

หัวข้อวิจัย การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจูดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล
ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี
ที่ปรึกษา พันตรี นายแพทย์จง พงษ์หาญยุทธ
หน่วยงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ปี พ.ศ. พ.ศ. 2558

บทคัดย่อ

การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจูดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล มีประสงค์เพื่อนำเส้นใยจากธรรมชาติมาออกแบบและประดิษฐ์มาใช้เป็นส่วนประกอบของรถเข็นนั่งสำหรับผู้พิการหรือคนชรา โดยผู้วิจัยได้ประดิษฐ์รถต้นแบบให้เป็นรถไฟฟ้า ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของโรงพยาบาล สามารถรับน้ำหนักผู้ป่วย ผู้พิการ ได้มากถึง 150 กิโลกรัม รถไฟฟ้าต้นแบบนี้ใช้ระบบไฟฟ้าควบคุมการเคลื่อนที่ไม่ใช้ระบบการบังคับด้วยมือ เพราะต้องการลดการเสียดสีระหว่างใช้งาน โดยให้ผู้พิการทดสอบการนั่งบนเบาะที่เป็นเส้นใยกระจูดสาน ที่มีความนุ่มและมีระบายอากาศ ไม่ทำให้เกิดเหงื่อที่บริเวณก้นของผู้พิการ จากการทดสอบการใช้งานในส่วนของความพึงพอใจต่อรถเข็นที่สร้างเป็นครุภัณฑ์เพื่อการใช้งานทางการแพทย์ ผู้พิการที่เป็นผู้ทดสอบในการใช้โดยการควบคุมโดยแพทย์ พยาบาลและนักกายภาพบำบัดอย่างใกล้ชิดพบว่า มีความพึงพอใจทั้ง 8 ด้าน อยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43

Research Title	Design Bulrush Reed Product for Device Innovation in Hospitals
Author	Asst.Prof. Benchalak Muangmeesri,Ph.D
Research Consultants	Maj. Thong Ponghanyut
Faculty	Faculty of Industrial Technology
Year	2015

Abstract

Bulrush Reed product is design to innovative used in hospitals. The objective is to be designed and fabricated from natural fibers used as the components of a wheelchair for the disabled or the elderly. The researchers have fabricated a prototype electric wheelchair. While, the dimension is suitable for patients then can support the weight up to 150 kg, The prototype of electric wheelchair can control via an electrical control but not using a hand blender. By the way, want to reduce friction during use. The disabled test seat as bulrush reed as well as soft and breathable until they are not sweat the bottom. The satisfaction of wheel chair for the hospitals and then the doctor and nurses will control electrical wheel chair for patients tested and physiotherapists closely. The satisfaction are eight factors between an average of 4.58 and standard deviation 0.43, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุตเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาลฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น ด้วยความกรุณาทุนสนับสนุนงานวิจัย (ทุน วช.) จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีงบประมาณ 2557 และสนับสนุนการทดลองจากกองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า โดยให้ผู้ป่วยจากราชการสนามมาเป็นกลุ่มตัวอย่างตลอดการดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดชฤทธิ์ มณีธรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยในการทดสอบการทำงานของรถเข็น วิเคราะห์ผลการวิจัยและสนับสนุนข้อมูลในการวิจัย ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์การสร้างผลงานตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กรินทร์ กาญจนานนท์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ และ พันตรี นายแพทย์ธง พงษ์หาญยุทธ กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ข้อเสนอแนะและตรวจทานวิธีการดำเนินการวิจัยและรายงานการวิจัยฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี

มีนาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญ.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(6)
สารบัญภาพ.....	(7)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 กระบวนการออกแบบ.....	5
2.1.1 ลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบ.....	6
2.1.2 การแบ่งขั้นตอนกระบวนการออกแบบ.....	7
2.1.3 โจทย์ในงานออกแบบ.....	10
2.1.4 แนวคิดสำหรับการออกแบบ.....	11
2.2 ผลิตภัณฑ์กระจูด.....	16
2.2.1 บทนิยาม.....	19
2.2.2 คุณลักษณะที่ต้องการ.....	19
2.2.3 เครื่องหมายและฉลาก.....	20
2.2.4 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน.....	20
2.2.5 การทดสอบ.....	20
2.3 อุปกรณ์เครื่องใช้ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย.....	21
2.3.1 รถเข็นผู้ป่วย ผู้พิการ.....	24
2.3.2 เตียงผู้ป่วย.....	25
2.3.3 เตียงสนาม.....	25
2.4 การใช้พีแอลซีควบคุม.....	26
2.4.1 ประโยชน์ของพีแอลซี โปรแกรมเมเบิล ลอจิก.....	
คอนโทรลเลอร์.....	26
2.4.2 โครงสร้างของพีแอลซี.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนพีแอลซี.....	31
2.2.4 ระบบเลขฐาน.....	32
2.5 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์.....	45
2.5.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	45
2.5.2 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	60
2.5.3 ภาษาซี.....	62
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	86
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	96
3.1 การกำหนดขอบเขต.....	96
3.1.1 วางแผนและเตรียมการ.....	96
3.1.2 ขอบเขตในการปฏิบัติงาน.....	98
3.1.3 ขอบเขตในการทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล	98
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง.....	98
3.2.1 ส่วนที่ 1 โครงสร้างเหล็ก.....	99
3.2.2 ส่วนที่ 2 ชุดควบคุม.....	99
3.2.3 ส่วนที่ 3 วัสดุธรรมชาติสำหรับการประกอบตัวรถ.....	100
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	102
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	102
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	104
4.1 ตอนที่ 1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งาน วัสดุธรรมชาติประเภทกระจูด.....	104
4.2 ตอนที่ 2 การสร้างต้นแบบของรถเข็นอัตโนมัติ.....	105
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	115
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	116
5.1.1 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของผลิตภัณฑ์รถเข็นคนพิการ.....	116
5.1.2 ขั้นตอนการประเมินผลการใช้งานรถเข็นคนพิการ.....	116
ข้อเสนอแนะ.....	116
บรรณานุกรม.....	118
ภาคผนวก.....	121
ภาคผนวก ก.....	122
ภาคผนวก ข.....	125
ประวัติผู้วิจัย.....	128

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระบบเลขฐาน..... 34
2.2	เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานสิบกับเลขฐานสอง..... 36
2.3	เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานแปดกับเลขฐานสอง..... 37
2.4	เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานสิบหกกับเลขฐานสอง..... 38
2.5	ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก AND gate..... 40
2.6	แสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก OR gate..... 41
2.7	ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NOT gate..... 42
2.8	แสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NAND gate..... 42
2.9	ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NOR gate..... 44
2.10	ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก XOR gate..... 44
2.11	ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC..... 48
2.12	การเปรียบเทียบ ยins ของmicrocontroller..... 50
2.13	ตัวดำเนินการเลขคณิตในภาษาซี..... 63
2.14	ลำดับการทำงานของตัวดำเนินการ..... 63
2.15	ตัวดำเนินการในภาษาซี..... 64
2.16	ประเภทข้อมูลและขนาดของตัวแปร..... 66
4.1	แสดงรายละเอียดของการรู้จักและเข้าใจเกี่ยวกับกระจัด..... 104
4.2	แสดงรายละเอียดของความต้องการใช้วัสดุในการทำผลิตภัณฑ์..... 104
4.4	ค่าความถี่และรายละเอียดสภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม..... 112
4.5	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อการใช้งาน..... 113

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงการทำงาน 3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ.....	8
2.2 ต้นกระจัด.....	16
2.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการขึ้นเป็นผืนก่อน.....	18
2.4 รถเข็นแบบธรรมดาซูปโครเมียมที่ใช้สำหรับผู้ป่วยหรือคนชรา.....	21
2.5 รถเข็นแบบธรรมดาที่ทำจากอลูมิเนียมอัลลอยด์ใช้สำหรับผู้ป่วยหรือคนชรา.....	22
2.6 รถเข็นคนพิการที่สามารถเข็นได้ด้วยตนเอง.....	22
2.7 รถเข็นคนพิการที่สามารถใช้ได้ในที่แคบหรือเดินทางโดยเครื่องบิน.....	23
2.8 รถเข็นสำหรับใช้เล่นกีฬา บาสเก็ตบอล เทนนิส หรือฟันดาบ.....	23
2.9 รถสำหรับผู้ป่วยหรือผู้พิการแบบไฟฟ้า.....	23
2.10 รถไฟฟ้าสำหรับผู้พิการที่เป็นอัมพฤกษ์ใช้ศีรษะควบคุมการเคลื่อนไหว.....	24
2.11 เตียงผู้ป่วยและเบาะรองนอนแบบรังผึ้ง	25
2.12 เตียงสนามพลาสติก.....	25
2.13 พีแอลซีชนิดโมดูลของบริษัทต่าง ๆ.....	26
2.14 โครงสร้างภายในของพีแอลซี.....	27
2.15 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนของอินพุต.....	28
2.16 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุต.....	29
2.17 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ติดต่อกับพีแอลซี.....	30
2.18 การใช้ภาษาบูลีน.....	31
2.19 ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม.....	32
2.20 ภาษาซีควนฟังก์ชันชาร์ต.....	32
2.21 สัญลักษณ์ลอจิก AND gate.....	39
2.22 สัญลักษณ์ ลอจิก OR gate.....	40
2.23 สัญลักษณ์ลอจิก NOT gate.....	40
2.24 สัญลักษณ์ ลอจิก NAND gate.....	41
2.25 การใช้ลอจิก NAND gate สร้างลอจิกฟังก์ชัน.....	42
2.26 สัญลักษณ์ ลอจิก NOR gate.....	42
2.27 สัญลักษณ์ลอจิก XOR gate.....	43

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.28 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	45
2.29 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC.....	49
2.30 โครงสร้างของพอร์ต A (RA0, RA1, RA2, RA3, RA5).....	52
2.31 โครงสร้างของพอร์ต A (RA4).....	52
2.32 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0-RB3).....	53
2.33 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4-RB7).....	54
2.34 โครงสร้างของพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7).....	55
2.35 โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4).....	56
2.36 โครงสร้างของพอร์ต D.....	57
2.37 โครงสร้างของพอร์ต E.....	58
2.38 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ microcontroller PIC16F877.....	61
2.39 แสดงคำสั่ง if แบบทางเดียว.....	69
2.40 แสดงคำสั่ง if แบบสองทาง.....	71
2.41 แสดงคำสั่ง while.....	75
2.42 คำสั่ง do while.....	77
2.43 วัสดุสำคัญในการออกแบบพัฒนาและตกแต่งผลิตภัณฑ์.....	88
2.44 ผลิตภัณฑ์เก่าที่นำมาทำเป็นต้นแบบในการพัฒนา.....	89
2.45 การสอนงานพัฒนาผลิตภัณฑ์กับชุมชน.....	90
2.46 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์.....	91
2.47 กระบวนการตกแต่งฝาตู้.....	92
2.48 กระบวนการตกแต่งโต๊ะ.....	93
2.49 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วโดยสามารถใช้เป็นตู้โชว์.....	94
3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	96
3.2 พีแอลซี.....	98
3.3 ไดอะแกรมการควบคุมตีซีมอเตอร์.....	98
3.4 การทดสอบแลดเดอร์ไดอะแกรม (ladder diagram).....	99
3.5 สถานที่ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ผลิตภัณฑ์.....	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.6	ผู้ผลิตแสดงกระบวนการขึ้นรูปตั้งแต่รีดเส้นกระดูก..... 100
3.7	เส้นกระดูกที่พร้อมจะทำการสานขึ้นรูป..... 100
3.8	การสานเส้นกระดูกเป็นแผ่น..... 100
3.9	การส่งผลิตภัณฑ์ตามแบบ..... 101
3.10	แผ่นกระดูกสานที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการวิจัย..... 101
4.1	โครงสร้างของรถเข็น..... 105
4.2	อุปกรณ์การควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ..... 105
4.3	กล่องควบคุมพีแอลซี (PLC BECKHOFF)..... 106
4.4	อุปกรณ์ควบคุมการหมุนซ้ายขวาของรถเข็น..... 106
4.5	แสดงการกดสวิทช์ on/off..... 107
4.6	แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่ถอยหลัง..... 107
4.7	แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่เลี้ยวขวา..... 108
4.8	แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่เดินหน้า..... 108
4.9	แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย..... 109
4.10	แสดงการประกอบพนักพิงโดยการขันตะปูเกลียวลงบนพนักเข็น..... 109
4.11	แสดงการประกอบแผ่นรองนั่งโดยการขันตะปูเกลียวลงบนโครงเก้าอี้..... 110
4.12	แสดงการประกอบแผ่นส่วนวางแขน..... 110

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของการวิจัย

ในประเทศไทยมีวัตถุดิบที่เป็นธรรมชาติมากมายหลายชนิดที่สามารถนำไปบูรณาการหรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับวัสดุอื่น ๆ โดยการนำไปใช้นั้นอาจจะเป็นลักษณะผสมผสานหรือใช้ทดแทนวัสดุอุปกรณ์นั้น ๆ ไปเลย การผสมผสานวัตถุดิบต่าง ๆ ให้สามารถเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ขึ้นมาถือเป็นมิติใหม่ของการออกแบบผลิตภัณฑ์ซึ่งก่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และประโยชน์สำหรับการใช้สอย มีผลการวิจัยหลายฉบับยืนยันให้เห็นถึงการนำประโยชน์ทางธรรมชาติมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีขั้นสูงในปัจจุบัน อาทิเช่น การนำต้นกระเจตที่มีปลูกอยู่ทั่วไปในภาคใต้สามารถนำมาขึ้นรูปได้เลยโดยไม่ต้องแปรรูปให้เป็นใย ด้วยการนำมาสานให้เป็นแผ่นและนำไปตัดเย็บขึ้นรูปเป็นกระเป๋า รองเท้า ฯลฯ และมีการนำไปใช้ในวงการแพทย์โดยการศึกษาถึงการถ่ายเทอากาศที่ดีของเสื้อกระเจตทำให้ลดการเกิดแผลกดทับในผู้ป่วยที่นอนอยู่บนที่นอนนาน ๆ

การออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทใดประเภทหนึ่งเพื่อให้เกิดคุณค่าที่สูงขึ้น ทั้งด้านความงาม (beauty) และด้านประโยชน์ใช้สอย (function) การนำแนวคิดในการใช้วัตถุดิบธรรมชาติอย่างเช่น เสื้อกระเจต หรือ ภาชนะได้เรียกว่า “สาตจุด” นั้น เกิดจากการที่ประเทศไทยเป็นแหล่งของผลิตภัณฑ์งานหัตถกรรมเป็นศูนย์กลางของศิลปวัฒนธรรม และในอีกไม่กี่ปีข้างหน้าจะต้องเข้าสู่ประชาคมอาเซียน ดังนั้นการพยายามคิดและสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นเอกลักษณ์อันดีงามและเป็นความคิดสร้างสรรค์จะเป็นส่วนหนึ่งในการสนองนโยบายรัฐบาลในช่วงปีแรก และปีต่อ ๆ ไป

แนวคิดในการนำเสื้อกระเจตหรือสาตจุดมาเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล อาทิเช่น การนำมาเป็นส่วนประกอบของเตียง รถเข็น อาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ป่วย หรือโรงพยาบาลที่อาจจะเห็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ได้นำวัตถุดิบทางธรรมชาติในประเทศไทยมาใช้ เพราะการเจ็บป่วยของผู้คนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ณ เวลาปัจจุบันนี้โรงพยาบาลเป็นสถานที่แห่งแรกที่ผู้ป่วยต้องไปใช้บริการเพื่อการรักษาและบรรเทาอาการเจ็บป่วย และในโรงพยาบาลจำเป็นต้องมีครุภัณฑ์บางประเภทที่มีไว้สำหรับรองรับและให้บริการสำหรับผู้ป่วย อาทิเช่น รถเข็นสำหรับผู้ป่วย หรือผู้พิการ เตียงนอนหรือเตียงเข็นผู้ป่วย เป็นต้น ซึ่งโดยปกติทั่วไปรถเข็นสำหรับผู้ป่วยหรือผู้พิการสำหรับมีไว้ให้บริการรับผู้ป่วยหรือผู้พิการมักจะเป็นพลาสติกสังเคราะห์หรือผ้าที่มีรูปแบบคล้ายกันตามแต่ผู้ผลิตซึ่งส่วนใหญ่เป็นการนำเข้ามาจากประเทศจีน สนนราคาตั้งแต่ 3,000 บาทขึ้นไปจนถึง 10,000 บาท แล้วแต่ความสะดวกสบายในการใช้งาน เช่น

เป็นระบบหมุนด้วยมือ ระบบไฟฟ้า ราคาจะแตกต่างกันไป ซึ่งตามความคิดของบุคคลโดยทั่วไปจะคิดว่าผู้ใช้มีความรู้สึกที่ไม่แตกต่างกัน แต่สำหรับผู้ที่ต้องนั่งอยู่บนรถเข็นนาน ๆ มีความบกพร่องหรือพิการมักจะพยายามสรรหาความแปลกใหม่ให้กับอุปกรณ์ที่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตของเขาเหล่านั้น

ดังนั้นการนำแนวคิดในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์มาบูรณาการเพื่อสร้างนวัตกรรมให้กับโรงพยาบาลจะเป็นการสร้างสีสันในการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เขาเหล่านั้นได้มีความรู้สึกแตกต่างจากที่เป็นอยู่ อีกทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้วัสดุทางธรรมชาติอย่างต้นกระจุตให้มีการแปรรูปอย่างหลากหลายมากกว่าการนำมาทำเสื่อ กระเป๋า ผู้วิจัยจะนำความรู้ด้านการจัดการเทคโนโลยี (technology management) และความรู้ทางด้านการวิจัย การออกแบบผลิตภัณฑ์มาประยุกต์ใช้และบูรณาการเพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สามารถพัฒนาศักยภาพและเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนรวมถึงการจัดการที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การปรับเปลี่ยนรูปแบบและเพิ่มระดับเทคโนโลยี การแปรรูปวัตถุดิบและการจัดการที่เหมาะสมกับยุคสมัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานวัสดุธรรมชาติประเภทกระจุตสำหรับการใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา

1.2.2 เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา โดยการประยุกต์ใช้วัสดุธรรมชาติประเภทกระจุตกับผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตในการดำเนินงานเพื่อให้สามารถนำผลของการวิจัยไปใช้ได้จริงกับผู้ป่วยในโรงพยาบาล และเพื่อนำไปถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับสถานพยาบาล โดยการกำหนดขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตของโครงการที่เกี่ยวข้องในการวิจัยไว้ดังต่อไปนี้

1.3.1 ขอบเขตของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของผลิตภัณฑ์ในโรงพยาบาลไว้ ได้แก่ รถเข็นผู้ป่วยหรือผู้พิการที่ใช้ระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ

1.3.2 ขอบเขตของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขอบเขตนี้เป็น 2 ชั้นตอน ได้แก่

1.3.2.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลของความเป็นไปได้ของการออกแบบและการผลิตใช้ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ใช้บริการในโรงพยาบาล เช่น ผู้ป่วย ผู้ดูแลผู้ป่วย แพทย์ และพยาบาล เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของการผลิต

1.3.2.2 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยใช้วัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์กระจุตที่มีลักษณะทอเป็นแผ่นเพื่อทำการตัดเย็บโดยใช้กระบวนการทางหัตถกรรมและอุตสาหกรรม

1.3.2.3 ขั้นตอนการประเมินผลการออกแบบ ผู้วิจัยมีการประเมิน 2 ขั้นตอนประกอบด้วย

1) การประเมินโดยการสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ต้นแบบซึ่งได้แก่ รถเข็นคนพิการที่ใช้ระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ จำนวน 1 รูปแบบ โดยมีปัจจัยด้านการออกแบบเพื่อประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ลักษณะเป็นแบบสอบถามปลายเปิด (open ended questionnaires) ให้ผู้เชี่ยวชาญเขียนตอบโดยมีหัวข้อเกี่ยวกับ ความเหมาะสมด้านการใช้วัสดุ ความเหมาะสมด้านประโยชน์ใช้สอย และ ความเหมาะสมด้านความงาม

โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้แก่ แพทย์ประจำโรงพยาบาล จำนวน 3 ท่าน อาจารย์ผู้สอนวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน และนักออกแบบผลิตภัณฑ์ของบริษัท จำนวน 3 ท่าน

2) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โดยใช้แบบสอบถามจากประชากรและกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เหล่านั้น

1.3.3 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

1.3.3.1 การออกแบบโครงสร้างของผลิตภัณฑ์รถเข็นคนพิการ ที่ทำการวิจัย ดังนี้

1) ศึกษาทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างตามหลักสรีระทางกายภาพของผู้ป่วยที่สามารถใช้และนั่งรถเข็นได้

2) ศึกษาการทำงานของระบบไฟฟ้าและการทำงานของมอเตอร์ที่นำมาเป็นส่วนประกอบเพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย

3) ศึกษากระบวนการควบคุมการทำงานด้วยระบบไฟฟ้า

1.3.3.2 ศึกษาวัสดุธรรมชาติจากต้นกระจุต และผลิตภัณฑ์กระจุตสาน

1) ศึกษาความทนทานของเส้นใย

2) ศึกษาอันตรายและผลกระทบที่จะเกิดจากการใช้งาน

1.3.4 ขอบเขตด้านเทคนิควิธีการและการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขอบเขตการศึกษาด้านเทคนิคไว้ 3 ด้าน ได้แก่

1.3.4.1 ด้านการออกแบบวัสดุประกอบและโครงสร้าง ใช้หลักของกายศาสตร์ของมนุษย์ (ergonomics) ผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบเป็นภาพ 3 มิติ (three dimension) และทำการสำรวจข้อมูลความต้องการและความถูกต้องทางการแพทย์โดยเบื้องต้น

1.3.4.2 ด้านการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรมและการเคลื่อนไหว ผู้วิจัยใช้วิธีการออกแบบเป็นภาพ 3 มิติ (three dimension) และ ขึ้นรูปด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงคงทนสามารถใช้งานเป็นต้นแบบและใช้ได้จริงเพื่อการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลการทดลอง โดยการออกแบบรถเข็นผู้ป่วยหรือผู้พิการพิการ ผู้วิจัยจะใช้แผ่นกระจุตสานนำไปเย็บตามแบบเพื่อเป็นส่วนของที่นั่งและส่วนที่เป็นพนักพิง

1.3.4.3 ด้านการแพทย์ ผู้วิจัยร่วมซึ่งเป็นแพทย์ชำนาญการเวชศาสตร์ฟื้นฟูใช้ทฤษฎีและหลักการในการแพทย์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินผลการทดลอง

1.3.5 ขอบเขตด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล การศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์สำหรับอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันของคนป่วย จำนวน 1 รูปแบบ ได้แก่ รถเข็นคนพิการแบบไฟฟ้า จำนวน 1 รูปแบบ เพื่อนำไปเป็นต้นแบบที่มีคุณภาพในการใช้งานกับผู้ป่วยได้จริง โดยการสร้างจะต้องอยู่ในการควบคุมและดูแลของแพทย์และนักวิจัยร่วมที่เป็นแพทย์อย่างใกล้ชิดและต้องใช้งานกับผู้ป่วยจริง ที่ศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ตามระยะเวลาที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยสภาพความพร้อมของผู้ป่วย

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ผลิตภัณฑ์กระจุต (bulrush reed products) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ตกกรรมที่เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวไทย ใช้วัตถุดิบคือต้นกระจุตที่มีอยู่ในท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก นำมาขึ้นรูปหรือเป็นส่วนประกอบในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

นวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล (device innovation in hospitals) หมายถึง อุปกรณ์ในการช่วยอำนวยความสะดวกสำหรับผู้ป่วย ผู้พิการ หรือคนชรา ให้สามารถเคลื่อนที่ เคลื่อนไหวหรือดำเนินการในชีวิตประจำวันได้อย่างปลอดภัย

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1.5.1 ได้ต้นแบบของผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปสู่การจดสิทธิบัตรและนำเข้าสู่การวิจัยเชิงพาณิชย์

1.5.2 เป็นองค์ความรู้ใหม่ สำหรับการต่อยอดการศึกษาวิจัยและสามารถนำความรู้ที่ได้จากผลการวิจัยออกเผยแพร่แก่ผู้เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี

การศึกษาวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาลนี้ มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผู้วิจัยได้ศึกษา ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ดังต่อไปนี้

- 2.1 กระบวนการออกแบบ
- 2.2 ผลิตภัณฑ์กระจุด
- 2.3 อุปกรณ์เครื่องใช้ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย
- 2.4 การใช้พีแอลซีควบคุม
- 2.5 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการออกแบบ (design process)

การออกแบบคือกิจกรรมการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายหรือจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ (design is a goal-directed problem-solving activity) จากคำจำกัดความ แสดงให้เห็นว่าในการออกแบบจะเริ่มจากการมีปัญหามีการตั้งเป้าหมายที่มาจากฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีกิจกรรมการทำงานเพื่อแก้ปัญหาจากงานออกแบบ และรวบรวมผลผสมผสานให้บรรลุตามความประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งการทำงานในอดีตที่ผ่านมาวิธีการทำงานของช่างฝีมือเพียงผู้เดียว สามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ ได้ดังนี้

1. วิธีการทำงานของช่างฝีมือ (unselfconscious process) เป็นวิธีการทำงานโดยการลองผิดลองถูกของช่างฝีมือด้วยความคุ้นเคยกับปัญหาในงานของตน ช่างฝีมือจะจัดการแก้ไขปัญหอย่างได้ผลตรงจุดนั้นโดยการค่อยปรับเปลี่ยน ช่างฝีมือได้รับการฝึกฝนขณะทำงานเป็นลูกมือมาก่อน จึงมีข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการ วัสดุและกรรมวิธีการผลิตสะสมไว้อยู่ในความทรงจำ เนื่องจากไม่มีการบันทึกการวาดภาพเก็บไว้เป็นหลักฐาน ดังนั้น การพัฒนาการออกแบบจึงกินเวลานาน และทำได้ยากที่จะเปลี่ยนแปลงทั้งหมด มักเป็นการค่อยปรับเปลี่ยนไปที่ละเล็กทีละน้อยในระหว่างการทำงาน ข้อดีของวิธีการทำงานออกแบบในลักษณะนี้คือช่วยให้ช่างสามารถจดจำซึมซาบเข้าไปอย่างแน่นแฟ้นยากแก่การลืมเลือน

2. วิธีการของช่างเขียนแบบ (self conscious process) เป็นวิธีการทำงานที่ใช้แบบ (drawing) เป็นศูนย์กลางในการคิด การปรับปรุงและการพัฒนาแบบ เนื่องจากในการทำงาน ออกแบบที่มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่มากขึ้น เช่น การออกแบบอาคารหรือเรือเดินสมุทร เป็นต้น จำเป็นต้องมีการแบ่งงานออกเป็นแผนกตามความถนัดของแรงงานเพื่อช่วยให้ทำงานได้รวดเร็ว ยิ่งขึ้น วิธีการของช่างเขียนแบบต่างจากการทำงานของช่างฝีมือตรงที่ต้องใช้การวาดภาพสำเร็จขึ้น ก่อนการลงมือทำ และใช้การคาดคิดล่วงหน้าไปในอนาคต (perceptual span) วิธีการออกแบบใน ลักษณะนี้ช่วยให้มืออิสระในการเปลี่ยนแปลงและสามารถแก้ไขแบบได้ง่ายขึ้น

วิธีการการทำงานออกแบบทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวเป็นที่เข้าใจกันอย่างชัดเจนแล้วว่า มี แนวทางทางการเข้าสู่ปัญหาของงานออกแบบ ด้วยสัญชาตญาณและความชาญฉลาดเฉพาะตัวช่าง ซึ่ง ไม่เหมาะสมและไม่พอเพียงในการแก้ปัญหาทางออกแบบในปัจจุบัน เนื่องจากสภาพความต้องการ ที่มากขึ้น และความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบในงานออกแบบตั้งแต่มนุษย์ผู้ใช้งาน ตลอดจน สภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบซึ่งกันและกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อีกทั้งงานออกแบบสมัยใหม่มีปัจจัยที่ เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณข้อมูลที่จำเป็นมีเพิ่มขึ้นอย่างมาก วิธีการทำงานออกแบบลักษณะ เดิมไม่สามารถจัดการกับข้อมูลเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้พัฒนาการทางเทคโนโลยีทำ ให้เกิดอุปกรณ์เครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานดีขึ้น แต่อุปกรณ์ดังกล่าว จะทำงานได้ จำเป็นต้องใช้วิธีการทำงานอย่างเป็นระบบดังนั้นก็ทำให้เกิดความพยายามในหมู่ผู้ประกอบการ วิชาชีพออกแบบเพื่อทำการพัฒนาด้านกระบวนการออกแบบอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งกระบวนการ ออกแบบใหม่จึงมีลักษณะที่สนับสนุนให้ผู้ออกแบบมีการคิดทั้ง 2 ลักษณะเกิดขึ้นด้วยกันคือ

1. การปล่อยให้จิตใจผู้ออกแบบมืออิสระในการสร้างความคิดจินตนาการ การคาดเดาและการ เห็นแจ้งสำหรับทางเลือกต่าง ๆ ในเวลาใดก็ได้ โดยไม่ถูกยึดติดหรือครอบงำด้วยข้อจำกัดใด ๆ
2. การใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการแยกแยะหาความเกี่ยวข้องเป็นเหตุเป็นผล ตลอดจนการนำข้อมูลมาใช้อธิบายและเปรียบเทียบแนวความคิดเพื่อหาคำตอบหรือทางออกที่ถูกต้อง เหมาะสมสูงสุด (นวลน้อย บุญวงศ์, 2539: 131-133)

2.1.1 ลักษณะสำคัญของกระบวนการออกแบบ

กระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ เป็นวิธีการออกแบบที่ช่วยลดความผิดพลาดในการ ทำงานและมีความเหมาะสมกับการแก้ปัญหา ในงานออกแบบสมัยใหม่โดยเฉพาะปัญหาที่มีข้อมูลเป็น ปริมาณมาก เป็นโจทย์ที่ต้องการผู้ร่วมงานจากต่างสาขาและเป็นงานออกแบบที่ต้องการความริเริ่ม สร้างสรรค์ในระดับสูง กระบวนการออกแบบอย่างเป็นระบบมีลักษณะสำคัญดังนี้

2.1.1.1 การพยายามทำให้การออกแบบเป็นวิธีการที่เปิดเผย มีการทำงานอย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อให้ ผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานเกิดความเข้าใจและสามารถมีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล คำแนะนำ และเสนอแนะ วิธีแก้ไขปัญหาแทนที่จะเป็นการทำงานของนักออกแบบตามลำพัง

2.1.1.2 ให้ความเป็นอิสระในการสร้างสรรค์ด้วยการแบ่งแยกการทำงานออกเป็นขั้นตอน เป็นการกระจายงานออกจากกันเมื่อทำงานถึงแต่ละขั้นตอนก็สามารถพุ่งความสนใจจดจ่ออยู่เฉพาะขั้นตอนนั้นได้อย่างเป็นอิสระจากขั้นตอนอื่น ๆ ลดความสับสนในการใช้ ความคิดต่องานรวมทั้งหมด

2.1.1.3 การทำงานแม้จะมีการแบ่งออกเป็นขั้นตอน แต่ในขณะที่ปฏิบัตินั้นไม่สามารถแยกแต่ละขั้นตอนอย่างเด็ดขาดจากกัน ขั้นตอนต่าง ๆ มีความต่อเนื่องและคาบเกี่ยวกัน จนบางครั้งไม่สามารถกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดจบของแต่ละขั้นตอนได้อย่างชัดเจน

2.1.1.4 มีระบบการจดบันทึกอย่างละเอียด ในแต่ละขั้นตอนจึงมีหลักฐานบันทึกเก็บไว้ ช่วยให้ง่ายต่อการทบทวน ค้นหา ตรวจสอบและแก้ไข เมื่อเกิดความผิดพลาด

2.1.2 การแบ่งขั้นตอนกระบวนการออกแบบ

ลักษณะเฉพาะที่สำคัญประการหนึ่งของการออกแบบอย่างเป็นระบบ คือ การแบ่งกระจายการทำงานออกจากกันเป็นขั้นตอนย่อย ๆ เพื่อช่วยให้ผู้ร่วมงานสามารถมุ่งความสนใจกับงาน แต่ละขั้นตอนได้อย่างเต็มที่ ช่วยลดความสับสนในการคิดค้น แก้ปัญหาในการแบ่งกระจายขั้นตอน การออกแบบนั้น เนื่องจากนักออกแบบแต่ละคนเมื่อผ่านประสบการณ์ในการทำงานมาช้านาน ได้สะสมความรู้ความชำนาญ ตลอดจนมีความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาหรืออุปสรรค ขณะลงมือทำงานจึงพัฒนาขั้นตอนการทำงานเป็นของตนเองตามความถนัดและความมีประสิทธิภาพด้วยวิธีที่ตนได้เรียนรู้มา ดังนั้นตามสำนักงานออกแบบต่าง ๆ เช่น สำนักงานสถาปนิก นักตกแต่งภายใน และนักออกแบบอุตสาหกรรม จึงวางแบบแผนการทำงานไว้เป็นเสมือนคู่มือการปฏิบัติงานเพื่อให้นักออกแบบและเจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ ปฏิบัติเป็นขั้นตอน มีการกำหนดอย่างชัดเจน เกี่ยวกับลักษณะผลผลิตที่ต้องทำของแต่ละขั้นตอน และให้ดำเนินไปเป็นลำดับอย่างเคร่งครัด การทำงานตามแบบแผนอย่างเป็นขั้นตอน มีส่วนช่วยให้การออกแบบประสบผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี ในหัวข้อนี้จึงขอเสนอแนะวิธีการแบ่งขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญได้ทดลองปฏิบัติและเผยแพร่ไว้แล้วเป็น 3 ลักษณะเปรียบเทียบกัน แต่ละวิธีการแบ่งมีการกระจายการทำงานเป็นขั้นตอนย่อยและเน้นการให้ความสำคัญของขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่เมื่อมองโดยรวมแล้วการแบ่งขั้นตอนลักษณะต่าง ๆ ล้วนมีวิธีการเข้าสู่ปัญหาในแนวทางเดียวกัน และสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาวางการออกแบบได้ทั้งสิ้น การเลือกวิธีการแบ่งขั้นตอนลักษณะใดนั้นย่อมขึ้นกับวิธีการทำงานตามความถนัดและความเคยชินของนักออกแบบเป็นสำคัญ การแบ่งขั้นตอนการออกแบบมี 3 วิธีดังนี้

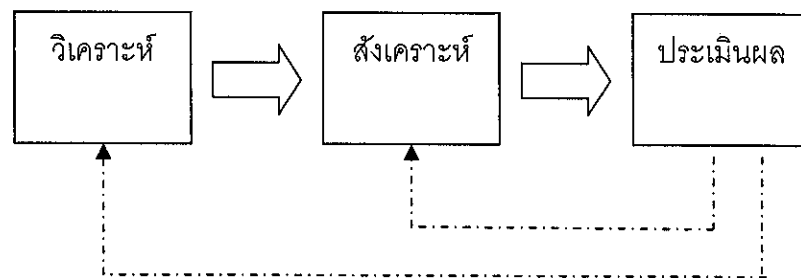
2.1.2.1 วิธีแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน (Nigel Cross .1984)

1) การวิเคราะห์ (analysis) การนำข้อมูลที่มีผลต่อการออกแบบมาจัดการแยกแยะความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างกันเพื่อสรุปให้ออกมาเป็นกลุ่ม ลักษณะที่งานออกแบบนั้น ๆ ควรจะเป็นหรือควรทำหน้าที่ตามการใช้งาน (performance specification = P-Spec)

2) การสังเคราะห์ (synthesis) การนำผลการวิเคราะห์มาสร้างสรรค์ด้วยเทคนิควิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่มีความหลากหลายมีปริมาณมากและมีคุณภาพสอดคล้องกับลักษณะที่ควรจะเป็นตามความต้องการใช้งาน (P- Spec)

3) การประเมินผล (evaluation) การนำวิธีการแก้ปัญหาที่สังเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบตามหลักเกณฑ์และเลือกวิธีการที่มีความเป็นไปได้และเหมาะสมสูงสุด สำหรับนำไปพัฒนาเพื่อการผลิตและการจำหน่ายต่อไป

ทั้ง 3 ขั้นตอนหลักนี้แต่ละขั้นตอนยังประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ซึ่งกำหนดให้ปฏิบัติตามลำดับเพื่อให้เกิดผลสำเร็จในแต่ละขั้นตอน เมื่อปฏิบัติตามโดยเรียงจากการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผลแล้ว ถ้าผลงานออกแบบที่ประเมินได้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมเป็นที่พอใจของทุกฝ่ายก็นับว่าเสร็จสิ้นกระบวนการออกแบบ แต่ถ้าประเมินแล้วผลงานยังไม่ถูกต้องตามความต้องการของผู้เกี่ยวข้อง ก็จำเป็นต้องย้อนกลับไปตรวจสอบในขั้นตอน การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์เพื่อหาข้อผิดพลาดและทำการแก้ไขใหม่ เรียงไปตามลำดับขั้นตอนอีกครั้งหนึ่ง



ภาพที่ 2.1 แสดงการทำงาน 3 ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบ

2.1.2.2 วิธีแบ่งการทำงานออกเป็น 7 ขั้นตอน (Koberg, D. & Bagnall, J, 1976)

1) เตรียมรับสภาพ (accept situation) เมื่อได้รับปัญหาในการออกแบบ นักออกแบบต้องทำความเข้าใจ เนื้อหาและธรรมชาติ เฉพาะของงานออกแบบนั้น เป็นอย่างถ่องแท้ พร้อมกับทำการสำรวจ ความพร้อมของตนเองที่จะทำงานในด้านต่าง ๆ เช่นเวลาทำงาน ความรู้ ความชำนาญ เฉพาะ ข้อมูลที่มี ความถนัดและความสนใจ ในงานลักษณะนั้น เพื่อประกอบการตัดสินใจที่จะเริ่มรับงาน

2) วิเคราะห์ (analysis) การค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อค้นหาความจริงตลอดจนข้อคิดเห็น จากผู้รู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับปัญหาโดยการนำปัญหามาแยกส่วนและหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน ช่วยให้เห็นข้อเท็จจริงใหม่ ๆ ในปัญหานั้น

3) กำหนดขอบเขต (define) เมื่อได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา อย่างละเอียดแล้วจะพบว่า มีเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่องและกว้างขวางกับปัญหานั้นอีกมากมายซึ่งไม่สามารถจัดการได้ทั้งหมด นักออกแบบจึงจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายหลักของการทำงาน วางขอบเขตและจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้บรรลุอย่างเหมาะสม ตามความจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

4) คิดค้นออกแบบ (ideate) การใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อสร้างทางเลือก หรือวิธีการแก้ปัญหา จำนวนมากซึ่งสามารถบรรลุเป้าหมายหลัก

5) คัดเลือก (select) การพิจารณาวิธีแก้ปัญหิต่าง ๆ นำมาเปรียบเทียบเพื่อคัดเลือกวิธีการที่ดีที่สุดคือ วิธีที่ง่ายและได้ผลในการใช้งานสูงสุด

6) พัฒนาแบบ (implement) การนำเอาแบบที่เลือกแล้วที่มีความเหมาะสมมากที่สุด มาปรับปรุงแก้ไขต่อไป จนถึงรายละเอียด เพื่อพัฒนาให้แนวทางที่เรื่องนั้นมีความสมบูรณ์ เกิดผลลัพธ์สูงสุด

7) ประเมินผล (evaluate) การนำผลงานการออกแบบที่ผ่านการพัฒนาแล้วมาทบทวนผลที่เกิดขึ้น วิจารณ์อย่างตรงไปตรงมา และอย่างมีหลักเกณฑ์เพื่อให้รู้ว่าผลงานนั้นมีข้อดีและข้อบกพร่อง ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ

2.1.2.3 วิธีแบ่งการทำงานออกเป็น 8 ขั้นตอน

1) การกำหนดขอบเขตของปัญหา (identification of the problem) การนำเอาโจทย์หรือปัญหาที่ได้รับในงานออกแบบมาศึกษา พิจารณาให้เข้าใจถึงเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและทำการกำหนดขอบเขตการทำงานเพื่อแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม ไม่กว้างหรือแคบจนเกินไป

2) การค้นคว้าหาข้อมูล (information) การศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานออกแบบ นำมาจัดจำแนกอย่างเป็นระบบ ตามหัวข้อที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาข้อมูลมีคุณค่าช่วยให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ และช่วยเสนอแนะวิธีการต่าง ๆ สำหรับแก้ปัญหา

3) การวิเคราะห์ (analysis) การนำข้อมูลที่จำแนกไว้แล้วมาแยกแยะ เปรียบเทียบ และจัดให้เกิดความสัมพันธ์กัน ผลจากการวิเคราะห์จะช่วยเสนอแนะตั้งแต่ทางเลือก จนถึงเกณฑ์สำหรับพิจารณา ทางเลือกต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

4) การสร้างแนวความคิดหลัก (conceptual design) การใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อสร้างสรรค์แนวความคิดหลักในการออกแบบ แนวความคิดหลัก ควรมีลักษณะที่สามารถแก้ไขปัญหาคำคัญได้อย่างตรงประเด็น และมีความกว้างครอบคลุมการแก้ปัญหาย่อย มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับแนวทางที่เคยมีมาก่อน และยังมีลักษณะเป็นความคิดหรือสมมุติฐานที่อาจจะยังเป็นนามธรรม

นอกจากนี้ แนวความคิดในการออกแบบไม่ได้มีอยู่เพียงครั้งเดียว โดยเฉพาะสำหรับปัญหาที่ซับซ้อน ในระยะแรก เป็นการสร้างแนวความคิด โดยรวมและเมื่อทำการออกแบบก็จะมีแนวการสร้างความคิด เสริม ตามไปแต่ละขั้นตอนหรือทุก ๆ ระดับของการแก้ปัญหาทั้งนี้ เพื่อให้การออกแบบลึกลงไปทุก ขั้นตอน สามารถทำได้อย่างสร้างสรรค์มากขึ้น

5) การออกแบบร่าง (preliminary design) การนำแนวความคิดหลักมาตีความแปรรูป หรือประยุกต์ สร้างขึ้นจากสิ่งที่เป็นนามธรรม ให้กลายเป็นรูปธรรมมีตัวตนมองเห็นและจับต้องได้ด้วยการร่างเป็นภาพ 2 มิติ หรือสร้างเป็นหุ่นจำลอง 3 มิติ แบบร่างควรมีจำนวนมาก มีความแตกต่าง หลากหลายทางด้านรูปร่างหน้าตา ขนาด ส่วนประกอบตั้งแต่โครงสร้างจนถึงส่วนประกอบย่อย พร้อมทั้งคำอธิบาย หรือกราฟิกแสดงหลักการ วิธีการและความคิดเห็นของผู้ออกแบบต่อแบบเหล่านั้น

6) การคัดเลือก (selection) การนำแบบร่างที่สร้างขึ้นเป็นจำนวนมากมาเปรียบเทียบ โดยใช้หลักเกณฑ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อคัดเลือกแบบที่มีความเหมาะสมสูงสุด สามารถแก้ปัญหา ได้สำเร็จได้วิธีการที่ง่าย ประหยัด และมีความเป็นไปได้จริง ทั้งในการผลิตและการตลาด

7) การออกแบบรายละเอียด (detail design) การนำแบบที่ผ่านการพิจารณา คัดเลือก แล้วมาพัฒนาต่อไปจนถึงขั้นรายละเอียดของส่วนประกอบย่อยต่างๆ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ ครบถ้วนมากยิ่งขึ้น การออกแบบรายละเอียดจะเกิดขึ้น ขณะเขียนแบบนับเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีส่วน ช่วยเปลี่ยนแปลงแบบที่มาจากแนวความคิดธรรมดาให้กลายเป็นแบบที่น่าสนใจและใช้งานได้ดี หรือ ในการตรงกันข้ามคือมีส่วนทำลายแนวความคิดที่ดีให้ด้อยคุณค่าลงจากความหยาบหรือการขาดความ เอาใจใส่ในรายละเอียดของงาน

8) การประเมินผล (evaluate) การนำแบบที่สำเร็จทั้งในลักษณะงาน 2 มิติ และ 3 มิติ มาทำการประเมินผลงานนั้น ๆ ว่ามีความถูกต้อง และครบถ้วนตามขอบเขตและจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เพียงใด การประเมินผลช่วยให้รู้ระดับคุณภาพของงานออกแบบ และเป็นการตรวจสอบขั้นสุดท้าย ก่อนการลงทุนผลิตและจำหน่าย

2.1.3 โจทย์ในงานออกแบบ

ธรรมชาติของปัญหาหรือโจทย์ในการออกแบบ มีความแตกต่างจากโจทย์ทางการคำนวณซึ่งมี การกำหนดมาอย่างชัดเจน แม้บางครั้งจะมีความซับซ้อนมาก แต่เป็นโจทย์ที่มีขอบเขตและเงื่อนไข ตายตัว เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวในงานออกแบบโจทย์ก็คือปัญหาที่เกิดขึ้น และคง อยู่รอให้มีผู้ค้นพบและแก้ไข ลักษณะของปัญหาในการออกแบบมักมาจากข้อขัดข้องความไม่ถูกต้อง เหมาะสม ความไม่น่าดู ไม่สะดวก ไม่มีประสิทธิภาพ ตลอดจนอันตรายที่ผู้เกี่ยวข้องจะได้รับจากการ ทำงานนั้น ๆ นอกจากในแง่ระดับของความร้ายแรงที่แตกต่างกันของปัญหาแล้ว ประเด็นสำคัญของ ปัญหานั้น ยังมีความแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับวิธีการมองปัญหาของนักออกแบบด้วยเหตุนี้ จึงทำให้

โจทย์ในงานออกแบบเป็นสิ่งที่น่าสนใจและท้าทาย เพราะจากปัญหาเดียวกัน แต่ด้วยมุมมองเฉพาะของแต่ละคน ทำให้ได้โจทย์ที่แตกต่างกันและเป็นผลให้ได้วิธีการแก้ปัญหาต่างกันตามไปด้วย ดังนั้น โจทย์ในงานออกแบบจึงมีความสำคัญและนับเป็นจุดเริ่มต้นที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ คือลักษณะของงานออกแบบอยู่ไม่น้อย โจทย์ในงานออกแบบนั้นมาจากปัญหาที่ฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง นำเสนอขึ้นมา เพื่อทำการแก้ไข วิธีการรวบรวมและกำหนดขึ้นเป็นหัวข้อ สำหรับงานออกแบบนั้นสามารถทำให้เกิดโจทย์ได้เป็น 2 ประเภทได้

2.1.3.1 โจทย์แบบปิดแคบ (close – ended) คือ ปัญหาซึ่งต้องการคำตอบที่มีความชัดเจนเฉพาะหรือมีความแปรเปลี่ยนหลากหลายได้น้อยเต็มที่ โจทย์มักมีลักษณะแคบ ละเอียดลออ มีการกำหนดความต้องการอย่างแน่นอนตายตัว ตัวอย่าง โจทย์ที่ระบุให้ทำการออกแบบเป็นอุปกรณ์เพื่อให้ทำหน้าที่เฉพาะอย่างเช่น เครื่องดูดฝุ่น ที่เหลาดินสอ เป็นต้น

2.1.3.2 โจทย์แบบเปิดกว้าง (open – ended) คือ ปัญหาซึ่งต้องการคำตอบที่ยอมรับได้ หรือเป็นได้หลายทาง ไม่จำกัดหรือไม่มีเงื่อนไขตายตัว โจทย์มีลักษณะกว้าง ๆ ไม่ระบุเฉพาะปัญหาใด ปัญหาหนึ่ง

โดยทั่วไปปัญหาแบบเปิดกว้างจะช่วยให้มีโอกาสคิดสร้างสรรค์ หรือการคิดค้นให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ ได้ มากกว่าปัญหาแบบปิดแคบ แต่นักออกแบบสามารถทำงานได้ดีเมื่อมีความเข้าใจ ปัญหาอย่างถ่องแท้ และโจทย์ควรมีการกำหนด อย่างละเอียดพอสมควร ถึงลักษณะความต้องการ เพราะจะช่วยให้ง่ายต่อการสร้างทางเลือกมากกว่า โจทย์ที่ลอย ๆ ไม่แน่นอน ดังนั้น เมื่อได้รับโจทย์ที่ไม่ชัดเจนในครั้งแรก นักออกแบบจำเป็นต้องหาวิธีทำให้เกิดความชัดเจน เพิ่มมากขึ้นทั้งจากผู้ให้โจทย์ จากการศึกษาข้อมูลและการเสนอแนะของนักออกแบบเอง เป็นการเปลี่ยนจากโจทย์แบบเปิดกว้างในตอนแรกให้กลายเป็นโจทย์แบบปิดแคบลง เมื่อจะทำการออกแบบหรืออาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า โจทย์หรือปัญหาที่ดีสำหรับการออกแบบควรมีลักษณะ กระตุ้นท้าทาย (challenging) กว้างครอบคลุม (close – ended) และ กำหนดชัดเจน (precise-definition) (นวลน้อย บุญวงษ์, 2539: 134 -140)

