปลี่ยนพอร์ตที่ทำการเชื่อมต่อกับบอร์ดเท่านั้น เพียงแค่เลือกไปที่ Folder ที่ได้เก็บ Arduino IDE ไว้ และทำการ Start Software ของ Arduino IDE โดยทำการ Double Click ไปที่ Arduino Application



ภาพที่ ซ.18 หน้าต่างที่อยู่ของไอคอน Arduino IDE

Double Click ที่ Arduino.exe เพื่อ Start Arduino IDE จากนั้นเลือกรุ่นของ Arduino บอร์ดที่ทำการเชื่อมต่อให้ถูกต้องจากใน list ทำการเปลี่ยนถ้าจำเป็น



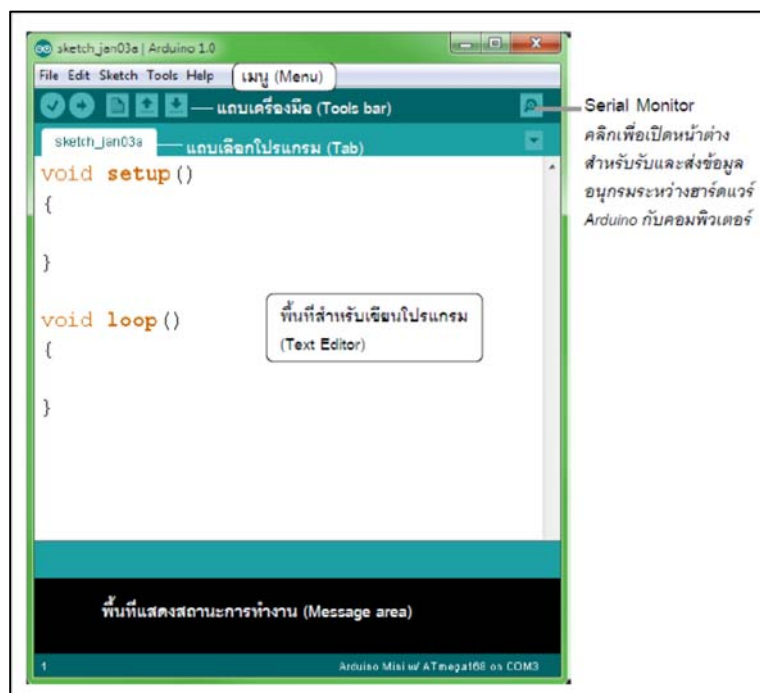
ภาพที่ ข.19 การเลือกบอร์ด Arduino ในการเชื่อมต่อ

หลังจากนั้นก็ทำการเช็คค่า serial พอร์ตที่ต่ออยู่ได้ถูกเลือกอย่างถูกต้อง เลือกไปที่ Computer Serial พอร์ตที่ Arduino ทำการต่อเชื่อมอยู่

2. ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม Arduino IDE

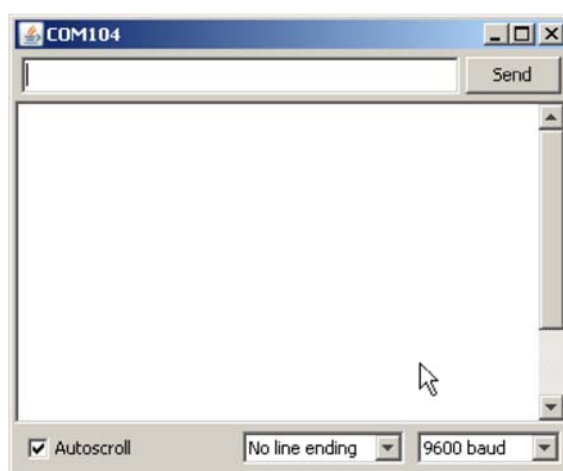
เมื่อเรียกให้โปรแกรมทำงานจะมีหน้าต่างภาพที่ 20 ตัวโปรแกรมประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. เมนู (Menu) ใช้เลือกคำสั่งต่างๆ ในการใช้งานโปรแกรม
2. แถบเครื่องมือ (Toolbar) เป็นการนำคำสั่งที่ใช้งานบ่อย ๆ มาสร้างเป็นปุ่มเพื่อให้เรียกใช้คำสั่งได้รวดเร็วขึ้น
3. แถบเลือกโปรแกรม (Tabs) เป็นแถบที่ใช้เลือกไฟล์โปรแกรมแต่ละตัว (กรณีที่เขียนโปรแกรมขนาดใหญ่ประกอบด้วยไฟล์หลายตัว)