2.1.4 แนวคิดสำหรับการออกแบบ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นกระบวนการที่ทำให้วงจรของการทำธุรกิจหรืออุตสาหกรรมสามารถครองใจผู้บริโภคบริโภคไว้ได้นานเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นกระบวนการดังกล่าวจึงมีขั้นตอนวิธีการที่สลับซับซ้อน มีโครงสร้างที่ต้องเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลไปถึงกระบวนการผลิต ตลอดจนจนถึงการจำหน่าย จ่ายแจก สู่มือผู้บริโภคและบริโภค โดยจะนำเสนอความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์จะเกิดขึ้นได้นั้นต้องผ่านกระบวนการวิจัย ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น วิจัยเพื่อหาข้อสรุปว่า สิ่งที่ผู้บริโภคต้องการนั้นเป็นความจริงหรือไม่ รวมทั้งวิจัยในเรื่องของรูปแบบด้วย และนอกจากนี้การออกแบบยังต้องคำนึงถึงความรู้ทางวัสดุอีกด้วย ว่าวัตถุที่จะนำมาใช้อย่าง

เหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นอย่างไร การนำวัสดุมาใช้งานถูกต้องหรือไม่ เช่น การขึ้นรูปแก้วกาแฟ ซึ่งลักษณะของการต้มกาแฟต้องต้มในขณะที่กาแฟยังร้อนอยู่ ภาชนะที่ใช้จำเป็นต้องไม่นำความร้อนจึงไม่ควรใช้เป็นโลหะแต่นิยมใช้เป็นดินเผาหรือแก้ว เป็นต้น

การออกแบบนักออกแบบจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้การแบบมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นดังปัจจัยที่นักออกแบบต้องคำนึงถึง ต่อไปนี้

- 1) การวิเคราะห์วัสดุ
- 2) การวิเคราะห์ประโยชน์ใช้สอย
- 3) การวิเคราะห์ความงาม
- 4) การวิเคราะห์ตลาด

การวิจัยผลิตภัณฑ์ และการค้นคว้าวิจัย เป็นเครื่องมือหนึ่งซึ่งช่วยให้การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีคุณภาพมากขึ้น นั้นหมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ทำการรวบรวมมาซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข แผนภูมิ สถิติต่าง ๆ ที่นำมาจากแหล่งต่าง ๆ สำหรับใช้ในการค้นคว้าวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบนั้น นักออกแบบอาจจะใช้การซักถาม พูดคุย กับผู้ใช้ผู้ซื้อผลิตภัณฑ์เป็นการสอบถามความรู้สึก ความเห็น ความต้องการและอื่น ๆ เพื่อรวบรวมนำมาปรับปรุงให้เข้ากับงานที่นักออกแบบกำลังทำอยู่

นักออกแบบต้องการค้นคว้าทดลอง รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและความต้องการ ของผู้บริโภค ซึ่งการสำรวจหาข้อมูลจากผู้บริโภค (consumer research) เป็นวิธีการที่จะช่วยให้ทราบข้อมูลต่าง ๆ ได้ เช่น การหาข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่าง (sampling) เป็นวิธีการหนึ่งที่สะดวกและเหมาะสม คือ นำผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่มีการจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด 2 - 3 ชนิด หรือมากกว่าไปสอบถามความรู้สึก ความคิดเห็นโดยตรงจากผู้บริโภคผลิตภัณฑ์นั้น เพื่อหาข้อดี ข้อเสีย การค้นคว้าหาข้อมูลอาจจะหาได้จากแหล่งข้อมูล 2 พวก คือ

1. ข้อมูลที่มีอยู่แล้ว (existing data) ได้แก่ ข้อมูลเก่า ๆ ที่ลูกค้าได้ทำไว้ วารสารการค้า วารสารทางราชการ สมาคมการค้า หนังสือพิมพ์ สถาบันการศึกษา เว็บไซต์
2. ข้อมูลจากของจริง (original data) มีกระบวนการในการค้นคว้าอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้ การกำหนดปัญหา (definition of the problem) การเตรียมการ (preparation) การสำรวจภาคสนาม (field investigation) การจัดระเบียบ การวิเคราะห์ และตีความ (titillation analysis and interpretation)

เนื่องจากแนวทางการพัฒนาในด้านการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นต้องการให้ชุมชนหรือท้องถิ่นมีแนวคิดต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการดำเนินชีวิต หรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์วิสาหกิจชุมชน นอกจากจะต้องมีแนวคิดในการออกแบบแล้วชุมชนจะต้องมีแนวคิดเกี่ยวกับการผลิตด้วยเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตสินค้าหรือบริการให้มีความสอดคล้องกับ

ความต้องการของตลาด ดังจะขอนำเสนอระบบของการจัดการการผลิตที่เหมาะสมกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ท้องถิ่น ดังต่อไปนี้

1. ระบบการวางแผนผลิต (planning management) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุดสำหรับการผลิต ดังนี้

1.1 แสดงกระบวนการผลิตเป็นรูปภาพ ระบบจะแสดงแผนภาพในการผลิตเพื่อช่วยให้ผู้วางแผนสามารถมองเห็นภาพรวมของการผลิตในกรณีที่มีการผลิตสินค้าบางประเภทมีความซับซ้อนมาก นอกจากนี้ยังสามารถเลือกหรือลงไปดูรายละเอียดของระดับย่อย ๆ ได้อีกด้วย

1.2 ประเมินการได้อย่างแน่นอน ระบบจะเชื่อมโยงกับระบบสินค้าคงคลัง เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ช่วยในการผลิต เช่น ปริมาณวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิต ความพร้อมของอุปกรณ์เครื่องใช้ในการผลิต ซึ่งถ้าระบบพบว่าไม่มีสิ่งใดไม่พร้อมระบบจะมีการเตือนให้กับผู้วางแผนการผลิตทราบ เพื่อเปลี่ยนแปลงแผนการผลิต ทั้งนี้ระบบยังสามารถแจ้งได้ว่าถ้าต้องการมีการสั่งซื้อวัตถุดิบต่าง ๆ แล้ว จะต้องใช้เวลาเท่าไร เพื่อช่วยในการวางแผนการผลิตทำให้สามารถประมาณการผลผลิตที่จะผลิตได้อย่างแน่นอน

1.3 รูปแบบการจำลองการผลิต มีการสร้างรูปแบบจำลองในการผลิต โดยดูจากความเป็นไปได้ของส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบซื้อ เพื่อจัดซื้อวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการผลิต ระบบโรงงานเพื่อตรวจสอบความพร้อมของเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต ระบบสินค้าคงคลังเพื่อตรวจสอบดูปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ว่าเพียงพอหรือไม่ รวมถึงความต้องการของลูกค้า ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวจะต้องใช้ระบบ expert system มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้การวางแผนเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

1.4 สร้างตารางรายละเอียดการผลิตได้อย่างรวดเร็ว ระบบจะนำสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทั้งหมดมาเป็นเงื่อนไขในการวางแผนการผลิตและออกตารางการผลิตเพื่อความสามารถในการใช้ทรัพยากรในการผลิตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

1.5 ใช้เงื่อนไขของการจัดส่งตามต้องการของลูกค้าและเงื่อนไขในการขาย ในการวางแผนการผลิต ในการวางแผนการผลิตระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ เสมอเพื่อให้การส่งสินค้าตรงกับที่กำหนดไว้ โดยดูดังต่อไปนี้

1.5.1 ถ้าวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีไม่เพียงพอ ระบบจะเลือกวัตถุดิบทดแทนให้อัตโนมัติ

1.5.2 ช่วยเลือกบริษัทที่สามารถยืมหรือซื้อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเมื่อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีไม่เพียงพอ

1.5.3 ช่วยท่านเลือกบริษัทที่สามารถยืมหรือซื้อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เมื่อวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีไม่เพียงพอ

1.5.4 ช่วยในการจัดสรรทรัพยากรในการผลิตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยดูจากองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ลูกค้า ตลาด คำสั่งซื้อ ฯลฯ

1.6 ช่วยพัฒนากระบวนการผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาความสามารถในการผลิต เพิ่มผลผลิต ลดขั้นตอนในการผลิต ลดค่าล่วงเวลา และใช้ทรัพยากรของบริษัทให้เกิดประโยชน์อย่างคุ้มค่า ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการเพิ่มผลผลิตและพัฒนาคุณภาพสินค้าของลูกค้า

1.7 เป็นเครื่องมือสำคัญในการวางแผนการผลิตและออกตารางรายละเอียดการผลิตสินค้า

1.7.1 ช่วยให้ผู้สามารถกำหนดเครื่องมือ ทรัพยากร ที่ใช้ในการผลิตได้รวดเร็วและถูกต้องต่อกระบวนการผลิต

1.7.2 ช่วยสร้างแผนการผลิตได้จากเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ

1.7.3 ช่วยให้ผู้สามารถวางแผนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องตามสถานะต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลง และรองรับการผลิตที่ซับซ้อนในสถานะที่แตกต่างกัน

2. ระบบการผลิต (production management)

2.1 ระบบการผลิตจะแสดงตารางการผลิต การใช้ทรัพยากรในการผลิต กระบวนการผลิตและแสดงรายงานการใช้ทรัพยากรตามประเภทสินค้า

2.2 ระบบจะเก็บบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้นในการผลิตเพื่อเก็บเป็นประวัติและข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3. ระบบควบคุมคุณภาพ (quality control management) เป็นระบบที่ใช้สำหรับการกำหนดคุณสมบัติพื้นฐานและค่ามาตรฐานในการตรวจสอบและบำรุงรักษาสินค้าเพื่อให้ได้สินค้าที่มีคุณภาพ ทั้งนี้รวมถึงการเก็บประวัติของการตรวจสอบคุณภาพต่าง ๆ ไว้เพื่อช่วยในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และแก้ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของสินค้า

4. ระบบการบำรุงรักษา (preventive and corrective maintenance system) เป็นระบบที่ใช้ในการกำหนดตารางเวลาของการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น เครื่องจักร คอมพิวเตอร์ โดยระบบจะมีการเตือนเมื่อถึงวันที่กำหนด ตรงตามเงื่อนไข วันที่รับประกัน หรือวันที่หมดอายุ ระบบจะเก็บบันทึกข้อมูลและประวัติของการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ รวมถึงการกำหนดค่ามาตรฐานของเครื่องจักรสำหรับการบำรุงรักษา

การออกแบบคือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยการเลือกนำองค์ประกอบมาจัดเรียงให้เกิดเป็นรูปทรงใหม่ที่สามารถสนองความต้องการตามจุดประสงค์ของผู้สร้าง และสามารถผลิตได้ด้วยวัสดุและกรรมวิธีการผลิตที่มีอยู่ในขณะนั้น ซึ่งคำจำกัดความนี้สามารถสรุปได้ว่า งานออกแบบนั้นเกิดขึ้นจากการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ มาผ่านกรรมวิธีการขึ้นรูปที่เหมาะสมและเป็นไปได้จริงในเวลานั้น เพื่อให้เกิด

เป็นรูปทรงใหม่ ซึ่งสามารถสนองประโยชน์ตามหน้าที่ใช้สอยได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีทั้งปัจจัยจากภายใน เช่น วัสดุ ประโยชน์ใช้สอย ความงาม และปัจจัยภายนอก เช่น การตลาด เป็นต้น

จากการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาลได้นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์วัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์

การเลือกใช้วัสดุในปัจจุบันนักออกแบบมีทางเลือกอย่างกว้างขวางสำหรับการนำวัสดุชนิดต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการผลิตที่มีความก้าวหน้ามาใช้กับงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยในด้านความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ผลิตได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียระหว่างการผลิต และเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้งานออกแบบมีความประณีตเรียบร้อยปราศจากตำหนิแม้ในส่วนรายละเอียดให้สังเกตเห็นได้ ลักษณะโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการรู้จักเลือกใช้วัสดุ และกรรมวิธีการผลิตอย่างถูกต้องช่วยให้งานออกแบบมีคุณภาพดีอันเป็นคุณค่าที่สำคัญสำหรับงานออกแบบในปัจจุบันซึ่งผู้บริโภคมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้นและต้องการงานออกแบบที่มีคุณภาพสูง

2. การวิเคราะห์ประโยชน์ใช้สอย

ประโยชน์ใช้สอยเป็นศูนย์กลางของการออกแบบที่นักออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงเป็นประการแรกเพราะถ้างานออกแบบที่นำมาพิจารณาขาดความเหมาะสมทางการใช้สอย ตลอดจนไม่ให้ความสะดวกสบายและความปลอดภัย ก็นับว่าเป็นความสิ้นเปลืองและความสูญเปล่า ประโยชน์ใช้สอยมีผลต่อการเลือกใช้ ลักษณะรูปทรง วัสดุและกรรมวิธีการผลิต งานออกแบบที่ดีอย่างแท้จริงจึงควรเป็นงานที่มีประโยชน์ครอบคลุมตั้งแต่ก่อนใช้งาน ขณะใช้งานและภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานแล้ว มีลักษณะถูกต้องสอดคล้องกับสรีระส่วนที่ใช้งาน

3. การวิเคราะห์ความงาม

ความงามมักเกิดขึ้นจากลักษณะโดยรวมของรูปทรงตลอดจนการตกแต่งหน้าตาของงานออกแบบ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าด้านประโยชน์ใช้สอย ลักษณะความงามของงานออกแบบควรพิจารณาตามประเภทหรือธรรมชาติเฉพาะของงานออกแบบนั้น ๆ ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีหน้าที่ใช้สอยเฉพาะอย่างและทำขึ้นให้เหมาะสมกับผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม ดังนั้นลักษณะหน้าตาที่ปรากฏจึงควรสามารถสื่อถึงลักษณะการใช้งานและอยู่ในแนวทางที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ จึงจะเรียกได้ว่าเป็นงานออกแบบที่มีความงามอย่างถูกต้อง นอกจากมีลักษณะหน้าตาที่สื่อได้เหมาะสมดังกล่าวแล้ว งานออกแบบที่ดีต้องมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถสร้างความสนใจต่อผู้พบเห็น มีความใหม่และมีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานออกแบบที่มีอยู่ทั่วไป

4. การวิเคราะห์การตลาด

การวิเคราะห์ตลาดเป็นเกณฑ์การพิจารณาจากปัจจัยภายนอกงานออกแบบ ลักษณะงาน ออกแบบ ที่ดีควรมีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาด มีราคาที่เหมาะสมสามารถแข่งขันได้เป็นอย่างดี มีการออกแบบอย่างรอบคอบไม่ขัดกับกฎระเบียบข้อบังคับตลอดจนระบบที่ใช้กันเป็นมาตรฐานสากลในขณะนั้น นอกจากนี้ยังเป็นงานออกแบบที่แสดงสำนึกความมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น

2.2 ผลิตรักษ์กระทะจูด

ผลิตรักษ์กระทะจูด เป็นผลิตรักษ์ที่ขึ้นรูปมาจากต้นกระทะจูด ซึ่งกระทะจูดนี้เป็นพืชตระกูลเดียวกับ “กก” (sedge) คือในตระกูล Cyperaccae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Lepironia articulata* ลำต้นของกระทะจูดมีลักษณะกลมกลวง มีข้อปล้องภายในคล้ายลำไผ่ สีเขียวอ่อน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1/8 - 5/16 นิ้ว ความสูงของลำต้นประมาณ 1-3 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเผ่าพันธุ์และสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 2.2 ต้นกระทะจูด

ต้นกระทะจูดชอบขึ้นในที่ ๆ มีน้ำขังอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะบริเวณริมทะเลสาบที่เป็นดินโคลน ซึ่งเรียกว่า “พรุ” หรือชาวพื้นเมืองทางภาคใต้เรียกว่า “โพระ” ต้นกระทะจูดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จะมีขนาดเล็ก และไม่ยาวนาน การเพาะปลูกกระทะจูดต้องใช้เวลาประมาณ 3 ปี ต้นจึงจะโตได้ขนาดสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ คือลำต้นจะยาวไม่ต่ำกว่า 1 เมตร เมื่อถอนต้นกระทะจูดไปแล้ว หน่อก็จะแตกต้นใหม่ขึ้นมาแทนที่หมุนเวียนกันไป (<http://www.e-toa.com>.)

เดิมที่ไม่มีการทำนากระจูด ผู้ประกอบการจะนำกระจูดจากแหล่งธรรมชาติมาใช้ซึ่งในที่บางแห่งต้องประสบปัญหาด้านการขนส่งและระยะทาง ต่อมาในบางหมู่บ้านได้มีผู้ริเริ่มนำต้นกระจูดมาปลูกในพื้นที่ใกล้หมู่บ้านของตน เช่น ที่หมู่บ้านทะเลน้อย เรียกได้ว่า เป็นการทำนากระจูดอย่างแท้จริง เดิมหมู่บ้านนี้ใช้กระจูดที่นำมาจากตำบลเคร็ง ซึ่งห่างจากหมู่บ้านประมาณ 7 - 8 กิโลเมตร โดยทางเรือ แต่ต่อมาในปี พ.ศ. 2472 นายสุข เดชนครินทร์ กำนันตำบลพนาตุง ได้ริเริ่มนำกระจูดจากแหล่งธรรมชาติมาทดลองปลูก จนในปี พ.ศ. 2504 การปลูกกระจูดบริเวณที่ลุ่มชายฝั่งทะเลน้อยก็มีขึ้นอย่างกว้างขวางทั้ง 3 ด้านคือ ด้านเหนือด้านตะวันออกและด้านใต้

พื้นที่ที่จะปลูกกระจูดได้ต้องมีน้ำขังตลอดปี หรือ จะแห้งสัก 2 - 3 เดือน การปลูกหรือการทำนากระจูดมีกรรมวิธีคล้ายกับการทำนาข้าว (นาดำ) คือ ก่อนปลูกขานาจะต้องตกแต่งพื้นที่ให้เรียบแต่ไม่ต้องยกคันนา เพียงแต่ทำเขตให้มองเห็นเป็นสัดส่วนว่า พื้นที่ใดเป็นของใครก็เพียงพอ การปลูกกระจูดต้องทำในช่วงเวลาที่ในนามีน้ำขังหรือน้ำแฉะๆ โดยนำกล้ากระจูด (หัวกระจูด) มาเป็นกอ ๆ กอหนึ่ง ๆ จะมีกระจูดประมาณ 10 - 20 ต้น ปักให้ห่างกันประมาณ 70 -100 เซนติเมตร จากนั้นก็คอยกำจัดวัชพืชอื่น ๆ เช่น จำพวกตักแตนกินดอก หนูและนกที่คอยจะถอนหัวหรือต้นอ่อนของกระจูด ประมาณ 12 เดือน กระจูดก็จะโตพอถอนมาใช้งานได้ กระจูดส่วนหนึ่งก็จะถูกถอนไปใช้งานเหลือต้นอ่อนหรือต้นที่ความยาวยังไม่พอไว้ถอนครั้งต่อไป นากระจูดแต่ละแปลงสามารถถอนกระจูดหมุนเวียนต่อเนื่องกันไปได้ 9 - 10 ปี จึงจะมีการปลูกใหม่ ทั้งนี้หลังจากที่เห็นว่ากระจูดออกหนาเกินไปและมีต้นแห้งตายมาก

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระจูด รูปแบบผลิตภัณฑ์กระจูดในปัจจุบันนี้ นอกจากจะเป็นเสื่อธรรมดาแล้ว ยังมีการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่ โดยได้เริ่มทำอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2538 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม สนับสนุนด้านวิทยากรอบรมความรู้ด้านจักสานกับชาวบ้าน มีโครงการออกแบบผลิตภัณฑ์จากเสื่อจูด เพื่อเป็นต้นแบบตัวอย่างส่งให้กับโรงงานทำผลิตภัณฑ์เสื่อจูดของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรมตามโครงการพระราชดำริ โครงการศูนย์การพัฒนาพิภพหอง จังหวัดนราธิวาส นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องทุ่นแรงคือ เครื่องรีดต้นกระจูดให้แบนเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน เป็นการลดต้นทุนและช่วยให้การผลิตเสื่อรวดเร็ว

รูปแบบผลิตภัณฑ์กระจูดที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เป็นลักษณะการตัดเย็บจากเสื่อจูด เย็บริมด้วยผ้าหรือหนังแท้และหนังเทียม แล้วนำมาสอยติดกันขึ้นรูปทรงต่าง ๆ เช่น กระเป๋า แฟ้ม หมวก กรอบรูป ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภทอื่น คือ การใช้เส้นกระจูดควั่นเกลียวเชือก นำมาสานเป็นพนักพิงและพื้นรองนั่งเก้าอี้ เครื่องเรือน ตลอดจนการใช้เสื่อจูดบุผนังตกแต่งภายในอาคารหรือทำแผงกั้นห้องแบบฉากกันพบได้ เป็นต้น วิธีการเตรียมเส้นกระจูดก่อนการขึ้นรูปมีดังนี้

1. การเก็บต้นกระจุต โดยการตัดบริเวณโคนต้น เมื่อกระจุตถูกตัด โคนต้นเดิมก็จะตายและเน่าเปื่อยไป ส่วนหน่อใหม่ก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาแทนที่ หากมีวิธีการตัดที่ถูกต้อง กระจุตก็จะขึ้นมาใหม่เรื่อย ๆ ไม่มีวันหมด
2. นำกระจุตมาแช่น้ำโคลน หรือ ดินขาว เป็นเวลา 3 วัน
3. นำกระจุตไปตากแห้ง เพื่อกำจัดความชื้น และเส้นกระจุตมีการหดตัวคงที่
4. ริดกระจุตให้แบนด้วยเครื่องริดหรือใช้สากตำเพื่อให้ได้เส้นกระจุตที่นุ่มและขึ้นรูปง่าย
5. หากต้องการให้มีสีส่น ก็สามารถนำกระจุตไปย้อมด้วยสีย้อมผ้าก็ได้
6. นำเส้นกระจุตมาสานขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์
7. ตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยการนำไปประกอบกับวัสดุอื่น ๆ เช่น ผ้า หนัง พลาสติก เป็นต้น ซึ่งแล้วแต่ความต้องการของตลาด หรือ ผู้ซื้อ



ภาพที่ 2.3 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการขึ้นเป็นผืนก่อน

สำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์หัตถกรรมกระจุต ตำบลท่าสะท้อน อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เริ่มก่อตั้งและรวบรวมเป็นกลุ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 กรมการพัฒนาชุมชนได้เข้ามาดำเนินการจัดตั้งกลุ่มมีการส่งเสริมอาชีพแก่สตรี ให้สมาชิกได้หารายได้เสริมหลังจากการกรีดยางพารา ในขณะนั้นได้รวบรวมผู้สนใจจักสานกระจุตเข้าเป็นสมาชิกประมาณ 12 คน และได้ทำโครงการเสนอกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม เพื่อขอวิทยากรมาสอนและแนะนำการทำรูปแบบของผลิตภัณฑ์กระจุต จากการที่ชาวบ้านเคยสานเสื่อเป็นอย่างเดียวก็ได้รับความรู้ในการแปรรูปเสื่อกระจุต เป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ ส่วนมากจะเน้นไปทางรูปแบบที่นำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ เช่น กระเป๋า หมวก หมอน กระเป๋าเอกสาร กระเป๋าเดินทาง เบาะรองนั่ง ที่รองจาน ที่รองแก้ว กล่องทิชชู เสื้อยกดอก ปี พ.ศ. 2540 มีหน่วยงานราชการต่าง ๆ เข้ามาส่งเสริมสนับสนุน ด้วยการจัดนิทรรศการออกร้าน ในกิจกรรมที่ทางหน่วยงานราชการจัดขึ้น ผลิตภัณฑ์เริ่มเป็นที่รู้จักของตลาดมากขึ้น สินค้าเริ่มเป็นที่

ต้องการของตลาด กลุ่มได้รับสมาชิกที่สนใจเพิ่มขึ้น จาก 12 คน เป็น 30 คน และเริ่มขยายไปยังหมู่บ้านใกล้เคียง ในหมู่ที่ 1 , 2 , 3 และ 5

การตลาด สมาชิกทำผลิตภัณฑ์กระจุต นำมาฝากขายที่กลุ่ม เมื่อขายผลิตภัณฑ์ได้กลุ่มจะหักร้อยละ 3 เพื่อบำรุงกลุ่ม การตลาดในปัจจุบันเมื่อสมาชิกนำผลิตภัณฑ์มาขายกลุ่มจะรับซื้อไว้ทั้งหมด และจ่ายเงินสดให้แก่สมาชิกทันที

การส่งเสริมให้ชาวบ้านหันมาสนใจอาชีพเสริม อย่างเช่น การจักสานผลิตภัณฑ์กระจุต นั้น เป็นไปอย่างยากลำบาก ผู้นำกลุ่ม หรือประธานกลุ่มต้องออกแรงกระตุ้น หนุนแรงให้ชาวบ้านในท้องถิ่นเองมาทำเป็นอาชีพเสริม หลังจากการกรีดยาง ที่เป็นอาชีพหลักของชาวบ้าน ในละแวกนี้ ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ

1. กระจุตเป็นพืชที่ขึ้นเอง ตามธรรมชาติ และมีมากในอำเภอนี้ และหากตัดแล้วก็ยังสามารถขึ้นได้อีกไม่รู้จักจบ หากมีวิธีการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้อง

2. ผลิตภัณฑ์กระจุต กำลังเป็นที่สนใจทั้งในประเทศ และต่างประเทศ เพราะเป็นผลสืบเนื่องมาจาก การรณรงค์ให้ กินของไทย ใช้ของไทย

3. ผลิตภัณฑ์กระจุตได้จัดให้เป็นสินค้าหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ตามโครงการของรัฐบาล

4. เพื่อเป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่น ของบรรพบุรุษไว้ และเป็นการเผยแพร่ต่อสาธารณชน อีกทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ของชุมชน

สำหรับการที่รัฐบาลต้องการสนับสนุนให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เป็น หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ จึงได้กำหนดมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์จากต้นกระจุตเพื่อให้ได้รับเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ตามรายละเอียด ดังนี้ (มผช.53/2546)

ขอขยาย มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่จักสาน ทอ หรือประดิษฐ์ขึ้นจากต้นกระจุตเป็นหลัก

บทนิยาม ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

1. ต้นกระจุต หมายถึง พืชจำพวกกกชนิดหนึ่ง ลักษณะลำต้นกลม กลวง มีสีเขียวอ่อน สูงประมาณ 1 เมตรถึง 3 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 เซนติเมตร ออกดอกเป็นกระจุก ขอบขึ้นในพื้นที่มีน้ำขัง หรือตามริมทะเลสาบที่มีน้ำขังที่เรียกว่า “พรุ” ต้นกระจุตมี 2 ชนิด คือ จุดใหญ่กับจุดหนู ต้นกระจุตมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาจักสาน ถักสาน และทอเป็นผลิตภัณฑ์ โดยนำต้นกระจุตที่มีความยาวพอเหมาะมาคลุกน้ำโคลน นำไปตากให้แห้ง

2. ผลิตภัณฑ์จากต้นกระจุต หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่จักสาน ทอ หรือประดิษฐ์ขึ้นจากต้นกระจุต เป็นวัสดุหลัก อาจมีการย้อมสีและประกอบด้วยวัสดุอื่น เช่น ไม้ ผ้า เพื่อให้เกิดความแข็งแรง เรียบร้อย และสวยงาม อาจทอด้วยสารเคลือบเงาเพื่อความสวยงาม นำมาใช้ประโยชน์ เช่น ทำเป็นเสื่อ ของใช้ทั่วไป

คุณลักษณะที่ต้องการ

1. ลักษณะทั่วไป

- 1.1 ต้องมีรูปทรงสวยงาม ประณีต เหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย
- 1.2 ต้องแข็งแรง ทนทาน ไม่บิดเบี้ยว หรือเอนเอียง
- 1.3 ต้องไม่มีราและคราบสนิมน้ำปรากฏให้เห็นอย่างเด่นชัดตลอดชิ้นงาน

2. เส้นกระจุด ต้องมีขนาดสม่ำเสมอ เหนียว คงทน ไม่ขาดง่าย ไม่มีร่องรอยการเจาะกัดกินของแมลง

3. การจักสาน ถักสาน และการทอ ต้องเรียบเสมอกัน แน่นหนา มีช่องไฟสม่ำเสมอ ไม่หักงอ ขาด หรือแตก

4. ลวดลาย (ถ้ามี) ต้องประณีต สวยงาม สม่ำเสมอ และต้องไม่เห็นร่องรอยต่อตลอดชิ้นงานอย่างเด่นชัด

5. สี (ถ้ามี) ต้องมีสีสม่ำเสมอ ยกเว้นกรณีที่มีการย้อมไล่ระดับสี หรือสานสลับสีในชิ้นงานเดียวกัน สีต้องไม่ตก และเมื่อลูบผลิตภัณฑ์แล้วต้องไม่ติดมือ

6. การเก็บริม ต้องเรียบร้อยสวยงาม ประณีตสม่ำเสมอตลอดชิ้นงาน

7. การประกอบด้วยวัสดุอื่น (ถ้ามี) การประกอบด้วยวัสดุอื่นเพื่อให้เกิดความแข็งแรง มั่นคงสวยงาม ต้องมีความปราณีต เหมาะสม ติดแน่น คงทน

8. การเคลือบเงา (ถ้ามี) ต้องเรียบ มีความเงาสม่ำเสมอ ไม่กรอบ ไม่แตก ไม่หลุดลอก ไม่เป็นเม็ด และไม่ทำให้ชิ้นงานขาดความสวยงามตามธรรมชาติ

9. การใช้งาน ต้องสามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

การบรรจุหากมีการบรรจุให้บรรจุผลิตภัณฑ์จากต้นกระจุดในภาชนะบรรจุที่สะอาดเรียบร้อย และแข็งแรงพอที่จะป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์จากต้นกระจุดได้

เครื่องหมายและฉลาก

ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์จากต้นกระจุดทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

1. ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น กระเป๋ากระจุด ที่รองแก้ว เสื่อ
2. เดือน ปีที่ทำ
3. ข้อเสนอแนะในการใช้และดูแลรักษา (ถ้ามี)

4. ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

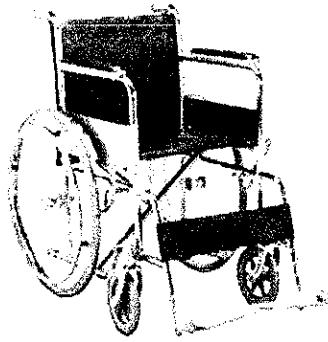
1. รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ผลิตภัณฑ์จากต้นกระจูดที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาดเดียวกัน
2. การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
 - 2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับทดสอบการใช้งาน การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 5 ตัวอย่าง
 - 2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป เส้นกระจูด การจักสาน ถักสาน และการทอ ลวดลาย สี การเก็บริม การประกอบด้วยวัสดุอื่น และการเคลือบเงา
 - 2.3 เกณฑ์ตัดสิน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากต้นกระจูดต้องเป็นไปตามข้อ 2.1 และข้อ 2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าผลิตภัณฑ์จากต้นกระจูดรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

การทดสอบ

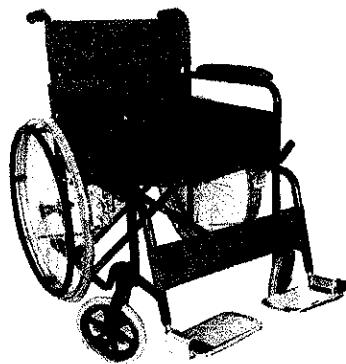
1. การทดสอบลักษณะทั่วไป เส้นกระจูด การจักสาน ถักสานและการทอ ลวดลาย สี การเก็บริม การประกอบด้วยวัสดุอื่น และการเคลือบเงา
 - 1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์จากต้นกระจูด อย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ
 - 1.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของคณะกรรมการ
2. การทดสอบการใช้งาน การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ตรวจพินิจ มาตรฐานที่กล่าวมาแล้วนี้สามารถปรับใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์กระจูดทุกรูปแบบ เช่น เสื่อ กระเป่า ตะกร้า หรืออื่น ๆ ที่มีส่วนประกอบของต้นกระจูด

2.3 อุปกรณ์เครื่องใช้ที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วย

2.3.1 รถเข็นผู้ป่วย ผู้พิการ หรือ ผู้ชรา รถเข็นนับเป็นกายอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุด ในการเคลื่อนที่ เดินทาง สำหรับคนพิการ แขน ขา และร่างกาย รถเข็นมีมากมายหลายรูปแบบ ตามแต่วัตถุประสงค์การใช้งาน เนื่องจากคงไม่ค่อยมีใครที่สนใจเรื่องรถเข็นมาก่อน จึงไม่มีประสบการณ์ความรู้เรื่องรถเข็น ญาติคนพิการหน้าใหม่ จึงมักซื้อรถเข็นที่มีขนาดใหญ่และใช้สำหรับคนชรากลับมาใช้ เวลาออกจากโรงพยาบาลมาอยู่บ้าน ซึ่งหลายคนคงเคยผ่านตามาบ่อยๆ ทั้งที่จอดรอคนไข้ ที่โรงพยาบาล หรือตามห้างสรรพสินค้า หรือมีคนใจดีซื้อไว้บริจาค ที่จริงรถแบบนี้ผลิตขึ้นมาเป็นรถสำหรับคนป่วยหรือคนชราที่เดินไม่ไหวเท่านั้น มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก เพราะทำจากเหล็กชุบโครเมียม การใช้งานควรต้องมีคนเข็นให้ มีข้อดีคือ ราคาถูก ทนทาน แต่ไม่เหมาะกับคนพิการ เพราะใช้แล้วจะช่วยเหลือตัวเองได้ลำบาก เนื่องจากรูปร่าง ขนาด และน้ำหนัก ที่เหมาะต่อการใช้แบบชั่วคราว หรือมีบางรุ่นก็จะทำด้วยอลูมิเนียมอัลลอยด์แต่จะมีราคาสูงขึ้นอีก



ภาพที่ 2.4 รถเข็นแบบธรรมดาชุบโครเมียมที่ใช้สำหรับผู้ป่วยหรือคนชรา



ภาพที่ 2.5 รถเข็นแบบธรรมดาที่ทำจากอลูมิเนียมอัลลอยด์ใช้สำหรับผู้ป่วยหรือคนชรา

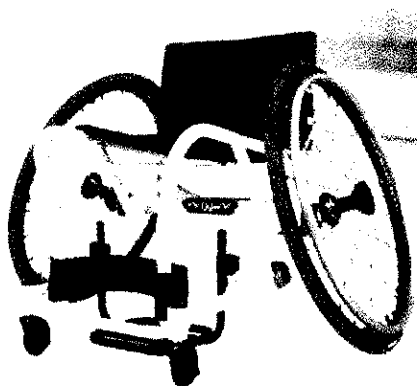
นอกจากในกลุ่มของรถที่ใช้สำหรับผู้ป่วยหรือผู้พิการแล้ว ยังมีรถรุ่นที่มักจะเรียกว่า รุ่นช่วยเหลืตนเอง เป็นรถที่ออกแบบให้เหมาะกับการใช้งานของคนพิการ น้ำหนักเบา ขนาดพอดีๆ ฝาด้านข้างต่ำ สะดวกต่อการย้ายตัว ขึ้นลง ที่สำคัญ ออกแบบให้มีจุดสมดุลที่เหมาะสม เหมาะสำหรับคนพิการที่เครื่องท่อนบนแข็งแรง บางคันสามารถพับพนักพิงลง หรือถอดล้อหลังออก สำหรับใส่ท้ายรถเก๋งสำหรับคนชอบของสวยๆ งามๆ และมีฐานะอาจจะเลือกใช้



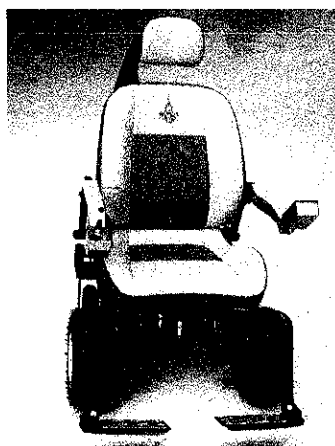
ภาพที่ 2.6 รถเข็นคนพิการที่สามารถเข็นได้ด้วยตนเอง



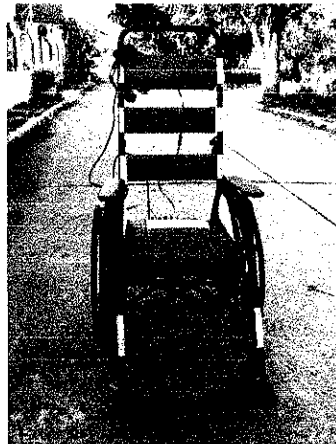
ภาพที่ 2.7 รถเข็นคนพิการที่สามารถใช้ได้ในที่แคบหรือเดินทางโดยเครื่องบิน



ภาพที่ 2.8 รถเข็นสำหรับใช้เล่นกีฬา บาสเก็ตบอล เทนนิส หรือฟันดาบ



ภาพที่ 2.9 รถสำหรับผู้ป่วยหรือผู้พิการแบบไฟฟ้า

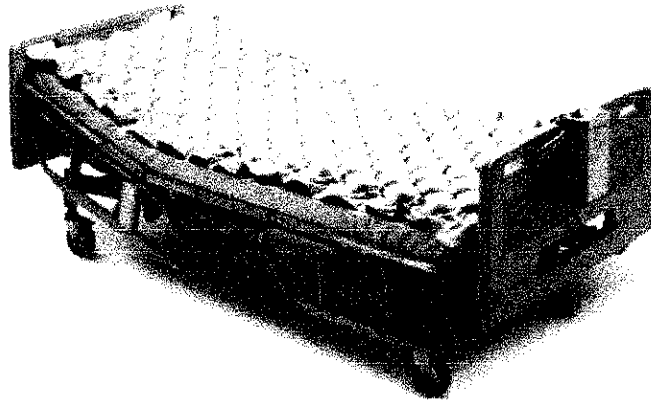


ภาพที่ 2.10 รถไฟฟ้าสำหรับผู้พิการที่เป็นอัมพฤกษ์ใช้ศีรษะควบคุมการเคลื่อนไหว

2.3.2 เติงผู้ป่วย วัตถุประสงค์หลักของเติงผู้ป่วยนั้น ต้องทำความเข้าใจกันให้ถูกต้องว่า เติงผู้ป่วยนั้นเป็นทั้ง "ที่หลับนอน" ที่ถูกสุขลักษณะ เป็น "ที่พักผ่อน" ที่สะดวกสบายสำหรับผู้ป่วย ง่ายต่อการเปลี่ยนอิริยาบถและการใช้ชีวิตประจำวัน นอกจากนั้น เติงผู้ป่วยจะต้องอำนวยความสะดวกแก่ผู้บริบาลผู้ป่วย เติงผู้ป่วยมาตรฐานจะต้องมีระบบความปลอดภัยด้วย เช่น มีราวกันที่สามารถปรับระดับสูงต่ำเพื่อให้เหมาะกับการใช้ชีวิตประจำวัน เติงผู้ป่วยโดยทั่วไป จะปรับระดับความสูงต่ำของเตียงได้เพื่อการขึ้น-ลงหรือสะดวกต่อการเหวี่ยง สะโพกไปขึ้นรถเข็นผู้ป่วย สามารถปรับระดับหัวเตียงและท้ายเตียงที่เรียกว่า ไกร์ คือ หัวเตียงทำพุงหลัง 80 องศา ท้ายเตียงทำงอหัวเข่า 40 องศา มีระบบล้อคล้อเพื่อความปลอดภัยอย่างน้อย 2 ล้อ

เติงผู้ป่วยที่ดี จะมีพื้นล่างรองที่นอนคนป่วยเป็นวัสดุที่ระบายอากาศและลดความอับชื้นได้ดี (สำคัญมาก ถ้าผู้ป่วยนั้นจำเป็นต้องใช้เตียงเป็นเวลานานนาน เพื่อป้องกันการเป็นแผลกดทับ Bedsore) โครงสร้างผลิตจากเหล็กคุณภาพดี ถ้าสามารถปรับระดับสูงต่ำของเตียงได้มากกว่า 2 ระดับ มีระบบควบคุมการใช้งานได้ด้วยตัวผู้ป่วยเอง

ปัจจุบัน เติงผู้ป่วย แบ่งได้ 2 ประเภท คือ เติงผู้ป่วยแบบมือหมุน (2-3 ไกร์) และเติงผู้ป่วยไฟฟ้า (2-3 ไกร์) เติงไฟฟ้านั้น ผู้ป่วยสามารถปรับระดับความเอียงขึ้น-ลง ได้ด้วยตนเอง เติงผู้ป่วยแบบมือหมุน 2 ไกร์ ไกร์ที่ 1 คือ หมุนปรับมุมเอียงของศีรษะ (โดยทั่วไปตั้งแต่ระดับระนาบจนถึง 80 องศา) ไกร์ที่ 2 ให้หมุนปรับระดับความเอียงของเท้า (โดยทั่วไปตั้งแต่แนวระนาบถึง 40 องศา) ถ้าเป็นเติงผู้ป่วยแบบมือหมุน 3 ไกร์ ไกร์ที่ 3 จะมีไว้สำหรับปรับระดับความสูงของเตียงในแนวขึ้นลงเหมาะสำหรับผู้ป่วยที่ผิดปกติหรือเพื่อการบริบาล (<http://www.medtech2home.com>.)



ภาพที่ 2.11 เตียงผู้ป่วยและเบาะรองนอนแบบร้งผึ้ง

2.3.3 เตียงสนาม (camp bed) เตียงสนามโดยทั่วไปมักจะสมารถนำพกพาไปได้ในที่ต่าง ๆ ได้ มีขนาดพอประมาณสำหรับการนอนเพียงคนเดียว และใช้เวลาในการนอนไม่นานมากนักแต่สำหรับทางการทหารนั้นการใช้เตียงสนาม และเปลสนามนั้นจะต้องนำผู้บาดเจ็บออกจากสนามรบหรือสถานที่ที่เกิดเหตุอันตราย และใช้เตียงหรือเปลนั้นบรรทุกผู้บาดเจ็บขึ้นเครื่องบินหรือรถเพื่อนำผู้บาดเจ็บส่งโรงพยาบาลเตียงสนามส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่เป็นผ้าหรือใยสังเคราะห์ และผู้ผลิตส่วนใหญ่จะผลิตให้สามารถพับเก็บได้ ให้เหลือพื้นที่น้อยที่สุด และสะดวกในการพกพา

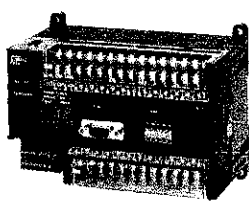


ภาพที่ 2.12 เตียงสนามพลาสติก

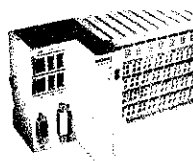
2.4 การใช้พีแอลซีควบคุม

ปัจจุบันนี้โปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC: Programmable Logic Controller) ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานอุตสาหกรรม เพื่อควบคุมเครื่องจักรและระบบการผลิตต่าง ๆ เพราะที่ใช้ง่ายและสะดวก ตลอดจนสามารถแก้ไขโปรแกรมได้ตลอดเวลาพีแอลซีหรือบางครั้งเรียกว่า พีซี (programmable controller) โดยปกติพีแอลซี จะทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ (personal computer) โดยจะป้อนและแก้ไขข้อมูลด้วยชุดป้อนข้อมูลด้วยคีย์บอร์ด (key board) และจะแสดงผลทางจอแสดงผล (monitor) ส่วนภายใน พีแอลซี จะมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ โดยสามารถกำหนดเงื่อนไขผ่านอินพุต (input) และเอาต์พุต (output) ในส่วนของ input สามารถต่อร่วมกับสวิตช์ปุ่มกด (pushbutton) ลิมิทสวิตช์ (limit switch) รีดสวิตช์ (reed switch) เซ็นเซอร์ (sensor) และส่วนของเอาต์พุตสามารถต่อร่วมกับโซลินอยด์วาล์ว (solenoid valve) หลอดไฟ (lamp) มอเตอร์ (motor) และอื่น ๆ

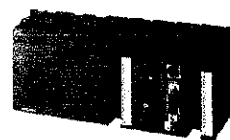
2.4.1 ประโยชน์ของพีแอลซี โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ (PLC) จะควบคุมการทำงานโดยจะถูกคำสั่งที่ป้อนเข้าไปในพีแอลซีด้วยซอฟต์แวร์ (software) ซึ่งซอฟต์แวร์จะสามารถแก้ไข และตรวจสอบได้จาก คอมพิวเตอร์ (personal computer) นั่นเอง โดยในส่วนของซอฟต์แวร์ จะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เลือกใช้มากมาย เช่นสวิตช์ปุ่มกด (pushbutton) รีเลย์ (relay) ตัวตั้งเวลา (timer) ตัวนับจำนวน (counter) และสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์ได้เลย โดยสมัยก่อนจะใช้การต่อวงจร เช่น รีเลย์ (relay) เป็นตัวตัดวงจรการทำงาน หรือตัวนับจำนวน (counter) เป็นตัวนับจำนวนชิ้นงาน จะเป็นอุปกรณ์ตัดต่อภายนอก ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย



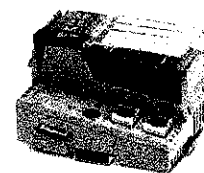
Omron



Beckhoff



Mitsubishi



Phoenix Contract

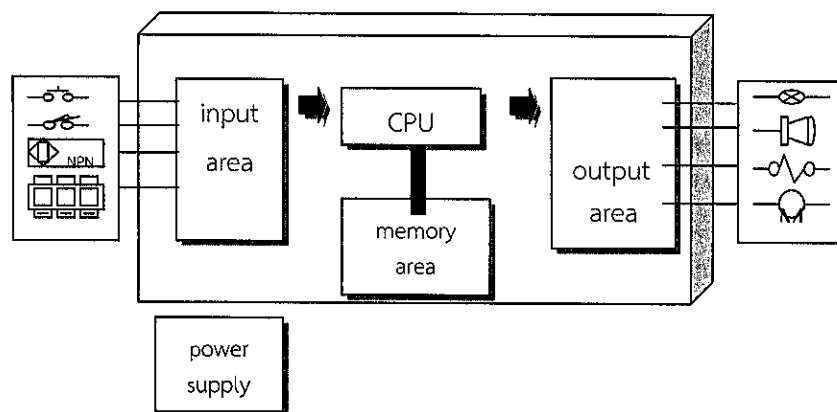
ภาพที่ 2.13 พีแอลซีชนิดโมดูลของบริษัทต่าง ๆ

จากภาพที่ 2.13 แสดงพีแอลซีชนิดโมดูลของบริษัทต่าง ๆ ทั้งในแถบเอเชียและยุโรป ดังนั้น การศึกษาและการเรียนรู้การใช้งานของพีแอลซีนั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาด้าน สถาปัตยกรรม ของโครงสร้างและตัวควบคุมภายใน เช่น โครงสร้างของพีแอลซี ภาษาที่ใช้ในการเขียน สั่งการ ระบบเลขฐาน ตลอดจนคำสั่งต่าง ๆ และระบบดิจิทัล ระบบอนาล็อกในการใช้งาน

2.4.2 โครงสร้างของพีแอลซี พีแอลซี (PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานโดยภายในจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ (micro-processor) เป็นสมองในการสั่งการ โดยที่พีแอลซี จะมีส่วนที่เป็น อินพุต (input) และเอาต์พุต (output) ที่สามารถต่อไปใช้งานได้ทันทีอุปกรณ์ เช่น ตัวจับสัญญาณ สวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต (Input) ของพีแอลซี และส่วนที่เป็นเอาต์พุต (output) จะต่อไป ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลเช่นหลอดไฟ โซลีนอยด์วาล์ว ฯลฯ การควบคุมการทำงาน สามารถทำได้โดยการป้อนโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับ วงจรรีเลย์ พีแอลซีจะสร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายใน เช่น รีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับเวลา ซึ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ นี้ จะอยู่ในรูปของซอฟต์แวร์ โดยจะแสดงผลเป็นฟังก์ชันการทำงานที่ตรงกับอุปกรณ์จริงเช่นกัน

1) โครงสร้างภายในของพีแอลซี พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือ กระบวนการต่าง ๆ โดยภายในจะมีไมโครโปรเซสเซอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวสั่งการที่มีหน่วยความจำ โดยทั่วไปโครงสร้างภายในของพีแอลซี (PLC) ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลักดังนี้

- 1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
- 1.2 หน่วยความจำ (memory)
- 1.3 หน่วยอินพุต/เอาต์พุต (input/output unit)
- 1.4 หน่วยอุปกรณ์ที่ใช้ในโปรแกรม (PM : Programmer / Monitor)