ภาพที่ ซ.20 ลักษณะโดยทั่วไปของโปรแกรม Arduino IDE

4. พื้นที่เขียนโปรแกรม (Text Editor) เป็นพื้นที่สำหรับเขียนโปรแกรมภาษา C/C++
5. พื้นที่แสดงสถานะการทำงาน (Message Area) เป็นพื้นที่ที่โปรแกรมใช้แจ้งสถานะการทำงานของโปรแกรม เช่นผลการคอมไพล์โปรแกรม
6. พื้นที่แสดงข้อมูล (Text Area) ใช้แจ้งว่าโปรแกรมที่ผ่านการคอมไพล์แล้วมีขนาดกี่ไบต์
7. ปุ่มสำหรับเปิดหน้าต่าง Serial Monitor ปุ่มนี้จะอยู่ท่ามมุมบนด้านขวามือ คลิกปุ่มนี้เมื่อต้องการเปิดหน้าต่างสื่อสารและแสดงข้อมูลอนุกรม โดยต้องมีการต่อฮาร์ดแวร์ Arduino และเลือกพอร์ตการเชื่อมต่อให้ถูกต้องก่อน



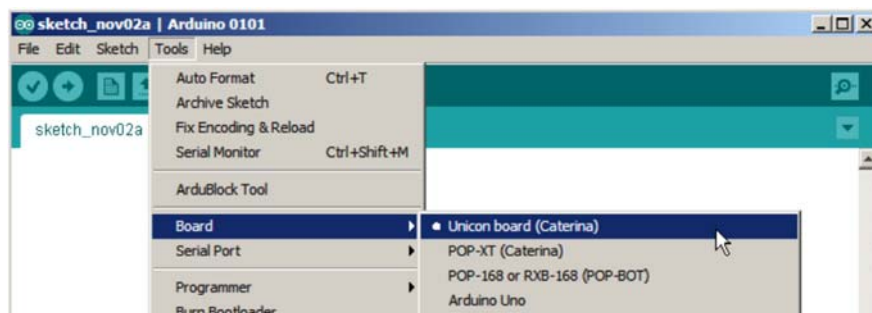
ภาพที่ ซ.21 ลักษณะของหน้าต่าง Serial Monitor

หน้าต่าง Serial Monitor มีบทบาทค่อนข้างมากในการใช้แสดงผลการทำงานของโปรแกรมแทนการใช้อุปกรณ์แสดงผลอื่นๆ เนื่องจาก Arduino ได้เตรียมคำสั่งสำหรับใช้แสดงค่าของตัวแปรที่ต้องการดูผลการทำงานไว้ แล้วนั่นคือ Serial.print ส่วนการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ไปยังฮาร์ดแวร์ Arduino หรือแผงวงจรควบคุมให้ พิมพ์ข้อความและคลิกปุ่ม Send ในการรับส่งข้อมูลต้องกำหนดอัตราเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลหรือบอดเรต (baud rate) ให้กับโปรแกรมในคำสั่ง Serial.begin กรณีที่ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ Mcintosh หรือคอมพิวเตอร์ที่ติด ตั้งระบบปฏิบัติการ Linux ตัวฮาร์ดแวร์ของ Arduino จะรีเซ็ตเมื่อเริ่มเปิดใช้งาน Serial monitor