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างภายในของพีแอลซี

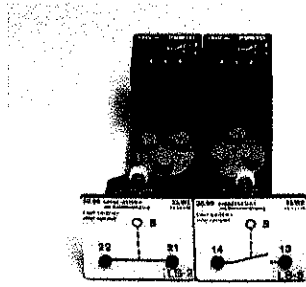
1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยประมวลผลกลางจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของพีแอลซีโดยทั่วไปจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวประมวลผลโดยจะทำการรับข้อมูล จากอินพุตแล้วทำการประมวลผล หลังจากนั้นจะส่งผลที่ได้ไปยังเอาต์พุตต่อจากนั้นจะทำการรับอินพุต เข้ามาใหม่แล้วทำซ้ำกิจกรรมดังกล่าวข้างต้นไปเรื่อย ๆ การทำงานและประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลางจะอยู่ภายใต้โปรแกรมที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป นอกจากนี้หน่วยประมวลผลกลางยังทำหน้าที่ควบคุมการติดต่ออุปกรณ์เชื่อมต่ออื่นๆ เช่น เครื่องโปรแกรม เป็นต้น

1.2 หน่วยความจำ (memory) หน่วยความจำจะทำหน้าที่เก็บโปรแกรมและข้อมูลของพีแอลซีหน่วยความจำจะเป็นตัวกำหนดความสามารถของพีแอลซี โดยทั่วไปจะบอกเป็นจำนวนบรรทัดของโปรแกรมหน่วยความจำของพีแอลซีจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

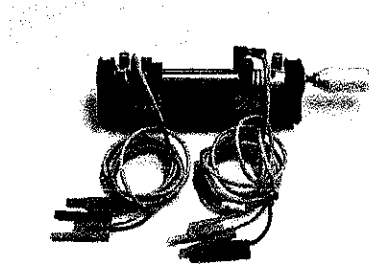
- หน่วยความจำระบบ (ROM) ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมบริหารระบบและข้อมูลของระบบทั้งโปรแกรมบริหารระบบและข้อมูลของระบบ ผู้ใช้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่อาจสามารถตรวจสอบข้อมูลได้

- หน่วยความจำผู้ใช้ (user memory) ใช้สำหรับเก็บโปรแกรมผู้ใช้ข้อมูลของหน่วยอินพุต/เอาต์พุตและอุปกรณ์ภายใน (เช่น timer, counter เป็นต้น) หน่วยความจำผู้ใช้นี้ยังสามารถจำแนกตามชนิดของวัสดุอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาสร้างได้แก่แรม (RAM) อีพรอม (EPROM) และอีอีพรอม (EEPROM) โปรแกรมผู้ใช้คือโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเพื่อควบคุมเครื่องจักรหรือกระบวนการให้ทำงานตามต้องการ

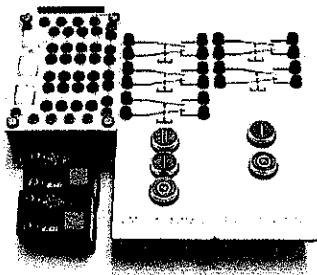
1.3 หน่วยอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output) หน่วยอินพุตทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลกลางกับอุปกรณ์ภายนอก เมื่อรับค่า สภาวะจากอุปกรณ์ตรวจรู้ต่าง ๆ ของเครื่องจักร เช่น ลิมิตสวิตช์ (limit switch), สวิตช์แสง, พร็อกซิมีตีสวิตช์ (proximity switch) และสวิตช์อุณหภูมิ เป็นต้น แล้วส่งค่าดังกล่าวไปให้หน่วยประมวลผลกลางทำการประมวลผลตามโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้ นอกจากนี้หน่วยอินพุตยังทำหน้าที่ แยกวงจรไฟฟ้าของสัญญาณขาเข้ากับอุปกรณ์ภายในพีแอลซีเพื่อป้องกันไม่ให้หน่วยประมวลผลได้รับอันตราย หน่วยเอาต์พุตจะทำหน้าที่ส่งค่าสัญญาณที่ได้จากการประมวลผลไปขับอุปกรณ์ภายนอก เช่น มอเตอร์ วาล์ว ปั๊ม และหลอดไฟ เช่นเดียวกับ หน่วยอินพุต หน่วยเอาต์พุต สามารถทำหน้าที่แยกกราวด์ของสัญญาณภายในกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าพีแอลซี จะมีหน่วยอินพุตและเอาต์พุตทำงานแบบ on/off อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการพัฒนาพีแอลซี ให้มีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตที่สามารถรับส่ง สัญญาณอนาล็อกได้



1) ลิมิตสวิตช์



2) รีดสวิตช์

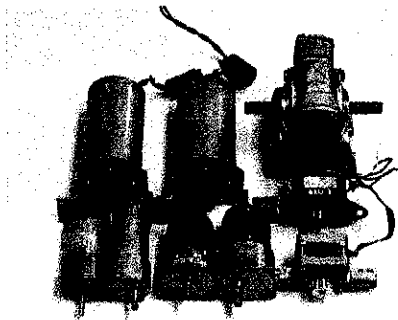


3) ปุ่มกด

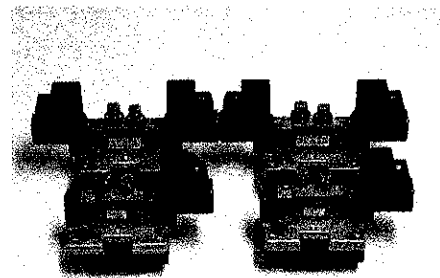


4) เซ็นเซอร์

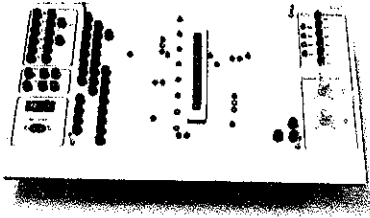
ภาพที่ 2.15 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนของอินพุต



1) มอเตอร์



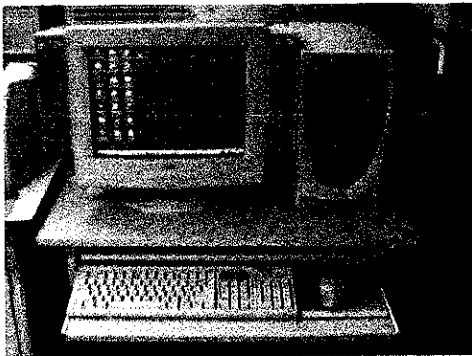
2) โซลินอยวาล์ว



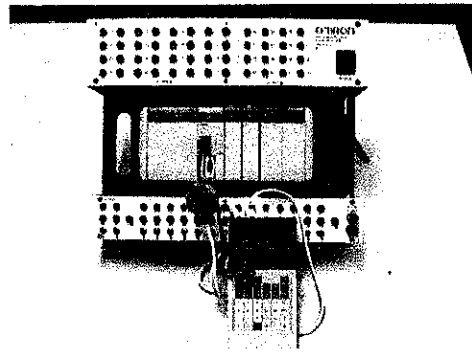
3) หลอดไฟฟ้า

ภาพที่ 2.16 อุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุต

1.4 หน่วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการโปรแกรม (PM : Programmer/Monitor) อุปกรณ์ที่ใช้ในการโปรแกรมพีแอลซี (PLC) นั้นจะเป็นลักษณะอุปกรณ์ต่อรวมเพื่อสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน เช่น คอมพิวเตอร์ (personal computer) คีย์บอร์ด (keyboard) จอแสดงภาพ (monitor) และโปรแกรมมิ่งคอนโซล (programming console) จะแสดงผลทางหน้าจอเป็นแอลซีดี (liquid crystal display) โดยจะป้อนโปรแกรมผ่านอุปกรณ์เหล่านี้ลงไปที่หน่วยความจำของพีแอลซีเพื่อใช้สั่งงานหรือควบคุมอินพุต/เอาต์พุตต่อไป



1) personal computer



2) programming console

ภาพที่ 2.17 อุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ติดต่อกับพีแอลซี

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การใช้พีแอลซี (PLC) ควบคุมเครื่องจักรและระบบการผลิต โดยมีข้อดีในการใช้พีแอลซี ควบคุมดังต่อไปนี้

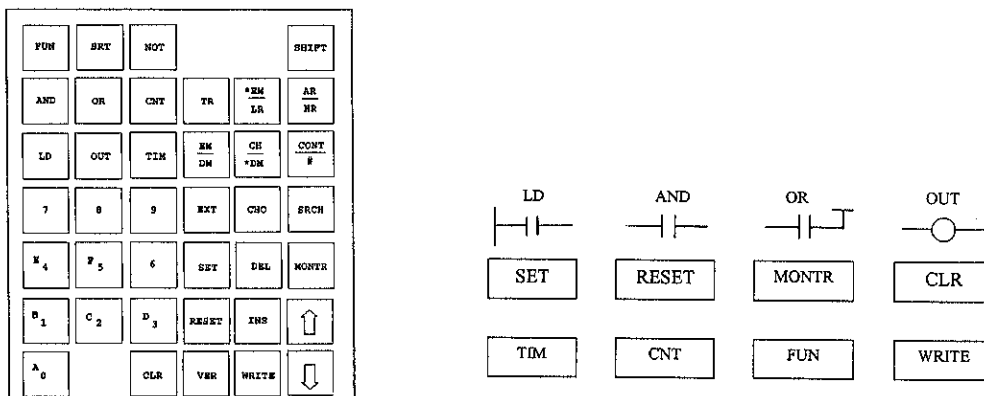
1. มีความสะดวกในการแก้ไขและเปลี่ยนแปลงโปรแกรมในการทำงาน
2. ภายในซอฟต์แวร์ (software) มีอุปกรณ์ให้เลือกมากมายและสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์

ได้รวดเร็ว

3. ราคาถูก เมื่อเทียบกับการซื้อรีเลย์ (relay), ตัวตั้งเวลา (timer) และตัวนับจำนวน (counter) ตลอดจนการแก้ไขในระยะยาว
4. สามารถเห็นระบบการทำงานได้ตลอดเวลาจากจอภาพแสดงผล (monitor)
5. มีความรวดเร็วในการควบคุมการทำงาน
6. การส่งงานผ่านคอมพิวเตอร์สามารถใช้คำสั่งได้ทั้งแลดเดอร์ไดอะแกรม (ladder diagram) และคำสั่งบูลีน (boolean instruction)
7. การบำรุงรักษาง่ายและความปลอดภัยสูง เนื่องจากพีแอลซี (PLC) ถูกผลิตด้วยอุปกรณ์โซลิด-สเตท (solid-state devices) จึงมีความเชื่อมั่นและปลอดภัยสูงในการใช้ควบคุมเครื่องจักรต่าง ๆ
8. เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ ตลอดจนแก้ไข และดัดแปลงเปลี่ยนอุปกรณ์สะดวกรวดเร็ว
9. พีแอลซี มีขนาดเล็ก จึงไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการทำงานมาก
10. พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ที่สามารถใช้ได้กับทุกสภาพของโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้พีแอลซี ถูกนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักรมากมาย เช่น ควบคุมระบบสั่นสะเทือน (vibration) ควบคุมระบบความร้อน (heat system) และอุปกรณ์เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ

2.4.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนพีแอลซี ภาษาที่ใช้อยู่ในรูปของซอฟต์แวร์ซึ่งจะถูกติดตั้งไว้ในคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปจะเขียนโปรแกรมที่คอมพิวเตอร์แล้วโหลดโปรแกรมไปที่พีแอลซี (PLC) โดยผ่านโปรโตคอล (protocol) RS232 deviceNet หรือ etherCAT ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับพีแอลซี เพื่อให้พีแอลซี ไปควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัจจุบันภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพีแอลซี มีหลายภาษาในการเขียนโปรแกรม ดังนี้

2.4.3.1 ภาษาบูลีน (STL: instruction list boolean logic elements) ภาษาบูลีนนี้เป็นภาษาลอจิก (logic language) ที่สามารถป้อนโปรแกรมผ่านชุดป้อนโปรแกรม (programming console) ซึ่งจะติดต่อกับพีแอลซี (PLC) อยู่ โดยทั่วไปลักษณะคำสั่งจะมีสัญลักษณ์ที่ใช้ป้อนคือ LD, AND, OR, NOT และ OUT เป็นต้น

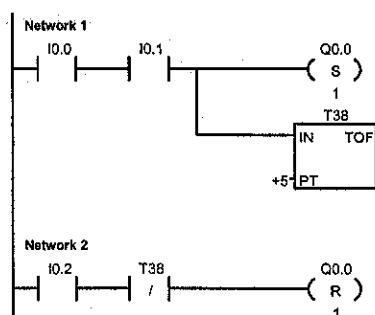


1) ชุดคีย์คำสั่ง

2) คำสั่งเงื่อนไขต่าง ๆ

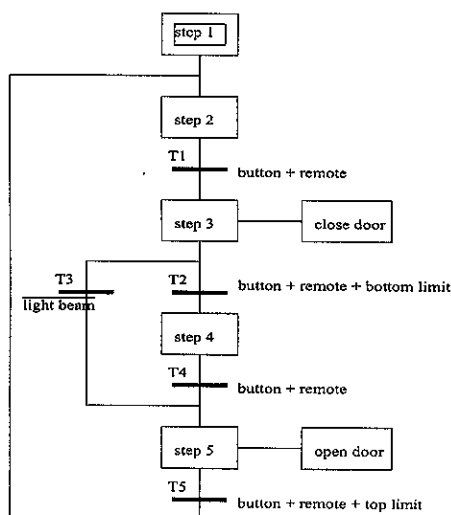
ภาพที่ 2.18 การใช้ภาษาบูลีน

2.4.3.2 ภาษาแลตเตอร์ไดอะแกรม (ladder diagram) ภาษาแลตเตอร์ไดอะแกรม (ladder diagram) เป็นภาษาที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะเป็นภาษาที่ดูแล้วเข้าใจง่าย ทำให้สะดวกในการใช้ และการแก้ไขโปรแกรม ซึ่งภาษานี้จะมีลักษณะการต่อวงจรในแนวนอนจากซ้ายไปขวา หรือจากอินพุต (input) ไปหาเอาต์พุต (output) โดยภาษาแลตเตอร์ไดอะแกรมนี้ จะถูกป้อนจากคอมพิวเตอร์ผ่านไปยังพีแอลซี การดูวงจรจะดูจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้มองเห็นการทำงานแต่ละแถวหรือโครงข่าย (network) ของภาษาแลตเตอร์ไดอะแกรม (ladder diagram)



ภาพที่ 2.19 ภาษาแลตเตอร์ไดอะแกรม

2.4.3.3 ภาษาซีควเอนฟังก์ชันชาร์ต (sequence function chart) เป็นภาษาที่จัดกลุ่มการทำงานเป็นบล็อก (block) คำสั่ง การจัดลำดับจะเป็นสเต็ป (step) การทำงานซึ่งประกอบด้วยสัญญาณควบคุมอินพุต/เอาต์พุต โดยทั่วไปจะใช้ควบคุมลักษณะงานที่มีความซับซ้อน เช่น งานควบคุมระบบไฟฟ้า หรืองานที่ต้องใช้ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ (บวก ลบ คูณ หาร) เป็นต้น



ภาพที่ 2.20 ภาษาซีคอนฟังกซ์ขั้นชาร์ต

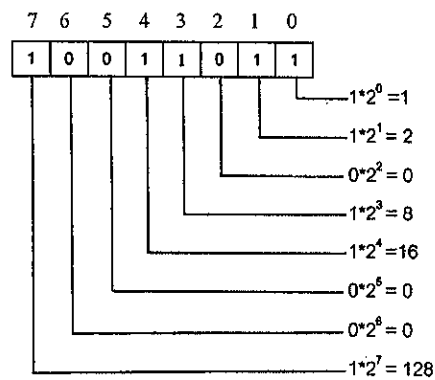
2.4.4 ระบบเลขฐาน (Number System) ในระบบคอมพิวเตอร์ (computer) ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) หรือ พีแอลซี (PLC) ตลอดจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบอิเล็กทรอนิกส์ก็จะใช้เลขฐานในการสื่อสารและประมวลผล ดังนั้นในระบบพีแอลซี มีความจำเป็นต้องรู้หลักการของเลขฐาน และระบบจำนวนตัวเลข พร้อมกับเข้าใจการทำงานของวงจรตรรกะ (logic circuit) ไปพร้อมกัน เพื่อให้สามารถใช้พีแอลซี ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น ระบบเลขฐานที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถแบ่งออกได้ 4 ระบบดังนี้

- 1) ระบบเลขฐานสอง (binary number system) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 2 ตัว คือ 0 กับ 1
- 2) ระบบเลขฐานแปด (octal number system) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 8 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7
- 3) ระบบเลขฐานสิบ (Decimal Number System) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9
- 4) ระบบเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number System) ระบบนี้จะประกอบด้วยตัวเลข 16 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E และ F โดยที่ (A=10, B=11, C=12, D=13, E=14 และ F=15) เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระบบเลขฐาน

เลขฐานสิบ (decimal)	เลขฐานสอง (binary)	เลขฐานสิบหก (hexadecimal)
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

1. ระบบเลขฐานสอง (binary number system) ระบบเลขฐานสองประกอบไปด้วยตัวเลข 2 ตัวคือ 0 และ 1 เท่านั้น และระบบเลขฐานสองจะถูกนำมาใช้งานมากกับระบบดิจิทัลของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ตลอดจนไมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อมูลระบบตัวเลขฐานสอง จะอยู่ในรูปของตัวเลขฐานสองที่เรียกว่า “บิต” ตัวอย่างการแทนค่า เช่น 1 = 0001, 2 = 0010, 4 = 0100 และ 8 = 1000 เป็นต้น



ผลรวมเป็นระบบเลขฐานสิบ = $(1 + 2 + 0 + 8 + 16 + 0 + 0 + 128) = 15510$

2. ระบบเลขฐานสิบ (decimal number system) ระบบเลขฐานสิบเป็นระบบเลขฐานที่เราใช้มากที่สุด โดยประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานสิบกับเลขฐานสอง

เลขฐานสิบ (Decimal)	เลขฐานสอง (Binary)
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

ตัวอย่างที่ 1 แปลงเลข 155 ฐานสิบ ให้เป็นเลขฐานสอง ทำได้โดยแปลงเป็นฐานสองคือ ทหาร 155 ด้วย 2 ตลอด แล้วนำเศษมาเป็นเลขฐานสองดังนี้

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 155} \\
 \underline{2) 77} \text{ เศษ } 1 \\
 \underline{2) 38} \text{ เศษ } 1 \\
 \underline{2) 19} \text{ เศษ } 0 \\
 \underline{2) 9} \text{ เศษ } 1 \\
 \underline{2) 4} \text{ เศษ } 1 \\
 \underline{2) 2} \text{ เศษ } 0 \\
 \underline{2) 1} \text{ เศษ } 0 \\
 \underline{\underline{0}} \text{ เศษ } 1
 \end{array}$$

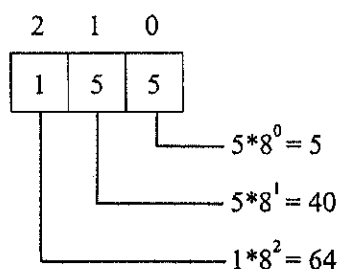
ดังนั้น 155 เลขฐานสิบ แปลงให้เป็นเลขฐานสอง = 1 0 0 1 1 0 1 1 2

3. ระบบเลขฐานแปด (octal number system) ระบบเลขฐานแปดนี้ประกอบไปด้วยจำนวนตัวเลขทั้งหมด 8 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานแปดกับเลขฐานสอง

เลขฐานแปด (octal)	เลขฐานสอง (binary)
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

ตัวอย่างที่ 2 แปลงเลข 155 ฐานแปด ให้เป็นเลขฐานสิบ โดยมีวิธีทำดังนี้



ผลรวมเป็นระบบตัวเลขฐานสิบ = $(5 + 40 + 64) = 10910$

ในทำนองเดียวกัน ตัวเลข 109 ฐานสิบ สามารถแปลงกับเป็นเลขฐานแปด โดยนำเอา 109 หารด้วย 8 ตลอด แล้วนำเศษมาเป็นเลขฐานแปดดังนี้

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 109} \\ \underline{8 } \text{ เศษ } 5 \\ 8 \overline{) 13} \text{ เศษ } 5 \\ \underline{8 } \text{ เศษ } 1 \\ \underline{ 0} \text{ เศษ } 1 \end{array}$$

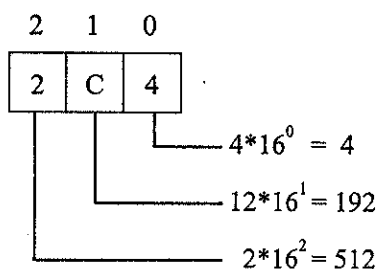
ดังนั้น 109 เลขฐานสิบ แปลงให้เป็นเลขฐานแปด = 155

4. ระบบเลขฐานสิบหก (hexadecimal number system) ระบบเลขฐานสิบหกนี้จะประกอบไปด้วยจำนวนตัวเลขทั้งหมด 16 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6,7,8,9, A, B, C, D, E และ F โดยที่ (A=10, B=11, C=12, D=13, E=14 และ F=15) เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์เลขฐานสิบหกกับเลขฐานสอง

เลขฐานสิบหก (Hexadecimal)	เลขฐานสอง (Binary)
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

ตัวอย่างที่ 3 ให้ทำการแปลงเลข 2C4 ฐานสิบหกให้เป็นเลขฐานสิบ โดยมีวิธีทำดังนี้



ผลรวมเป็นระบบเลขฐานสิบ = $(4 + 192 + 512) = 70810$

ในการทำงานเดียวกัน ตัวเลข 708 ฐานสิบ สามารถแปลงกับเป็นเลขฐานสิบหก โดยนำ 708 หารด้วย 16 ตลอด แล้วนำเศษมาเป็นเลขฐานสิบหกดังนี้

$$\begin{array}{r} 16 \overline{) 708} \\ \underline{16 \overline{) 44}} \quad \text{เศษ 4} \\ \underline{16 \overline{) 2}} \quad \text{เศษ 12} \\ \underline{\quad 0} \quad \text{เศษ 2} \end{array}$$

ดังนั้น 708 เลขฐานสิบ แปลงให้เป็นเลขฐานสิบหก = 2C4

5. ลอจิกเกทพื้นฐาน (basic logic gates) โครงสร้างโดยทั่วไปของอุปกรณ์ดิจิทัล (digital equipment) ไม่ว่าจะเป็นวงจรธรรมดาหรือซับซ้อน เช่น IC ต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นลักษณะวงจรรรจร (logic circuit) เพื่อนำสถานะลอจิกไปใช้กับเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น สัญญาณเอาต์พุต (output) หรือสัญญาณอินพุต (input) โดยสถานะทั่วไปจะใช้สถานะ 1 มีสัญญาณกับสถานะ 0 ไม่มีสัญญาณ เป็นตัวบอกระบบสัญญาณเพื่อนำไปใช้ในระบบควบคุมลอจิกเกท โดยทั่วไปใช้สัญลักษณ์ด้านอินพุต (input) แทนด้วย A B C D E ส่วนด้านเอาต์พุต (output) จะแทนด้วย Y โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ลอจิก AND Gate จะมีอินพุต 2 อินพุตขึ้นไป และมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$N = 2^n$$

N = ผลรวมของจำนวนอินพุต

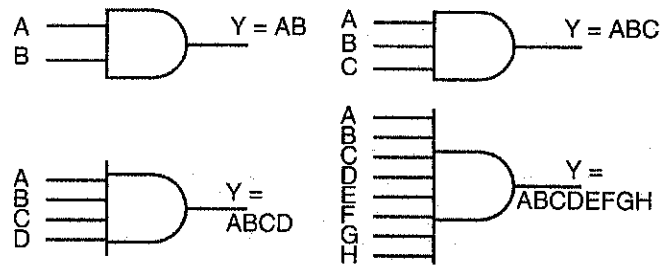
n = ผลรวมของตัวแปรอินพุต

เช่น ตัวแปร 2 อินพุต ($N = 2^2 = 4$)

ตัวแปร 3 อินพุต ($N = 2^3 = 8$)

ตัวแปร 4 อินพุต ($N = 2^4 = 16$)

ตัวแปร 8 อินพุต ($N = 2^8 = 256$)



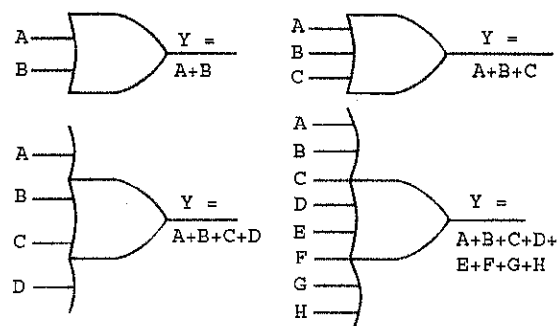
ภาพที่ 2.21 สัญลักษณ์ลอจิก AND Gate

ตารางที่ 2.5 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก AND Gate

input		output
A	B	Y
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

จากตาราง ถ้าอินพุต (input) ของด้านในด้านหนึ่งมีสถานะเป็น 1 กับ 0 เช่น (A=1, B=0) เอาต์พุต output (Y) จะมีสถานะเป็น 0 แต่ถ้าอินพุตของทั้ง 2 ด้านมีสถานะเป็น 1 เช่น (A=1, B=1) เอาต์พุต output (Y) จะเท่ากับ 1