3. การทดสอบการทำงานบอร์ด Arduino เบื้องต้น

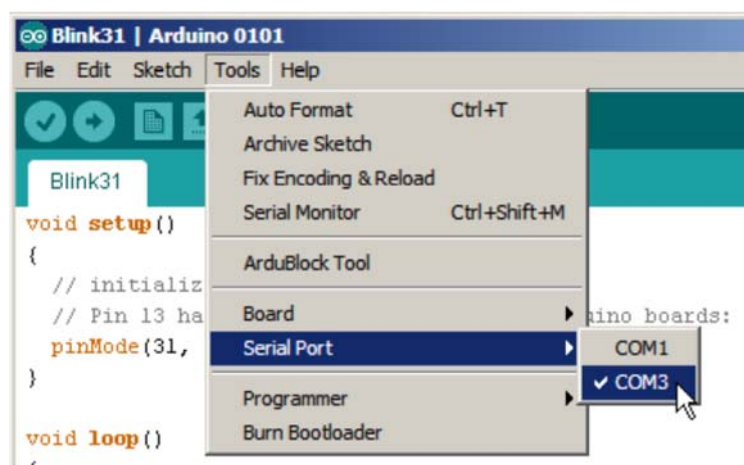
คำสั่งที่มีการใช้ในตัวโปรแกรม Arduino จะนำมาสร้างเป็นปุ่มบนแถบเครื่องมือเพื่อให้สามารถคลิกเลือกได้ทันทีปุ่มต่าง ๆ บนแถบเครื่องมือมีดังนี้

1. Verify/Compile ใช้ตรวจสอบการเขียนคำสั่งในโปรแกรมว่าถูกต้องตามหลักไวยากรณ์หรือไม่ และคอมไพล์ โปรแกรม
2. Upload to I/O บอร์ด ใช้อัปโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นไปยังบอร์ดหรือฮาร์ดแวร์ Arduino ก่อนจะอัปโหลดไฟล์ต้องแน่ใจว่าได้บันทึกไฟล์ และคอมไพล์ไฟล์สเก็ทเรียบร้อยแล้ว New ใช้สร้างสเก็ทไฟล์ (ไฟล์ โปรแกรม) ตัวใหม่
3. Open ใช้แทนเมนู File > Sketchbook เพื่อเปิดสเก็ทซ์ (ไฟล์ โปรแกรม) ที่มีในเครื่อง Save ใช้บันทึกไฟล์สเก็ทซ์บู๊ทที่เขียนขึ้น



ภาพที่ ข.22 การเลือกชนิดของบอร์ด Arduino ที่ต่อใช้งาน

เลือกบอร์ด Arduino โดยเลือกจากเมนู Tools > Bord โปรแกรมจะแสดงบอร์ดที่มีในคอมพิวเตอร์ให้ผู้ใช้งาน



ภาพที่ ข.23 หน้าต่างการเลือกพอร์ต Arduino

เลือกพอร์ตที่ใช้เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino โดยเลือกจากเมนู Tools > Serial พอร์ต โปรแกรมจะแสดงพอร์ตที่มีในคอมพิวเตอร์ให้ผู้ใช้เลือกในตัวอย่างเลือกพอร์ต COM3 จากนั้นพิมพ์โค้ดต่อไปนี้

```

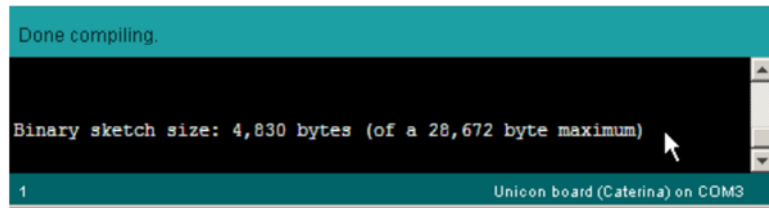
|
void setup()
{
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
}

```

ภาพที่ ข.24 หน้าต่างโปรแกรม

อัปโหลดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino โดยคลิกที่ปุ่ม Upload หรือเลือกที่เมนู File > Upload รอจนกระทั่งการอัปโหลดเสร็จสิ้น บอร์ดจะทำงานทันที LED ติดกะพริบทุกๆ 1 วินาที เป็นอันเสร็จสิ้นการทดสอบการเขียนและอัปโหลดโปรแกรมเบื้องต้นกับบอร์ด Arduino ถ้าเกิดการอัปโหลดโปรแกรมผิดพลาดจะส่งผลให้บอร์ด Arduino ใช้งานไม่ได้ ต้องตรวจสอบดูจากข้อความสีส้มด้านล่างว่าผิดพลาดจากอะไร



ภาพที่ ข.25 หน้าต่างแสดงการอัปโหลดโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว

เมื่อคอมไพล์โปรแกรมแล้วที่แถบแสดงสถานะและหน้าต่างแสดงผลการคอมไพล์ ซึ่งเป็นหน้าต่างสีดำน้อยด้านล่างของโปรแกรมที่แถบแสดงสถานะจะปรากฏข้อความ Done Compiling และหน้าต่างแสดงผลแสดงข้อความว่า Binary Sketch Size: 4,830 bytes (of a 28,672 Byte Maximum) แสดงว่าโปรแกรมภาษาเครื่องที่จากการคอมไพล์มีขนาด 4,830 ไบต์จากความสามารถของหน่วยความจำของทั้งหมดที่ใช้ได้ 28,672 ไบต์

4. การเขียนโปรแกรมความหมายการทำงานของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

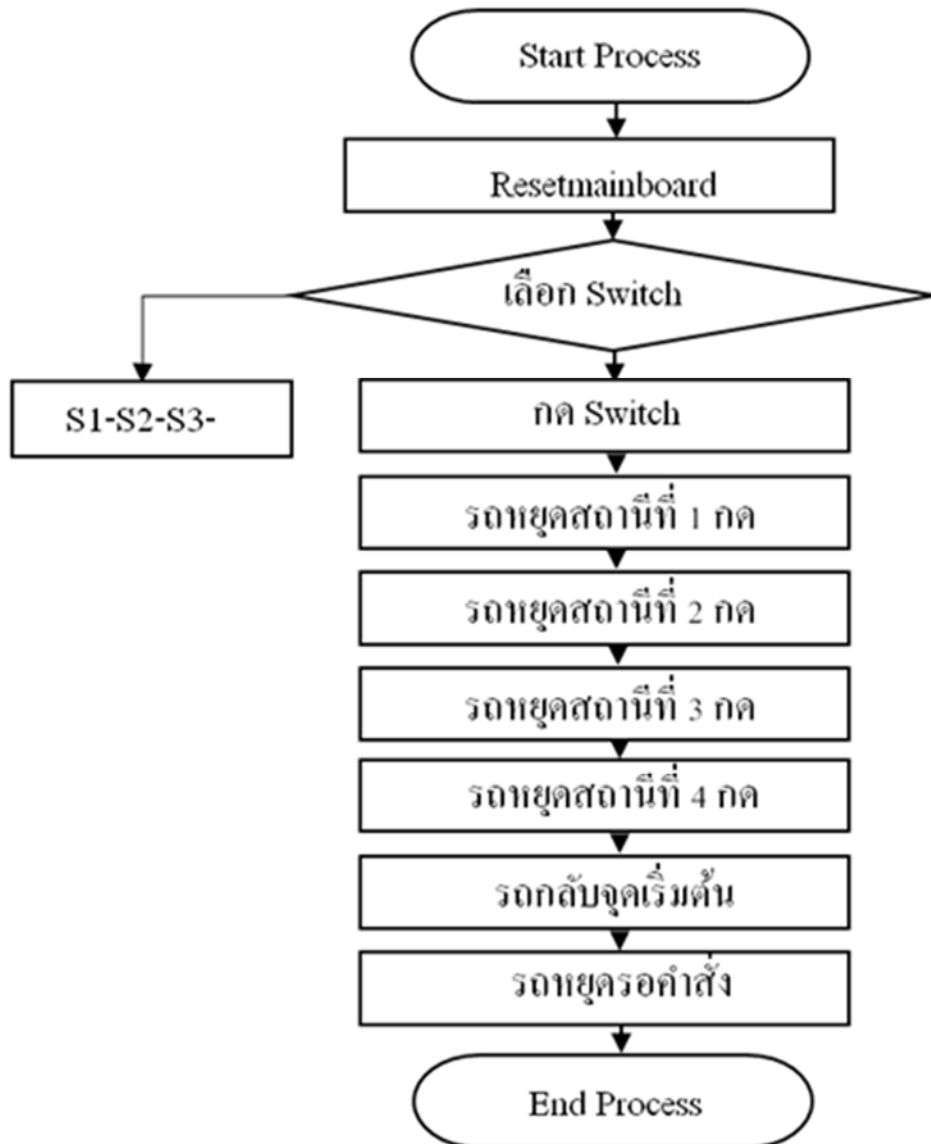
ไลบรารี (Libraries) คือ คือชุดของโค้ดโปรแกรมที่มีคนอื่นเขียนไว้แล้ว เช่น สำหรับการใช้งาน เซ็นเซอร์ต่าง ๆ การใช้งานหน้าจอ LCD, Wifi Shield, GPS โมดูล และส่วนขยายต่าง ๆ โดยที่เราไม่ต้องมาเขียนขึ้นใหม่ เราแค่ทำการเพิ่มไลบรารีใน Arduino IDE ก็สามารถนำมาใช้งานได้ทันทีทำให้เราไม่ต้องมาวุ่นวาย ปวดหัวกับการเขียนโปรแกรมว่าจะเขียนเพื่อให้ใช้งาน ส่วนขยายต่าง ๆ ของ Arduino อย่างไร เอาเวลามาใช้กับความคิดสร้างสรรค์ว่าจะประดิษฐ์อะไร ดีกว่าซึ่งจำนวนไลบรารีนั้นก็มียู่มากมายเป็นร้อย ๆ ไลบรารีให้เราได้เลือกใช้หากเราทำการติดตั้ง Arduino IDE จะมีไลบรารีที่มากับตัวติดตั้งเลยเรียกว่าไลบรารีมาตรฐาน