5.2 ลอจิก OR Gate จะมีอินพุต 2 อินพุตขึ้นไปและจะมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต



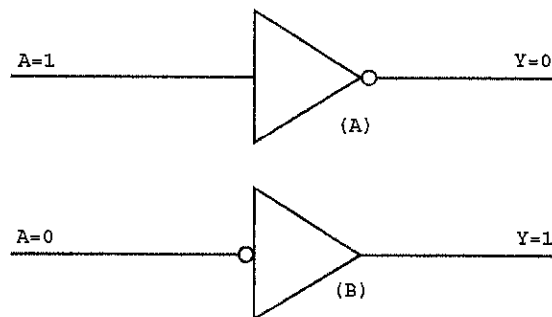
ภาพที่ 2.22 สัญลักษณ์ ลอจิก OR Gate

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก OR Gate

input		output
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

จากตาราง ถ้าอินพุต (input) ของด้านใดด้านหนึ่งมีสถานะเป็น 1 กับ 0 เช่น (A=1, B=0) เอาต์พุต output (Y) จะเป็น 1 และถ้าอินพุต ของทั้ง 2 ด้าน มีสถานะเป็น 1 เช่น (A=1, B =1) เอาต์พุต output (Y) ก็จะเป็น 1 เช่นเดียวกัน

3.ลอจิก NOT Gate จะมี อินพุต 1 อินพุต และมีเอาต์พุต 1 เอาต์พุต โดยจะทำงานตรงกันข้ามกัน (Inverse)



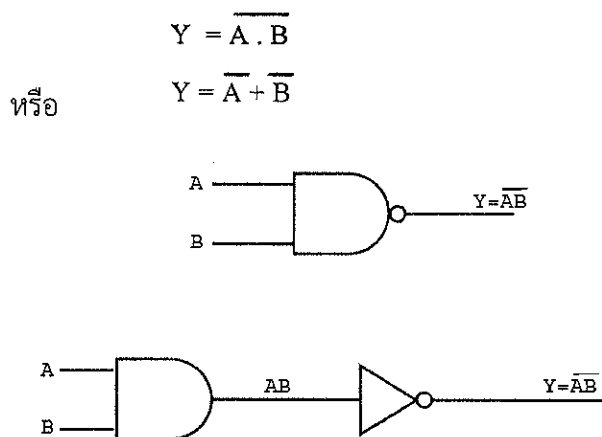
ภาพที่ 2.23 สัญลักษณ์ลอจิก NOT Gate

ตารางที่ 2.7 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NOT Gate

input	output
A	Y
0	1
1	0

จากตาราง ถ้าอินพุต (input) มีสถานะเป็น 0 ด้านเอาต์พุต จะมีสถานะเป็น 1 แต่ถ้าอินพุต (input) มีสถานะเป็น 1 ด้านเอาต์พุตจะมีสถานะเป็น 0 แทนที่

5.4 ลอจิก NAND Gate เป็นลอจิกที่ต่อร่วมกันระหว่างลอจิก NOT Gate กับลอจิก AND Gate โดยเอาต์พุตที่ออกจากลอจิก AND Gate ไปเข้าที่ลอจิก NOT Gate และทำการกลับค่าตรงกันข้าม (Inverse) อีกครั้ง โดยสามารถเขียนเอาต์พุตของ NAND Gate ได้ด้วยสมการดังนี้



ภาพที่ 2.24 สัญลักษณ์ ลอจิก NAND Gate

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NAND Gate

input		output
A	B	Y
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

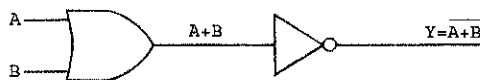
จากตาราง ถ้าเอาต์พุต (output) ของ AND Gate มีสถานะเป็น (AB=1) NOT Gate จะกลับค่า (inverse) มีสถานะเป็น 0 แต่ถ้าเอาต์พุต (output) ของ AND Gate มีสถานะเป็น 0 (AB=0) NOT Gate จะกลับค่า (inverse) ให้มีสถานะเป็น 1 แทนที่

LOGIC	LOGIC SYMBOL	LOGIC FUNCTIONS USING ONLY NAND GATES
INVERTER		
AND		
OR		
NOR		
XOR		
XNOR		

ภาพที่ 2.25 การใช้ลอจิก NAND Gate สร้างลอจิกฟังก์ชัน

5.5 ลอจิก NOR Gate เป็นลอจิกที่ต่อร่วมกันระหว่างลอจิก NOT Gate กับ ลอจิก OR Gate โดยจะเอาเอาต์พุตที่ออกจากลอจิก OR Gate ไปเข้าที่ลอจิก NOT Gate และทำการกลับค่าตรงกันข้าม (inverse) อีกครั้ง โดยสามารถเขียนเอาต์พุตของ NOR Gate ได้ด้วยสมการดังนี้

$$Y = \overline{A+B}$$



ภาพที่ 2.26 สัญลักษณ์ ลอจิก NOR Gate

ตารางที่ 2.9 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก NOR Gate

input		output
A	B	Y
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

จากตารางที่ 2.9 ถ้าค่าเอาต์พุต (output) ของ OR Gate มีสถานะเป็น 1 ($A+B = 1$) NOT Gate จะกลับค่า (inverse) มีสถานะเป็น 0 แต่ถ้าเอาต์พุต (output) ของ OR Gate มีสถานะเป็น 0 ($A+B = 0$) NOT Gate จะกลับค่า (inverse) ให้มีสถานะเป็น 1 ทั้งนี้

5.6 ลอจิก exclusive OR จะมี 2 อินพุต โดยเกิดจากสถานะลอจิก AND, OR, NOT ถ้าวัดค่าสัญญาณทาง output จะเพิ่มเป็น 2 เท่า โดยทั่วไปใช้สัญลักษณ์ XOR Gate แทน โดยสามารถเขียนเอาต์พุต ของ XOR Gate ได้ด้วยสมการดังนี้

$$Y = A \oplus B$$



ภาพที่ 2.27 สัญลักษณ์ลอจิก XOR Gate

ตารางที่ 2.10 ค่าอินพุตและเอาต์พุตของลอจิก XOR Gate

input		output
A	B	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

จากตารางที่ 2.10 ถ้าค่าอินพุต (input) ด้านใดด้านหนึ่งมีสถานะเป็น 1 กับ 0 เช่น (A=1, B=0) เอาต์พุต output (Y) จะมีสถานะเป็น 1 แต่ถ้าอินพุต (input) ของทั้ง 2 ด้าน มีสถานะเป็น 1 เช่น (A=1, B =1) เอาต์พุต output (Y) จะมีสถานะเป็น 0 แทนที่

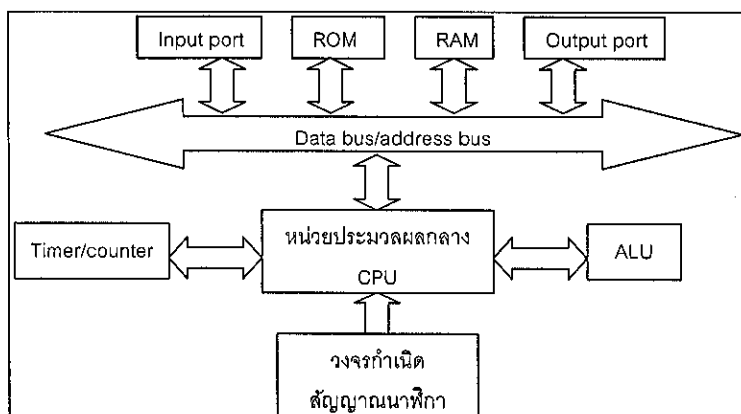
2.5 ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่งซึ่งภายในประกอบด้วยวงจรอื่นๆ หลายวงจร และทำงานร่วมกัน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU: Arithmetic Logic Unit) วงจรออสซิลเลเตอร์ (osillator) หน่วยความจำ (memory: ROM, RAM) วงจรรับสัญญาณอินพุตและขับสัญญาณเอาต์พุต (I/O port) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานควบคุมได้ดี เนื่องจากสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระ ตามความต้องการของเรา

ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ซีพียูเบอร์ Z80 เป็นต้น จะไม่มีหน่วยความจำ RAM, ROM และ port อยู่ในตัวชิป ทำให้ต้องต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเพิ่มและต้องใช้ ICs ขยายพอร์ตเพิ่มเติม ข้อดีคือ สามารถเพิ่มหน่วยความจำได้ตลอด ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีวงจรพื้นฐานประกอบอยู่ในชิป เช่น หน่วยความจำ RAM, ROM และ I/O Port ดังนั้น ในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีขนาดเล็กกว่าและราคาต่ำกว่าระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยว (single chip microcontroller) ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย การศึกษาเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์จึงมีองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนภาษาที่จะใช้ในการเขียน ซึ่งจะต้องศึกษาควบคู่กันไป

2.5.1 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีโครงสร้างหลายลักษณะ ทั้ง 8 pins, 14 pins, 18 pins, 28 pins และ 40 pins ซึ่งมีให้เลือกใช้มากมายขึ้นอยู่กับว่าจะเลือกใช้ขนาด memory เท่าใดให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ทำ โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบ คือ (1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (FLASH program memory) มีขนาดความจุ 1 ถึง 32 k words (2) หน่วยความจำข้อมูล (aata memory RAM) มีขนาดความจุ 64 ถึง 1536 bytes (3) หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM data memory) มีขนาดความจุถึง 256 bytes ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 16F877 มีพอร์ตใช้งานทั้งสิ้น 5 พอร์ต คือ PORTA 6 บิต, PORTB 8 บิต, PORTC 8 บิต, PORTD 8 บิต และ PORTE 3 บิต เป็นพอร์ตแบบมี 2 ทิศทาง คือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุต และยังเป็นพอร์ตที่สามารถแปลงสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ได้อีกด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

- 1) มีพอร์ต I/O ขนาด 3 บิต, 6บิต, 8บิต จำนวน 5 พอร์ต
- 2) มีหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช 1 ถึง 32 k words
- 3) มีหน่วยความจำข้อมูลแรม RAM 64 ถึง 1536 bytes
- 4) มีหน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม EEPROM 256 bytes
- 5) timer / counter
 - Timer 0 ขนาด 8 บิต
 - Timer 1 ขนาด 16 บิต
 - Timer 2 ขนาด 8 บิต
- 6) มีกระแสซิงก์และกระแสซอร์ส (high sink/source current) 25 mA
- 7) มีวงจรแปลงสัญญาณ analog to digital converter 10 บิต
- 8) มีวงจรสื่อสารแบบอนุกรมทั้ง SPI และ I²C (master/slave)
- 9) มีวงจร Pulse Width Modulation (PWM) ความละเอียดสูงถึง 10 บิต
- 10) มีหน่วยความจำแบบ Flash สามารถเขียนและลบได้มากกว่า 100,000 ครั้ง



ภาพที่ 2.28 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

5.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) เปรียบได้กับสมองของคนเรานั้นเอง เพราะการคำนวณต่างๆ เกิดขึ้นที่นี่ CPU ประกอบด้วยวงจรต่างๆ หลายวงจร เช่น วงจรควบคุมเวลาและระบบการทำงาน (timing and control unit) ซึ่งจะทำหน้าที่จัดการทั้งหมดของวงจรทั้งประมวลผลและควบคุมตามคำสั่งที่ได้รับ การคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic and Logic Unit) โดยจะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลทางคณิตศาสตร์และระบบลอจิก วงจรถอดรหัสคำสั่ง (instruction decoder) จะทำหน้าที่แปลงคำสั่งทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง (machine language) วงจรควบคุมการทำงานของ counter วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา (oscillator) ตลอดจนหน่วยความจำภายใน register, adder, subtraction, buffer และอื่น ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและการประมวลของ CPU เป็นต้น

5.1.2 หน่วยความจำ (Memory Unit) ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นต้องคำนึงถึงชนิดของหน่วยความจำและวิธีการเข้าถึงด้วย ซึ่งต่างจากการเขียนบน PC ที่สนใจเพียงชนิดของตัวแปรว่าจะใช้เก็บข้อมูลประเภทใด สำหรับหน่วยความจำในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC นั้น จะมีหน่วยความจำในการใช้งาน 3 ประเภท ดังนี้

1) หน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลช (flash program memory) หน่วยความจำแบบแฟลช (flash ROM) ในปัจจุบันนี้หน่วยความจำชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้กับ Microcontroller หลายบริษัทหลายรุ่น โดยมีคุณสมบัติในการเขียนโปรแกรมและลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง ซึ่งการทำงานจะมีความเร็วสูงมากเหมาะกับการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่

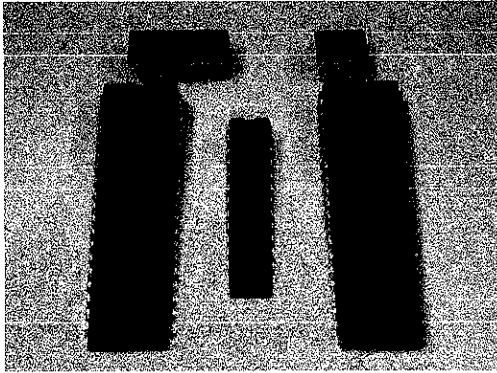
2) หน่วยความจำโปรแกรม (data memory RAM) หน่วยความจำส่วนนี้มีไว้ใช้เก็บข้อมูล ขณะประมวลผลโปรแกรมสามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ขณะมีไฟเลี้ยง แต่เมื่อไม่จ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลต่างๆ จะสลายไป หากหน่วยความจำส่วนนี้ไม่พอใช้งานจะต้องต่อหน่วยความจำแรมภายนอกเพิ่ม (external RAM หรือ data memory) ปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นมากชิปบางตัวจะมีการบรรจุหน่วยความจำประเภท Data Memory เข้าไปในชิปเลย

3) หน่วยความจำแบบอีอีพรอม (EEPROM data memory) หน่วยความจำแบบ EEPROM เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบโปรแกรมด้วยกระแสไฟฟ้า ในหน่วยความจำถาวรของ PROM (programmable read only memory) โดยภายในมีการพัฒนาให้ RAM (Random Access Memory) ที่มีหน่วยความจำชั่วคราวให้เก็บข้อมูลได้ถาวรแบบหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) โดยสามารถเขียนและลบโปรแกรมจำนวนหลายๆ ครั้งได้

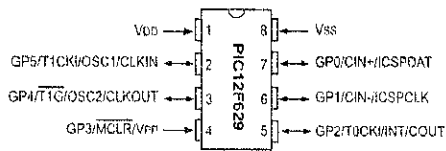
5.1.3 พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต (I/O port) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีพอร์ตสำหรับติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกแล้วแต่วัตถุประสงค์ในการใช้งานและคุณสมบัติของพอร์ต โดยสามารถติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกทำหน้าที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตได้ เช่น pushbutton, keypad, sensor, LCD, timer/counter ตลอดจนการแปลงสัญญาณ analog to digital converter เป็นต้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานด้านอุตสาหกรรมโดยมีการผลิตมากมายหลายชนิดหลายรุ่นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC

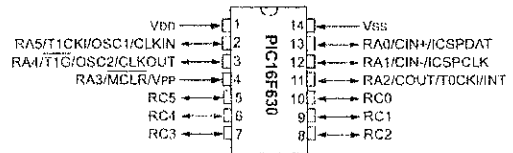
เบอร์ (device)	หน่วยความจำ โปรแกรม (program memory)	หน่วยความจำข้อมูล (data memory)		อินพุท/เอาต์ พุท (I/O port)	ไทมเมอร์/ เคาน์เตอร์ (timer/counter)
	flash memory (kwords)	RAM (bytes)	EEPROM (bytes)		
PIC12F629	1	64	128	8	2
PIC12F675	1	64	128	8	2
PIC16F630	1	64	128	14	2
PIC16F676	1	64	128	14	2
PIC16F628	2	224	128	18	3
PIC16F872	2	128	64	28	3
PIC16F871	2	128	64	40	3
PIC16F873	4	192	128	28	3
PIC16F876	8	368	256	28	3
PIC16F877	8	368	256	40	3
PIC16F877A	8	368	256	40	3
PIC18F242	16	768	256	28	4
PIC18F252	32	1,536	252	28	4
PIC18F442	16	768	256	40	4
PIC18F452	32	1,536	256	40	4
PIC18F458	32	1,536	256	40	4



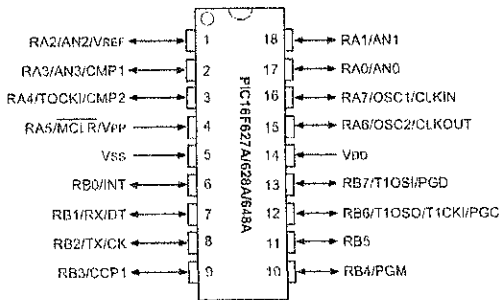
1) ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC



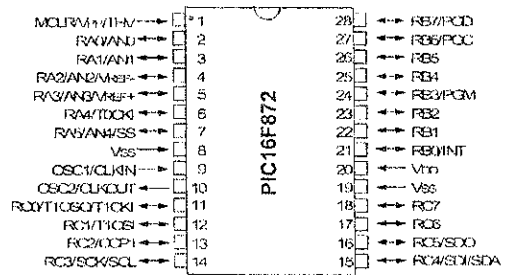
microcontroller PIC 8 pins



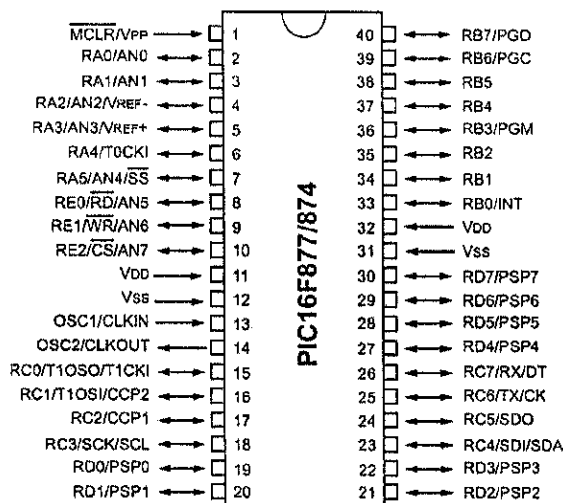
microcontroller PIC 14 pins



microcontroller PIC 18 pins



microcontroller PIC 28 pins



microcontroller PIC 40 pins

2) การจัดการของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภาพที่ 2.29 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC

ตารางที่ 2.12 การเปรียบเทียบ pins ของ microcontroller

BUS Name	8 Pins	14 Pins	18 Pins	28 Pins	40 Pins
MCLR Vpp	4	4	4	1	1
Vdd	1	1	14	20	11,32
Vss	8	14	5	8,19	12,31
OSC1	2	2	16	9	13
OSC2	3	3	15	10	14
RA0/AN0	5	13	17	2	2
RA1/AN1	-	12	18	3	3
RA2	-	11	1	4	4
RA3/AN3	-	-	2	5	5
RA4	-	3	3	6	6
RA5/AN4	-	2	-	7	7
RB0	-	-	6	21	33
RB1	-	-	7	22	34
	-	-	89	23	35

BUS Name	8 Pins	14 Pins	18 Pins	28 Pins	40 Pins
RB2	-	-	10	24	36
RB3	-	-	11	25	37
RB4	-	-	12	26	38
RB5	6	-	13	27	39
RB6	7	-	-	28	40
RB7	-	10	-	11	15
RC0	-	9	-	12	16
RC1	-	8	-	13	17
RC2	-	7	-	14	18
RC3	-	6	-	15	23
RC4	-	5	-	16	24
RC5	-	-	-	17	25
RC6	-	-	-	18	26
RC7	-	-	-	-	19
RD0	-	-	-	-	20
RD1	-	-	-	-	21
RD2	-	-	-	-	22
RD3	-	-	-	-	27
RD4	-	-	-	-	28
RD5	-	-	-	-	29
RD6	-	-	-	-	30
RD7	-	-	-	-	8
RE0/AN5	-	-	-	-	9
RE1/AN6	-	-	-	-	10
RE2/AN7	-	-	-	-	

ในตัว CPU ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ขนาด 40 pins มีขาสัญญาณที่ใช้ติดต่อ input/output port มีจำนวนขาสัญญาณทั้งสิ้น 33 pins ดังนี้

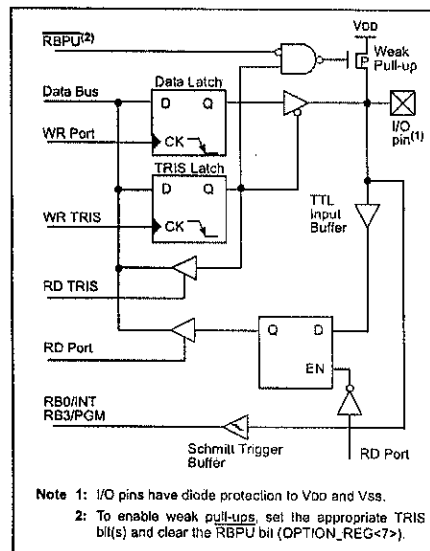
- PORTA RA0_RA5 จำนวน 6 pins
- PORTB RB0_RB7 จำนวน 8 pins
- PORTC RC0_RC7 จำนวน 8 pins
- PORTD RD0_RD7 จำนวน 8 pins
- PORTE RE0_RE2 จำนวน 3 pins

ขาสัญญาณแต่ละขาของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 มีหน้าที่การทำงานดังนี้

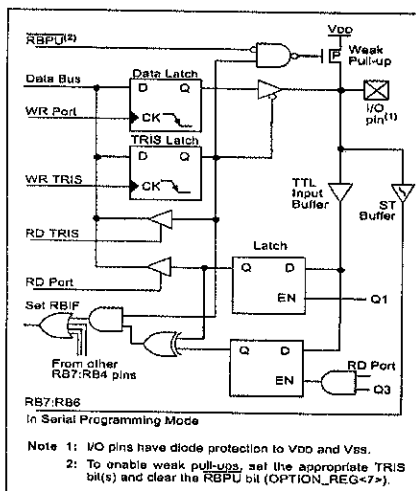
1) PORT RA0_RA5 พอร์ต A มีขาสัญญาณจำนวน 6 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ input/output port และยังทำหน้าที่เป็น input ของสัญญาณ ADC (Analog to Digital Converter) ด้วย

- | | |
|-----------------|---|
| RA0/AN0- | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณ input สำหรับ ADC ช่อง 0 |
| RA1/AN1 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output Port |
| | - ขาสัญญาณ input สำหรับ ADC ช่อง 1 |
| RA2/AN2 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output Port |
| | - ขาสัญญาณ input สำหรับ ADC ช่อง 2 |
| RA3/AN3 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output Port |
| | - ขาสัญญาณ Input สำหรับ ADC ช่อง 3 |
| RA4/TOCK1/C1OUT | - ขาสัญญาณนาฬิกา input timer 0 |
| | - ขาสัญญาณ output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 1 |
| RA5/AN4/SS/ | - ขาสัญญาณ input สำหรับ ADC ช่อง 4 |
| | - ขาสัญญาณ slave select สื่อสาร serial port แบบ synchronize |
| | - ขาสัญญาณ output เปรียบเทียบ ADC ช่อง 2 |

- | | |
|---------|--|
| RB0/INT | <ul style="list-style-type: none"> - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port - ขาสัญญาณ input รับสัญญาณ Interrupt จากภายนอก |
| RB1 | <ul style="list-style-type: none"> - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| RB2 | <ul style="list-style-type: none"> - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| RB3/LVP | <ul style="list-style-type: none"> - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port - ขาสัญญาณ input รับแรงดันต่ำ (5V) ถ้ามีการ enable |
| RB4-RB7 | <ul style="list-style-type: none"> - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port - ภายในมีวงจรถ่วง (r-pull-up) และ interrupt logic - ขาที่สามารถเกิด interrupt ได้ ถ้ามีการ enable |



ภาพที่ 2.32 โครงสร้างของพอร์ต B (RB0-RB3)

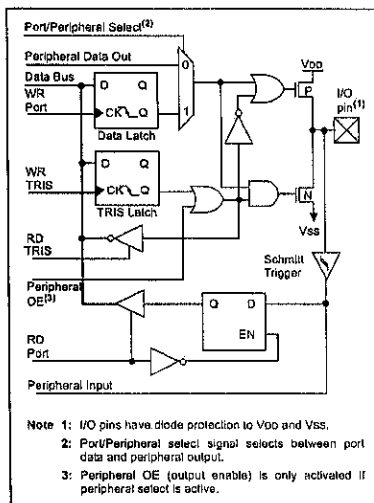


ภาพที่ 2.33 โครงสร้างของพอร์ต B (RB4-RB7)

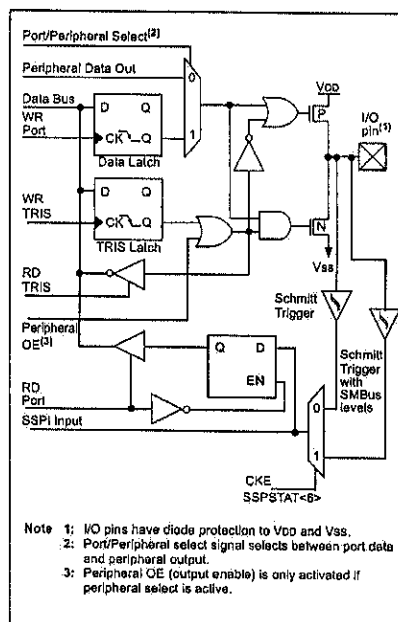
3. PORTC RC0_RC7 พอร์ต C มีขาสัญญาณจำนวน 8 Pins โดยพอร์ต C เป็นพอร์ตที่ติดต่อสัญญาณได้หลายรูปแบบ เช่น ติดต่อ input/output port, timer, I²C, PWM เป็นต้น

- | | |
|-----------------|--|
| RC0/T1OSO/TICK1 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output Port |
| | - ขาสัญญาณ output วงจร oscillator ของ timer1 |
| | - ขาสัญญาณ input ของสัญญาณ clock timer1 |
| RC1/T1OSI/CCP2 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณ input วงจร oscillator ของ timer1 |
| | - ขาสัญญาณ output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของโมดูล CCP2 |
| | - ขาสัญญาณ output PWM |
| RC2/CCP1 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณ output วงจรเปรียบเทียบสัญญาณของโมดูล CCP1 |
| | - ขาสัญญาณ output PWM |
| RC3/SCK/SCL | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณ clock ของวงจร SPI (SCK) |
| | - ขาสัญญาณ clock ของระบบบัส I ² C (SCL) |
| RC4/SDI/SDA | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณ input/serial data ของระบบ SPI (SDI) |

- ขาสัญญาณ data ของระบบบัส I²C (SDA)
 - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port
 - ขาสัญญาณ output/serial data ของระบบ SPI (SDO)
- RC5/SDO
- ขาสัญญาณติดต่อ input/output port
 - ขาสัญญาณส่ง data/serial port (TxD)
 - ขาสัญญาณ clock/synchronize (CK)
- RC6/TxD/CK
- ขาสัญญาณติดต่อ input/output Port
 - ขาสัญญาณรับ data/serial Port (RxD)
 - ขาสัญญาณ data/synchronize (DT)
- RC7/RxD/DT



ภาพที่ 2.34 โครงสร้างของพอร์ต C (RC0, RC2, RC5, RC7)



ภาพที่ 2.35 โครงสร้างของพอร์ต C (RC3, RC4)

4) PORTD RD0_RD7 พอร์ต D มีขาสัญญาณจำนวน 8 pins โดยเป็นขาสัญญาณใช้ติดต่อ input/output port และยังทำหน้าที่ขยายพอร์ตแบบขนาน (PSP : Parallel Slave Port)

- | | |
|----------|------------------------------------|
| RD0/PSP0 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 0 |
| RD1/PSP1 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 1 |
| RD2/PSP2 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 2 |
| RD3/PSP3 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 3 |
| RD4/PSP4 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 4 |
| RD5/PSP5 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 5 |
| RD6/PSP6 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |
| | - ขาสัญญาณขยายพอร์ตแบบขนานบิต 6 |
| RD7/PSP7 | - ขาสัญญาณติดต่อ input/output port |

Register	7 bit	6 bit	5 bit	4 bit	3 bit	2 bit	1 bit	0 bit
TRISA	TRISA 7	TRISA 6	TRISA 5	TRISA 4	TRISA 3	TRISA 2	TRISA 1	TRISA 0
PORTA	-	-	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0

* PORTA มีทั้งหมด 6 บิต

ตัวอย่างที่ 6

```

SET_TRIS_A (0XFF) // A5, A4, A3, A2, A1, A0 เป็นขาอินพุต
SET_TRIS_A (0XF0) // A5, A4 เป็นขาอินพุต
// A3, A2, A1, A0 เป็นขาเอาต์พุต
SET_TRIS_A (0X0F) // A5, A4 เป็นขาเอาต์พุต
// A3, A2, A1, A0 เป็นขาอินพุต
SET_TRIS_A (0X00) // A5, A4, A3, A2, A1, A0 เป็นขาเอาต์พุต

```

2.5.2 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 แบบ flash memory มีหน่วยความจำข้อมูล (data memory) แบบ RAM 368 bytes และ EEPROM 256 bytes โดย CPU จะมีการจัดสรรพื้นที่ในการใช้งานทั้งหมด 4 bank ในแต่ละ bank จะมีขนาดสูงสุด 128 bytes โดยในแต่ละ bank จะมีพื้นที่ในการทำงานที่แตกต่างกันการ จัดสรรพื้นที่มีรายละเอียดดังนี้

พื้นที่ bank 0 Address (0x00-0x7F)

address (0x00-0x1F) เป็นพื้นที่ของ register

address (0x20-0x7F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 90 bytes

พื้นที่ bank 1 Address (0x80-0xFF)

address (0x80-0x9F) เป็นพื้นที่ของ register

address (0xA0-0xEF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 80 bytes

address (0xF0-0xFF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ Address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 2 Address (0x100-0x17F)

address (0x100-0x10F) เป็นพื้นที่ของ Register

address (0x110-0x11F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 16 bytes

address (0x120-0x16F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 80 bytes

address (0x170-0x17F) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ address (0x70-0x7F) ใน bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

พื้นที่ bank 3 Address (0x180-0x1FF)

address (0x180-0x18F) เป็นพื้นที่ของ register

address(0x190-0x19F) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปมีขนาด 16 bytes

address (0x1A0-0x1EF) เป็นพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับใช้งานทั่วไปโดยมีขนาด 80 bytes

address (0x1F0-0x1FF) พื้นที่ในการทำงานจะเหมือนกับ address (0x70-0x7F) bank 0 โดยสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

2.5.3.1 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี เนื้อหาในส่วนนี้จะเป็นการทบทวนภาษาซีเฉพาะส่วนที่จำเป็นต้องใช้เท่านั้น ไม่ได้กล่าวถึงทุกความสามารถของภาษาซี แต่น่าจะเพียงพอสำหรับการพัฒนางานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย PIC สำหรับผู้ที่เขียนภาษา C ได้แล้วก็ข้ามบทนี้ไปได้เลย

ตารางที่ 2.13 ตัวดำเนินการเลขคณิตในภาษาซี

ตัวดำเนินการ	ความหมาย	ตัวอย่าง
-	การลบ	$X - Y$
+	การบวก	$X + Y$
*	การคูณ	$X * Y$
/	การหาร	X / Y
%	การหารจะเอาเฉพาะเศษไว้	$8 \% 5 = \text{เศษ } 3 \text{ เป็นผลลัพธ์}$
--	การลดค่าครั้งละ 1	$X --$ หรือ $-- X$ เหมือนกับ $X = X - 1$
++	การเพิ่มค่าครั้งละ 1	$X ++$ หรือ $++ Y$ เหมือนกับ $Y = Y + 1$

ตัวอย่างที่ 7 แสดงการใช้ตัวดำเนินการ

ตัวอย่าง	การประเมินผลตัวดำเนินการ
1. $y = x + (z++)$;	$y = x + z$
2. $y = x + (++z)$;	$y = x + z +$
3. $y+ = z$;	$y = y + z$
4. $y+ = (z++)$;	$y = y + z$
5. $y- = 5$;	$y = -5$
6. $y* = 5$;	$y = y * 5$
7. $y* = 5 * (z++)$;	$y = y * 5 * z$
8. $y/ = z$;	$y = y / z$
9. $y\% = 5$;	$y = y \% 5$

2.5.3.2 ขั้นตอนการทำงานของตัวดำเนินการในภาษาซี ในบางครั้งนิพจน์ประกอบด้วยตัวดำเนินการมากมาย ทำให้เกิดความยุ่งยากในการพิจารณาขั้นตอนการทำงานของตัวดำเนินการ C จึงได้ตั้งกฎเกี่ยวกับลำดับการทำงานก่อนหลังของตัวดำเนินการ (operator)

ตารางที่ 2.14 ลำดับการทำงานของตัวดำเนินการ

ตัวดำเนินการ	ลำดับที่
()	1
++, --	2
* / %	3
+ -	4
+=, -=, *=, /=, %=	5

ตัวอย่างที่ 8 แสดงลำดับการทำงานของตัวดำเนินการ

ตัวอย่าง	ความหมาย
$1+2*3 = 1+6$	ตัวดำเนินการ * อยู่ลำดับสูงกว่า + จึงต้องคูณตัวเลขก่อน ($2*3$) แล้วจึงบวกเลข 1 ตามลำดับ
$6/3+2-1 = 2+2+1 = 3$	ตัวดำเนินการ / อยู่ลำดับสูงกว่า + และ - จึงให้ทำจากซ้ายไปขวา
$6/3+2*3-4 = 2+6-4$	ตัวดำเนินการ / และ * อยู่ลำดับเดียวกัน โดยอยู่สูงกว่า + และ - จึงให้ทำจากซ้ายมือก่อนคือ (/ , *) และ (+ , -) ตามลำดับ

ตารางที่ 2.15 ตัวดำเนินการในภาษาซี

ตัวดำเนินการ (operator)	ความหมาย (description)
()	function call
[]	array element
.	structure member
->	pointer to a structure member
!	logical
~	one's complement
-	minus
++	increment
--	decrement
&	address of
=	contents of

ตัวดำเนินการ (operator)	ความหมาย (description)
*	multiply
/	divide
%	modulus
+	add
<<	(left shift)
>>	(right Shift)
<	less than
<=	less than or equal to
>	greater than
>=	greater than or equal to
==	(equality)
!=	(not equal)
&	bit-by-bit AND
^	bit-by-bit XOR
!	bit-by-bit-OR
&&	logical AND
	logical OR
?:	conditional
=	assignment
* = /= %= +=	compound assignment
-= <<= >>=	compound assignment
&= ^= !=	compound assignment
,	comma operator

2.5.3.3 ตัวแปรและการประกาศตัวแปร ตัวแปร (variable) คือ สิ่งที่ใช้แทนค่าตัวเลข ตัวอักษรหรือข้อความ เพื่อนำมาใช้ประมวลผลตามคำสั่งต่างๆ ในโปรแกรมการประกาศตัวแปร (declaration) คือ การบอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าตัวแปรที่ใช้เป็นชนิดอะไร ชื่ออะไร และเก็บไว้ที่ส่วนไหนของหน่วยความจำ

ตารางที่ 2.16 ประเภทข้อมูลและขนาดของตัวแปร

ประเภทข้อมูล	ขนาด	ค่าที่เก็บได้
Char	ตัวอักษร 8 บิต	รหัสแอสกี
Float	ตัวเลขทศนิยม 32 บิต	3.4×10^{-38} ถึง 3.4×10^{38}
Short	16 bits	0 ถึง 65535
Long	32 bits	0 ถึง 4,294,967,295
Int	8 bits	0 ถึง 255
Int1	1 bit	0,1
Int8	8 bits	0 ถึง 255
Int 16	16 bits	0 ถึง 65535
Int 32	32 bits	0 ถึง 4,294,967,295

2.5.3.4 โครงสร้างของภาษาซี คอมไพเลอร์ไดเรคทีฟ (compiler directive) เป็นส่วน of โปรแกรมที่บอกให้คอมไพเลอร์รวมไฟล์ต่างๆ ที่กำหนดไว้ในส่วนนี้เข้ากับโปรแกรมที่เขียนขึ้น โดยมีรูปแบบดังนี้

```
#include <ชื่อไฟล์.h>
```

เช่น #include <16F877.h>

#include<16F628.h>

#include<stdio.h>

ตัวโปรแกรม (body) เป็นส่วนที่ผู้ใช้ต้องเขียนขึ้นเอง ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ หรือฟังก์ชันต่างๆ รวมกันเป็นโปรแกรม โดยอย่างน้อยต้องมีฟังก์ชัน main () หนึ่งฟังก์ชัน

```
void main (void)
```

```
{
```

```
คำสั่งต่าง ๆ
```

```
}
```

ส่วนคำอธิบายโปรแกรม (comment line)

ส่วนนี้ใช้อธิบายโปรแกรมเพื่อให้ผู้ที่อ่านโปรแกรมเข้าใจโปรแกรมได้ง่ายขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
/* ข้อความอธิบายโปรแกรม */

เช่น      Output_a (0x00) /*กำหนดค่า 00 ฐานสิบหกให้กับ PORTA */ หรือ
          Output_b (0xff) // กำหนดค่า FF ฐานสิบหกให้กับ PORTB
```

ตัวอย่างที่ 6.4 แสดงโปรแกรมภาษาซี และคำอธิบายโปรแกรม

```
1  =====
2  # include <16F877.h>
3  # device adc=8                               //ADC 8 bits (256)
4  # fuses NOWDT, HS, NOPUT, NOPROTECT, BROWNOUT, LVP, NOCPD,
   NOWRT,
   NODEBUG
5  # use delay (clock=10000000)                 //ความถี่สัญญาณนาฬิกา
   10 MHz
6  # use rs232 (baud = 9600, parity = N, xmit = PIN_C6, rcv = PIN_C7, bits =
   9)
7  =====
8  void main ( )
9  {
10  setup_adc_ports (NO_ANALOGS); //ไม่กำหนดพอร์ตเพื่อแปลงสัญญาณ ADC
11  setup_adc (ADC_OFF);          // Analog to Digital off
12  setup_psp (PSP_DISABLED);
13  setup_spi (FALSE);
14  setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1); //set up timer 0
15  setup_timer_1 (T1_DISABLED);          //set up timer 1 disabled
16  setup_timer_2 (T2_DISABLED, 0,1);     //set up timer 2 disabled
17  while (1)
18  {
19  output_a (0x00);                    /*ส่งค่า 00H ออกที่พอร์ต A*/
```

```

20     delay_ms (1000);           /*หน่วงเวลา 1000 msec*/
21     output_a (0xff);           /*ส่งค่า FFH ออกที่พอร์ต A*/
22     delay_ms (1000);           /*หน่วงเวลา 1000 msec*/
23     }
24 }

```

2.5.3.6 คำสั่งควบคุมในภาษาซี คำสั่งที่ใช้ควบคุมในภาษาซีมีอยู่หลายคำสั่ง เช่น คำสั่งวนลูปซ้ำ, คำสั่งทำตามเงื่อนไข เป็นต้น คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

คำสั่ง `goto label` ใช้สั่งให้กระโดดข้ามไปยังคำสั่งอื่นในโปรแกรมได้ทุกที่ แต่คำสั่งนี้มีลักษณะที่ไม่เป็นโครงสร้าง หากใช้มากๆ โดยไม่จำเป็นในโปรแกรมจะทำให้เกิดความยุ่งยากในภายหลัง โดยมีรูปแบบดังนี้

ภาษาซี

```

1  =====
2  # include "C:\Program Files\PICC\testprg\led00.h"
3  =====
4  int k = 0; /*ประกาศตัวแปร k เป็นตัวแปรชนิด Integer โดยให้มีค่าเท่ากับ 0*/
5  byte x; /*ประกาศตัวแปร x เป็นตัวแปรชนิด Byte*/
6  void main ( )
7  {
8     setup_adc_ports (NO_ANALOGS);
9     setup_adc (ADC_OFF);
10    setup_psp (PSP_DISABLED);
11    setup_spi (FALSE);
12    setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1);
13    setup_timer_1 (T1_DISABLED);
14    setup_timer_2 (T2_DISABLED, 0, 1);
15    //=====
16    set_tris_a (0x00); /*กำหนดให้พอร์ต A เป็นเอาต์พุต*/
17    x = 0xfe;
18    start: /* label ชื่อว่า start */
19    {

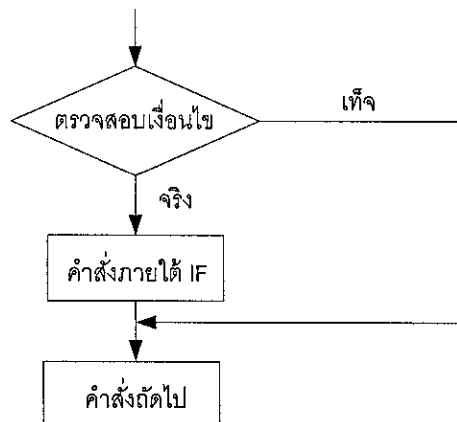
```

```

19     for (k = 0 ; k <= 5; ++k);    /*หน่วงเวลาด้วยการเพิ่มค่าให้กับตัวแปร
k*/
20     {
21     delay_ms (1000);
22     output_a (x);
23     delay_ms (1000);
24     rotate_left (&x,1); /*Shift Bit ไปทางซ้ายทีละ 1 Bit*/
25     }
26 }
27 go to start; /*โปรแกรมบังคับให้กระโดดไปที่ label start แบบไม่รู้จบ */
28 }

```

คำสั่ง if แบบทางเดียว ใช้ตรวจสอบนิพจน์เงื่อนไข ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเงื่อนไขมีค่าเป็น 1 คอมพิวเตอร์ทำคำสั่งหลังนิพจน์เงื่อนไขทันที



ภาพที่ 2.39 แสดงคำสั่ง if แบบทางเดียว

รูปแบบ

```

if (นิพจน์เงื่อนไข)
    คำสั่ง ;

```

เช่น

```

if (x < y)

```

```
printf ("%f < %f \n", x, y);
```

กรณีที่ต้องการทำงานตามเงื่อนไขครั้งละหลายๆ คำสั่งมีรูปแบบการเขียนโปรแกรม ดังนี้

รูปแบบ

```
if (นิพจน์เงื่อนไข)
{
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    -
    -
    คำสั่งที่ n ;
}
```

เช่น

```
if(x<y)
{
    clrscr();
    gotoxy(20, 5);
    printf("%f<%f\n", x, y);
}
```

คำสั่ง if แบบสองทาง ใช้กำหนดเงื่อนไขด้วยตัวดำเนินการเปรียบเทียบ แล้วสั่งให้คอมพิวเตอร์ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

รูปแบบ

```
if (นิพจน์เงื่อนไข) {
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
}
}
คอมพิวเตอรืจะปฏิบัติตาม
คำสั่งกลุ่มนี้หากนิพจน์
```

```

    คำสั่งที่ n ;
}
else {
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    คำสั่งที่ n ;
}

```

คอมไพเลอร์จะปฏิบัติตามคำสั่ง

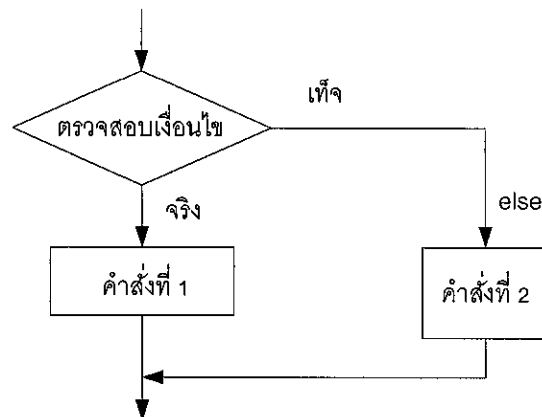
เช่น

```
if(x<y)
```

```

{
    clrscr();
    gotoxy(20, 10);
    printf("%f<%f\n", x, y);
}
else
{
    clrscr();
    gotoxy(20, 10);
    printf("%f >= %f\n", x, y);
}

```



ภาพที่ 2.40 แสดงคำสั่ง if แบบสองทาง

จากไดอะแกรมหากคอมพิวเตอร์พบนิพจน์เงื่อนไขที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นจริง จะไปปฏิบัติตามชุดคำสั่งที่ 1 หากได้ผลลัพธ์เป็นเท็จ จะทำงานตามชุดคำสั่งที่ 2 โดยคอมพิวเตอร์จะต้องเลือกปฏิบัติตามเงื่อนไขเพียงคำสั่งเดียวเท่านั้น

คำสั่ง if แบบหลายทาง คำสั่ง if แบบนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องการทำคำสั่งหลาย ๆ ชุดจากนิพจน์เงื่อนไขหลาย ๆ แบบโดยมีการตรวจสอบนิพจน์เงื่อนไขแต่ละเงื่อนไขก่อน หากเงื่อนไขใดเป็นจริง คอมพิวเตอร์จะทำตามคำสั่งภายใต้เงื่อนไขที่เป็นจริง แล้วจะข้ามเงื่อนไขอื่น ๆ ไปทั้งหมด แต่ถ้านิพจน์เงื่อนไขแรกๆ เป็นเท็จ คอมพิวเตอร์จะตรวจสอบเงื่อนไขถัดไป หากทุกเงื่อนไขเป็นเท็จหมด เครื่องจะปฏิบัติตามชุดคำสั่งที่อยู่นอกเหนือเงื่อนไขที่กำหนดขึ้น

รูปแบบ

```

if (นิพจน์เงื่อนไขที่ 1)
{
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    -
    คำสั่งที่ n ;
}
else if (นิพจน์เงื่อนไขที่ 2)
{
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    -
    -
}
  
```

คอมพิวเตอรืปฏิบัติงานตามคำสั่งกลุ่มนี้

นี่

คอมพิวเตอรืปฏิบัติงานตามคำสั่งกลุ่มนี้
เมื่อนิพจน์เงื่อนไขที่ 2 เป็นจริง

```

    คำสั่งที่ n ;
    }
else if (นิพจน์เงื่อนไขที่ n)
    {
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    -
    -
    } คอมพิวเตอร์ปฏิบัติงานตามคำสั่ง
    คำสั่งที่ n ;                          กลุ่มนี้
                                          เมื่อนิพจน์เงื่อนไขที่ n เป็นจริง
    }

else
    {
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    -
    -
    คำสั่งที่ n ;
    }

```

เช่น

```

if (x < y)
    {
        clrscr ( );
        gotoxy (20, 10);
        printf ("%f < %f \n", x, y);
    }
else if ((x > y) && (x > 0))
    {

```

```

clrscr ( );
gotoxy (20, 10);
printf ("%f > %f and x > 0 \ n", x, y);
}
else
{
clrscr ( );
gotoxy (20,10);
printf ("%f = %f \ n", x, y);
}

```

คำสั่ง for คำสั่งนี้จะถูกนำมาใช้ในกรณีที่ต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำงานซ้ำโดยจะต้องทราบค่าจำนวนครั้ง หรือเงื่อนไขที่แน่นอนเพื่อควบคุมให้โปรแกรมหยุดทำงานซ้ำ

รูปแบบ

```

for (กำหนดค่าเริ่มต้น ; นิพจน์เงื่อนไข ; ปรับค่าตัวนับเพิ่มหรือลด)
{
คำสั่งที่ 1 ;
คำสั่งที่ 2 ;
-
-
คำสั่งที่ n ;
}

```

เช่น

```

for (X = 0 ; X < =10; X++)      /*ค่า
เพิ่มขึ้น*/

for (X = 10 ; X > =0; X--)      /*ค่า
ลดลง*/

```

คำสั่ง for แบบลูปซ้อนลูป ในกรณีที่ต้องการประมวลผลงานที่มีลักษณะเป็น 2 มิติ จำเป็นที่จะต้องใช้คำสั่ง for แบบลูปซ้อนลูป ตัวอย่างเช่น หากต้องการบวกเมตริก A ขนาด 4 x 4 กับเมตริก B ขนาด 4 x 4

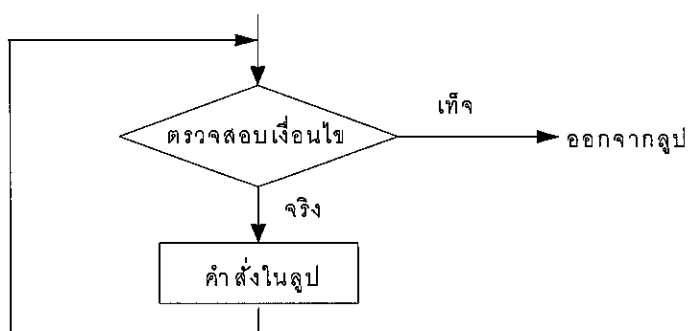
เช่น