รายการไลบรารีมาตรฐาน Standard Libraries

1. EEPROM ใช้สำหรับอ่านและเขียน สำหรับ หน่วยความจำ EEPROM
2. Ethernet ใช้สำหรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยใช้ Arduino Ethernet Shield
3. Firmat ใช้สำหรับการสื่อสารกับโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์โดยใช้ serial protocol
4. GSM ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับเครือข่าย GSM/GPRS ด้วย GSM Shield
5. LiquidCrystal ใช้สำหรับการควบคุมการแสดงผลจอ LCD
6. SD ใช้สำหรับการอ่านและเขียน SD การ์ด
7. Servo ใช้สำหรับควบคุม มอเตอร์เซอร์โว
8. SPI ใช้สำหรับการสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นๆโดยใช้ Serial Peripheral Interface (SPI)
9. Stepper ใช้สำหรับการควบคุม สเต็ปเปอร์ มอเตอร์
10. TFT ใช้สำหรับการแสดงผลตัวอักษร , รูปภาพ และ รูปทรงต่างๆ บน จอภาพ TFT

โดยชุดของโค้ดโปรแกรมของพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ที่ได้ทำการเขียนเพื่อให้ใช้งาน ส่วนขยายต่างๆของ Arduino ได้ใช้ไลบรารีดังภาพที่ 3.30 พร้อมทั้งขั้นตอนการอัปโหลดลงบอร์ด Arduino ในส่วนที่ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการเขียนโปรแกรมแบบสมบูรณ์แนบไว้ที่ภาคผนวก รวมถึงคำสงวนไว้ในภาคผนวกทั้งหมดและที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 3.30 จะแสดงเพียงบางส่วนของเนื้อโปรแกรมและได้แสดงขั้นตอนการทำงานของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ในภาพที่ 3.29

1. ขั้นตอนการทำงานของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

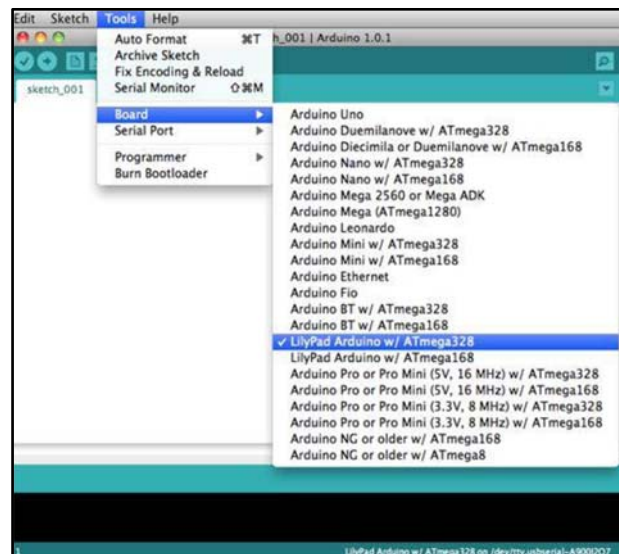


ภาพที่ ซ.26 ขั้นตอนการทำงานของยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

2. ขั้นตอนการอัปโหลด

2.1 เปิดโปรแกรมแล้วจะพบกับหน้าต่าง IDE ดังภาพที่ 3.30

2.2 ไปที่ Tools->Board แล้วเลือกให้ตรงกับบอร์ดที่ใช้งาน โดยเลือกตามชื่อบอร์ดที่เราต้องการดังภาพที่ 3.30



ภาพที่ ช.27 ขั้นตอนการเลือกบอร์ดสำหรับเขียนโค้ด

3. เขียนโปรแกรมดังข้อความ

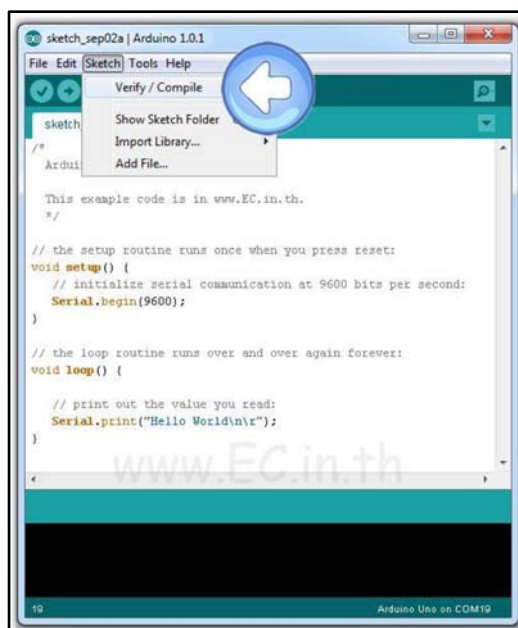
shield หรือ Module จะต้องลง Library เพื่อให้มันใช้งานได้สะดวก โหลดได้จาก Arduino IDE

```
#include "CytronMotorDriver.h" // ใ้ซ้กับคอมไพเลอร์ให้นำเอเดอร์ไฟล์ที่ระบุ คือ CytronMotorDriver.h เข้าร่วมในการแปลโปรแกรมด้วย
CytronMD motor1(PWM_DIR, 5, 4); // PWM 1A = Pin 3, PWM 1B = Pin 9. // กำหนดขา ที่ต่อกับขั้ว Motor Driver
CytronMD motor2(PWM_DIR, 6, 7); // PWM 2A = Pin 10, PWM 2B = Pin 11. // กำหนดขา ที่ต่อกับขั้ว Motor Driver

////////////////////////////////////
//-----Ultra Sonic Sensor Configuration -----// //โหลดได้จาก Arduino IDE
const int trigPin = 9; //สร้างตัวแปรชื่อ Trig_Pin ชนิด int เก็บค่า 9 (ตำแหน่ง Pin Trig)
const int echoPin = 10; //สร้างตัวแปรชื่อ Echo_Pin ชนิด int เก็บค่า 10 (ตำแหน่ง Pin Echo)
const int trigPin2 = 11; //สร้างตัวแปรชื่อ Trig_Pin ชนิด int เก็บค่า 11 (ตำแหน่ง Pin Trig)
const int echoPin2 = 12; //สร้างตัวแปรชื่อ Echo_Pin ชนิด int เก็บค่า 12 (ตำแหน่ง Pin Echo)
long duration; //ตัวแปร long duration ระยะเวลาที่ส่ง
int distance; //ตัวแปร int distance วัดระยะทางไกลที่สุด
long duration2; //ตัวแปร long duration ระยะเวลาที่ส่ง
int distance2; //ตัวแปร int distance2 วัดระยะทางไกลที่สุด
////////////////////////////////////
```

ภาพที่ ช.28 โค้ดที่ใช้อัพโหลดลงบอร์ด Arduino

4. จากนั้นคอมไพล์โปรแกรมโดยไปที่ Sketch->Verify / Compile



ภาพที่ ช.29 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด

5. เมื่อคอมไพล์เรียบร้อยแล้วจะมีข้อความปรากฏดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ ช.30 สถานะความถูกต้องของโค้ด

6. ทำการเชื่อมต่อบอร์ด Arduino ที่เราใช้งานเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB



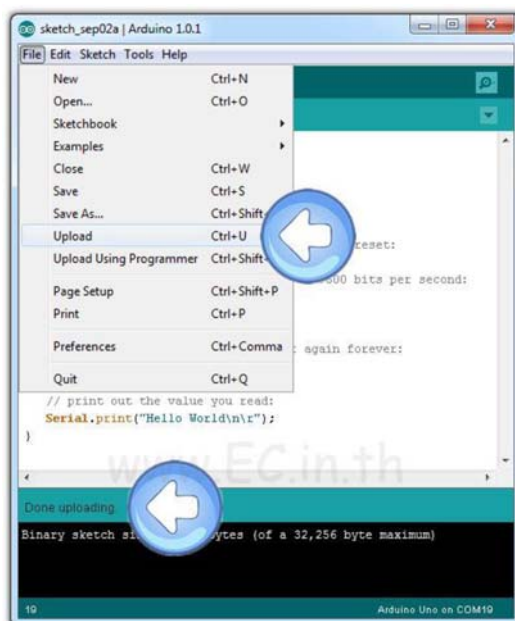
ภาพที่ ข.31 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต USB

7. จากนั้นให้ไปที่ Tools->Serial Port และเลือกให้ตรงกับบอร์ด Arduino ที่เราใช้งานที่ใช้งาน (สำหรับบอร์ด Arduino ของเราโปรแกรมจะเลือกให้อัตโนมัติ)



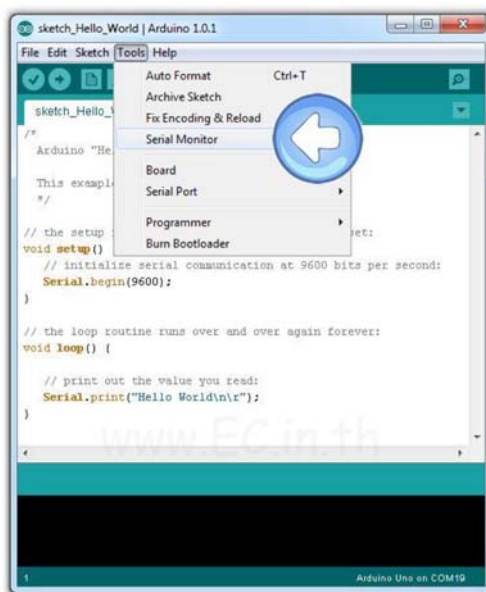
ภาพที่ ข.32 การเลือกพอร์ตให้ตรงกับบอร์ดที่ต้องการใช้งาน

8. โหลดโปรแกรมเข้าบอร์ด Arduino ที่เราใช้งานโดยไปที่ File->Upload



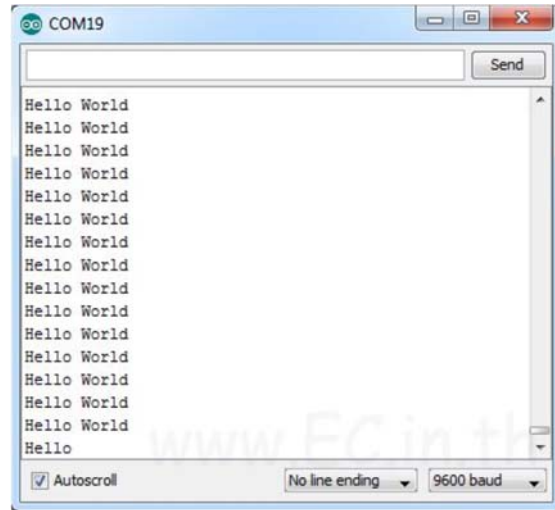
ภาพที่ ซ.33 ขั้นตอนการอัปโหลดโค้ดลงบอร์ด Arduino

9. จากนั้นเปิด Serial Monitor ของ Arduino IDE โดยไปที่ Tools->Serial Monitor



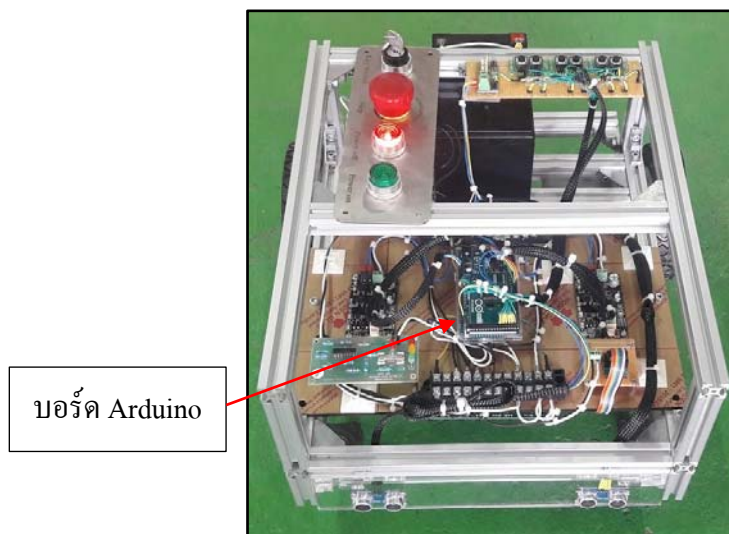
ภาพที่ ซ.34 ขั้นตอนในการเลือกใช้การแสดงผล

10. เมื่อเปิด Serial Monitor จะได้ข้อความดังนี้



ภาพที่ ข.35 ผลที่ได้โค้ดที่อัปโหลดลงบอร์ด Arduino

11. ติดตั้งบอร์ด Arduino ลงตัวยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV) ดังนี้



ภาพที่ ข.36 ติดตั้งบอร์ด Arduino ลงตัวยานพาหนะอัตโนมัติ (AGV)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	นายณัฏพันธ์ กนกศิริรัฐจิษยา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2554 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ.2545 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีธบุรี พ.ศ.2541 ประกาศนียบัตรชั้นสูง แผนกวิชา ช่างเทคนิคอุตสาหกรรม โรงเรียน เทคโนโลยีหมู่บ้านครู ช่างกลอุตสาหกรรม พ.ศ.2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ ช่างกลโรงงาน โรงเรียน เทคโนโลยี หมู่บ้านครู ช่างกลอุตสาหกรรม
ประวัติการทำงาน	2542-2553 อาจารย์ประจำ แผนกช่างกลโรงงาน โรงเรียน เทคโนโลยี หมู่บ้านครู ช่างกลอุตสาหกรรม 2553-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	9/209 หมู่ที่ 9 ถนนพุทธมณฑล สาย 5 ซอยไร่ชิง 30 ตำบล ไร่ชิง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม รหัสไปรษณีย์ 73210 โทรศัพท์มือถือ 084-3442052