```

for (X = 0; X < 10 ; X++)
{
    for (Y = 0; Y < 10 ; Y++)
    }

```

คำสั่ง while คำสั่งนี้เหมาะที่จะนำมาใช้เมื่อต้องการตรวจสอบเงื่อนไขก่อน ถ้าเงื่อนไขเป็นจริง จะเข้าไปทำงานตามคำสั่งในลูป การวนรอบในลูปจะมีจำนวนรอบกี่รอบก็ได้ การใช้คำสั่งนี้ต้องไม่ลืมเขียนคำสั่งสำหรับปรับเงื่อนไขให้เป็นเท็จเมื่อต้องการออกจากลูป มิฉะนั้นคอมพิวเตอร์จะทำงานอยู่ในลูปตลอดไปแบบไม่รู้จบ



ภาพที่ 2.41 แสดงคำสั่ง while

รูปแบบ

```
while (นิพจน์เงื่อนไข)
{
    คำสั่งที่ 1 ;
    คำสั่งที่ 2 ;
    -
    -
    คำสั่งที่ n ;
}
```

เช่น

```
x = 1 ;
while (x < 10)
{
    beep=1;
    delay (100);
    beep=0;
    delay (100);
}
```

ในกรณีที่มีคำสั่งเดียวไม่จำเป็นต้องมีเครื่องหมาย { }


```

a++;

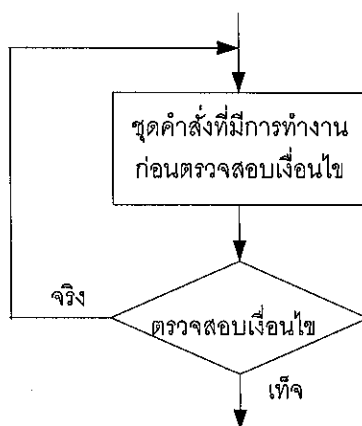
gotoxy (20, 10);

printf ("%d %d %d \n", a, b, c);

}

```

คำสั่ง `do while` คำสั่งนี้มีลักษณะคล้ายกับคำสั่ง `while` ต่างกันตรงที่คอมไพเลอร์ จะทำคำสั่งในลูปก่อน 1 ครั้งแล้วจึงตรวจสอบนิพจน์เงื่อนไข หากนิพจน์เงื่อนไขเป็นจริง จะกลับไปทำคำสั่งในลูปอีก แต่ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จ จะออกจากลูปไปทำงานที่คำสั่งถัดไปทันที



ภาพที่ 2.42 คำสั่ง `do while`

รูปแบบ

```

do
{
    คำสั่ง ;
}
while (ตรวจสอบเงื่อนไข)

```

จากที่กล่าวมาแล้ว การใช้ลูปซ้อนลูปอาจใช้โครงสร้างลูปนอกและลูปในเป็นคนละคำสั่งกันก็ได้ เช่น ลูปในอาจใช้คำสั่ง `while` ลูปนอกใช้คำสั่ง `do while` หรืออาจใช้ลูปนอกเป็นคำสั่ง `while` ลูปในใช้คำสั่ง `for` เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้เขียนโปรแกรม

คำสั่ง do while แบบลูปซ้อนลูป

คำสั่ง do while แบบลูปซ้อนลูปจะต่างจากคำสั่ง while แบบลูปซ้อนลูป คือ การทำงานในลูปนอกหรือลูปใน จะต้องทำงานอย่างน้อย 1 ครั้งเสมอ ผู้เขียนโปรแกรมไม่สามารถบังคับหรือควบคุมให้ผ่านลูปไปทำคำสั่งถัดไปได้เหมือนกรณีของคำสั่ง while ถึงแม้ว่าเงื่อนไขครั้งแรกจะเป็นเท็จก็ตาม

รูปแบบ กำหนดให้คำสั่ง do while แบบลูปซ้อนลูปมีเงื่อนไขดังนี้

รอบที่	A	B	C
1	1	1	5
2	1	2	7
3	1	3	9
4	2	4	11
5	3	5	13
6	4	6	15

เช่น

```

c = 5;
a = b = 1;
do
{
    do
    {
        gotoxy (20, 10);
        printf ("%d %d %d \
n", a, b, c);
        c = c + 2;
        b = b++;
    }
}

```

```

while (b < 4);

    a++

}

while (a < 5);

```

จากที่กล่าวมาแล้ว การใช้ลูปซ้อนลูปอาจใช้โครงสร้างลูปนอกและลูปในเป็นคนละคำสั่งกันก็ได้ เช่น ลูปในอาจใช้คำสั่ง while ลูปนอกใช้คำสั่ง do while หรืออาจใช้ลูปนอกเป็นคำสั่ง while ลูปในใช้คำสั่ง for เหล่านี้ เป็นต้น ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้เขียนโปรแกรม

คำสั่ง switch มีลักษณะคล้ายกับคำสั่ง if แบบหลายทางผัดกันตรงที่เมื่อนิพจน์เงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่งเป็นจริง แล้วคอมพิวเตอร์จะปฏิบัติตามคำสั่งชุดนั้น และชุดคำสั่งอื่นๆ ถัดไปได้ด้วย ถ้าชุดคำสั่งนั้นไม่มีคำสั่งbreak ต่อท้ายในแต่ละชุด ส่วนนิพจน์เงื่อนไขในการทดสอบ จะต้องเป็นตัวอักษร หรือตัวเลขจำนวนเต็มเท่านั้น เช่น char, int, short long เป็นต้น

รูปแบบ

```

switch (นิพจน์เงื่อนไข)
{
    case นิพจน์เงื่อนไขที่ 1;
        คำสั่งชุดที่ 1;
        break;
    case นิพจน์เงื่อนไขที่ 2;
        คำสั่งชุดที่ 2;
        break;
        -
        -
    case นิพจน์เงื่อนไขที่ n;
        คำสั่งชุดที่ n;
        break;
}

```

อะเรย์ (array) เมื่อต้องการประกาศตัวแปรหลายๆ ตัว เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลหรือแสดงผล สามารถใช้ตัวแปรอะเรย์ (array) เก็บกลุ่มของตัวแปรดังกล่าวได้ เพราะตัวแปรแบบอะเรย์สามารถเก็บตัวแปรได้จำนวนมากและยังเข้าถึงกลุ่มข้อมูลได้รวดเร็ว โดยมีรูปแบบดังนี้

รูปแบบที่ 1

```
ชนิดของตัวแปร ชื่ออะเรย์ [ขนาดของอะเรย์]
char number [5];
```

เป็นการประกาศตัวแปรอะเรย์ number จำนวน 5 ตัว ซึ่งเป็นตัวแปรชนิดจำนวนเต็ม ขนาด 8 บิต โดยแต่ละตัวจะเก็บข้อมูลได้ 1 ไบต์ ซึ่งตัวแปรอะเรย์ สามารถเก็บค่าได้ดังนี้

number[0]	number[1]	Number[2]	number[3]	number[4]
1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte

รูปแบบที่ 2

```
int number[5] = {0, 1, 2, 3, 4};
```

เป็นการประกาศตัวแปรอะเรย์ จำนวน 5 ตัว คือ number[0] ถึง number[4] โดยให้ตัวแปรอะเรย์มีค่าเท่ากับ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

number[0]	number[1]	Number[2]	number[3]	number[4]
0	1	2	3	4

รูปแบบที่ 3

```

unsigned char number [ ] = {D, E, C,
H, R, I, T};

unsigned char number [ ] =
"DECHRIT";

```

เป็นการประกาศตัวแปรอะเรย์ number ที่ไม่มีการระบุขนาดของอะเรย์ ในระบบจะจองหน่วยความจำเท่ากับค่าที่ประกาศไว้ คือ number [0] จะเก็บค่า D, number [1] จะเก็บค่า E, จนถึง number [6] จะเก็บค่า T โดยมีขนาด 1 ไบต์ ตามลำดับ

number[0]]	number[1]]	number[2]]	Number[3]]	number[4]]	number[5]]	number[6]]
D	E	C	H	R	I	T

ตัวอย่างที่ 9 การเรียกใช้ฟังก์ชันอะเรย์

ภาษาซี

```

1  =====
2  # include "C:\Program Files\PICC\testprg\7-segment.h"
3  =====
4  byte data [11] = {0x40, 0x79, 0x24, 0x30, 0x19, 0x12, 0x02, 0x78, 0x00,
   0x10};
5  byte k; //ประกาศตัวแปร k ประเภทข้อมูล
   byte
6  void main ( )
7  {

```

```

8   setup_adc_ports (NO_ANALOGS);
9   setup_adc (ADC_OFF);
10  setup_spi (FALSE);
11  setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1);
12  setup_timer_1 (T1_DISABLED);
13  setup_timer_2 (T2_DISABLED, 0, 1);
14  k = 0;                                     //กำหนดค่าเริ่มต้นเท่ากับ
    0
15  while (1)
16  {
17      while (k<=9)                           //กำหนดค่า k น้อยกว่า
        หรือเท่ากับ 9
18      {
19          output_d (data [k]);                //นำค่าตัวแปรอะเรย์
        แสดงผลออกที่พอร์ต D
20          delay_ms (1000);                    //หน่วงเวลาเท่ากับ 1000
        msec
21          k++;                                //ให้ตัวแปร k นับบวกขึ้นทีละ 1
22      }
23      k--;
24      while (k>0)
25      {

```

```

26      output_d (data [k]);          //นำค่าตัวแปรอะเรย์แสดงผลออกที่
      พอร์ต D
27      delay_ms (1000);
28      k--;                          //ให้ตัวแปร k นับลดลงทีละ 1
29      }
30  }
31 }

```

คำสั่งที่ใช้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC การเขียนโปรแกรมภาษา C เพื่อใช้พัฒนางานด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้เขียนจำเป็นต้องเข้าใจโครงสร้างของภาษา และไวยากรณ์ (syntax) ว่ามีลักษณะการเขียนอย่างไรเพราะคอมไพเลอร์ (compiler) แต่ละบริษัทผู้ผลิตจะไม่เหมือนกันเช่น การประกาศตัวแปร

```

Microcontroller PIC :
- #define row1 Pin_a0 // การประกาศบิต
- output_high (row1) // การ set ค่า logic สูงเท่ากับ 1
- output_low (row1) // การ set ค่า logic ต่ำเท่ากับ 0
- delay_ms (500) // การหน่วงเวลา

Microcontroller MCS-51
- sbit row1 = P1^0 // การประกาศบิต
- row1 = 1 // การ set ค่า logic สูงเท่ากับ 1
- row1 = 0 // การ set ค่า logic ต่ำเท่ากับ 0
- delay (500) // การหน่วงเวลา

```

รูปแบบ คำสั่งทั่วไปที่ใช้กับ microcontroller PIC

ชนิดคำสั่ง	ความหมายของคำสั่ง
# Include <16F877.h>	เป็นการประกาศ preprocessor PIC16F877
#Include	ประกาศใช้ source file driver.c
"D:\test\Driver.c	ประกาศ directive เพื่อส่งข้อมูลทางพอร์ต RS232

# use rs 232 ()	กำหนดให้ start เท่ากับ Pin_a0
# define start Pin_a0	กำหนดให้ stop เท่ากับ Pin_b0
# define stop Pin_b0	กำหนดให้ column1 เท่ากับ Pin_c0
#define column 1	กำหนดให้ row1 เท่ากับ Pin_d0
Pin_c0	กำหนดให้ lamp เท่ากับ Pin_e0
# define row1 Pin_d0	ประกาศตัวแปร k ชนิด int มีค่าเท่ากับ 0
# define lamp Pin_e0	ประกาศตัวแปร flag เป็นตัวแปรชนิด int1 (0,1)
int k=0	ประกาศตัวแปร return เป็นตัวแปรชนิด int 16 (0-65535)
int flag	ประกาศตัวแปร K ตัวแปรชนิด char
int16 Return	ประกาศตัวแปร X ตัวแปรชนิด byte
char k	Function Prototype
byte x	เรียก function RUN_RETURN
void Limit (void)	กำหนดพอร์ต A ให้เป็น Output
RUN_RETURN ()	กำหนดพอร์ต A, RA5, RA4 เป็น Input, RA3, RA2, RA1, RA0
Set_tris_a (0x00)	เป็น Output
Set_tris_a (0xF0)	ตัวแปร data เป็นตัวแปร array ขนาด 11 ตัว
	ให้พอร์ต D แสดงตัวแปร array ตัวเลข 0
Byte data [11]	กำหนดให้ส่งค่า 00H ออกที่พอร์ต A
Output_d (data [0])	กำหนดให้ส่งค่า FFH ออกที่พอร์ต A
Output_a (0x00)	set ค่า column1 logic สูง มีค่าเท่ากับ 1
Output_a (0xff)	set ค่า column1 logic ต่ำ มีค่าเท่ากับ 0
Output_high (column1)	set ค่า row1 logic สูง มีค่าเท่ากับ 1
Output_low (column1)	set ค่า row1 logic ต่ำ มีค่าเท่ากับ 0
Output_high (row1)	ประกาศตัวแปรโครงสร้างของ lcd_pin map
Output_low (row1)	หน่วงเวลา 2000 msec
Struct lcd_pin map { }	
Delay_ms (2000)	

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิภา แซ่เขี้ย และ อ.ลัทพณา กิจรุ่งโรจน์ ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังบริเวณก้นกบของผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี ขณะนอนบนเบาะโรงพยาบาลและเสื่อกระจุต” ได้พบว่า เมื่อทดลองโดยการวัดอุณหภูมิบริเวณก้นกบของกลุ่มตัวอย่างเมื่อนอนบนเสื่อกระจุตเปรียบเทียบกับนอนบนเบาะโรงพยาบาล ปรากฏว่าการนอนบนเสื่อกระจุตจะทำให้อุณหภูมิผิวหนังของกลุ่มตัวอย่างลดลงต่ำกว่าการนอนบนเบาะโรงพยาบาล เนื่องจากเสื่อกระจุตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านจากหัตถกรรมชาติ มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ และมีความพรุนสูง

จากการทดลองให้กลุ่มตัวอย่างนอนหงายบนเบาะของโรงพยาบาลและบนเสื่อกระจุตในเวลา 120 นาทีเท่ากัน พบว่าหากนอนบนเบาะโรงพยาบาลอุณหภูมิผิวหนังจะอยู่ที่ 36.40 องศาเซลเซียส และ 35.19 องศาเซลเซียส เมื่อนอนบนเสื่อกระจุต ตัวเลขแสดงความแตกต่างนี้นับว่าน่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากชี้ให้เห็นว่าเสื่อกระจุตช่วยให้อุณหภูมิผิวหนังเย็นลงกว่าการนอนบนเบาะโรงพยาบาล และช่วยลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดแผลกดทับได้อีกด้วย

เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี (2550) ได้ศึกษางานวิจัยเพื่อการพัฒนากระบวนการการออกแบบเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์กระจุตโดยการจัดการของชุมชน พบว่า การดำเนินการดังกล่าวเป็นการส่งเสริมให้ท้องถิ่นได้ใช้ภูมิปัญญาของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ ภารกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏทุกแห่งในประเทศไทย ตามที่พระราชบัญญัติของมหาวิทยาลัยราชภัฏ มาตราที่ 7 และมาตราที่ 8 ซึ่งมีแนวคิดเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น เสริมสร้างพลังปัญญาของแผ่นดิน พื้นฟูพลังการเรียนรู้ เชิดชูภูมิปัญญาของท้องถิ่น สร้างสรรค์ศิลปวิทยา เพื่อความเจริญก้าวหน้าอย่างมั่นคงและยั่งยืนของปวงชน มีส่วนร่วมในการจัดการ การบำรุงรักษา การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลและยั่งยืน (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2547) ซึ่งกระบวนการในการวิจัยถือเป็นพันธกิจหนึ่งของมหาวิทยาลัยในท้องถิ่นที่เป็นผู้ผลิตบัณฑิตในทุกระดับ เป็นการแสวงหาความจริงเพื่อสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการ บนพื้นฐานของภูมิปัญญาท้องถิ่น ภูมิปัญญาไทย และภูมิปัญญาสากล ร่วมกันหาแนวทางพัฒนาเทคโนโลยีพื้นบ้านและเทคโนโลยีสมัยใหม่ให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพของคนในท้องถิ่น อีกทั้งสามารถนำความรู้จากการศึกษาไปส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตในชุมชน เพื่อช่วยให้คนในท้องถิ่นรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง ตลอดถึงเข้าใจในคุณค่า ความสำนึก และความภาคภูมิใจในวัฒนธรรมของท้องถิ่นและของชาติ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาบริบททางภูมิปัญญาท้องถิ่นของจังหวัดสุราษฎร์ธานี และหาแนวทางและรูปแบบของกระบวนการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เสื่อกระจุต ที่มีต้นทุนในการผลิตต่ำและทำให้มีมูลค่าเชิงพาณิชย์น้อย เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาเชิงบูรณาการสำหรับนำไปเป็นแนวทางของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งถือว่าเป็นการบริหารจัดการต้นทุนการผลิตของท้องถิ่น การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน อันจะส่งผลทำให้ประเทศชาติมีความมั่นคงในเศรษฐกิจ ถ้า

หากเศรษฐกิจระดับรากหญ้ามีความมั่นคงแข็งแรง ยืนอยู่บนพื้นฐานของการดำรงชีวิตตามแบบฉบับของปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ตามแนวคิดของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ผลการวิจัยสามารถนำไปปรับใช้และบูรณาการให้เกิดประโยชน์กับชุมชนหรือท้องถิ่นอื่นได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการนำสิ่งใดไปใช้จะต้องมีการปรับ ประยุกต์และบูรณาการให้เกิดความเหมาะสมกับสภาพชีวิตและบริบทของท้องถิ่นนั้น ๆ เพื่อที่จะทำให้ผลงานวิจัยเกิดคุณค่าอย่างแท้จริง

ผลการทดลองการนำกระจูดไปใช้สร้างมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอื่น เช่น โตะ ตู เก้าอี้ ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล ซึ่งผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบได้ให้ความคิดเห็นไว้ 4 ด้านด้วยกัน คือ

1. ความเหมาะสมในการใช้วัสดุ แผ่นกระจูดสานเป็นภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างอเนกอนันต์ การนำมาประกอบและตกแต่งบนผลิตภัณฑ์ประเภทตู้ ทั้งตู้เก็บของ ตู้อาหาร หรือตู้เสื้อผ้า ตามแนวคิดที่ชุมชนผู้ผลิตออกแบบนั้นเป็นการประยุกต์ใช้แผ่นเสื่อมาประกอบกับไม้ ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่า วัสดุทั้งสองอย่างสามารถใช้ร่วมกันได้ดี แต่ต้องพิจารณาถึงหน้าที่ใช้สอยเป็นสำคัญ เพราะโครงสร้างของแผ่นสานจากกระจูดนั้นไม่แข็งแรงเท่ากับโครงสร้างของหวายสาน มีส่วนดีในด้านการระบายอากาศ และไม่เกิดความอับชื้น ส่วนการนำมาประยุกต์ใช้ประกอบกับเครื่องเรือนประเภทโตะ ใช้ประกอบเป็นส่วนของผิวหน้าของโตะ ก็สามารถใช้งานได้ดีในระดับหนึ่ง อาจมีข้อจำกัดอยู่บ้างหากได้รับความเปียกชื้นจากน้ำ จะทำให้เกิดเชื้อรา หรือมีความจำกัดในด้านอายุการใช้งาน แต่ผู้ผลิตก็ได้หาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยการเพิ่มวัสดุกระจกเป็นวัสดุป้องกัน ซึ่งก็สามารถแก้ไขปัญหาการใช้งานได้ระดับหนึ่ง หรือหากได้ศึกษาว่าจะใช้วิธีการใดในการที่จะให้แผ่นกระจูดสานมีความคงทนมากยิ่งขึ้น ไม่มีปัญหาเมื่อถูกความชื้น หรือไม่แห้งกรอบได้ง่ายเมื่ออากาศร้อน มีความคงสภาพของสี รวมทั้งความยืดหยุ่นของตัววัสดุแผ่นกระจูดสาน ก็จะช่วยให้ผลิตภัณฑ์จากกระจูดสานมีคุณค่า น่าสนใจมากยิ่งขึ้น

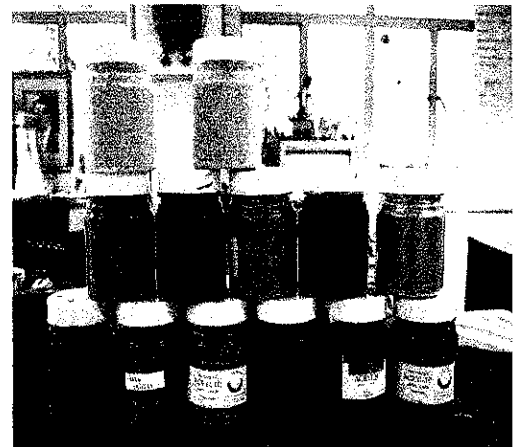
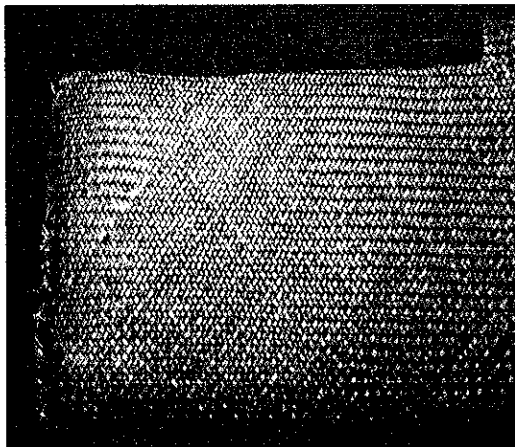
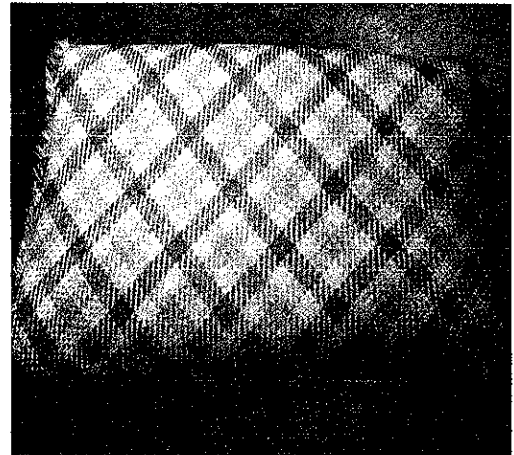
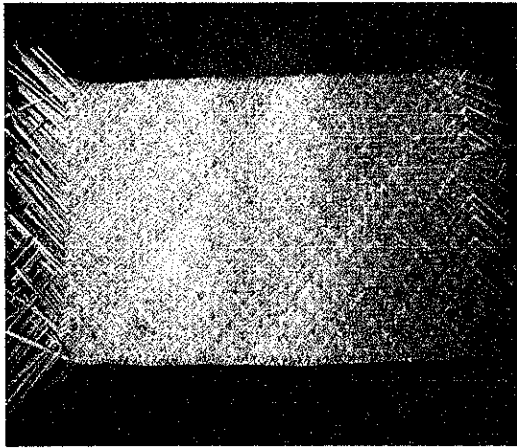
2. ความเหมาะสมในประโยชน์ใช้สอย ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นว่าผลิตภัณฑ์กระจูดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความผูกพันกับวิถีชีวิตของชุมชนมานาน จนเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน แนวความคิดในการนำกระจูดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้พัฒนาเป็นลำดับ มีความหลากหลาย ทั้งการพัฒนาวิธีการผลิตและการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์กระจูดเท่าที่พบเห็นส่วนมากจะเป็นการพัฒนาโดยการนำเอากระจูดมาสานให้เกิดลวดลายต่าง ๆ การย้อมสีเส้นกระจูดและนำมาขึ้นรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น เสื่อ กระเป๋า หมอน ฯลฯ แต่สำหรับรูปแบบใหม่ที่ผู้ผลิต ได้พัฒนาขึ้นใหม่นี้ ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่า มีการผสมผสานการใช้แผ่นเสื่อกระจูดมาประกอบกับการพัฒนาเครื่องเรือนทำให้เกิดภาพลักษณ์ของเครื่องเรือนใหม่นั้น มีความเป็นไปได้ในด้านการสร้างสรรค์ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ใช้สอยได้ ใช้งานได้ดี เทียบเคียงได้กับการใช้วัสดุหวายหรือไม้ไผ่ที่ทำกันมานานแล้ว ส่วนแนวคิดในการนำแผ่นเสื่อกระจูดมาประกอบ

เป็นเบาหรืองั่งของเก้าอี้ นั้น มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ เพราะเห็นว่าเป็นกระบวนการที่ง่ายและไม่ยุ่งยากในการขึ้นรูป ถ้ามองในแง่ที่ว่า แผ่นกระจุตสานที่ใช้ทำหน้าที่เป็นเบาหรืองั่งได้ดี มีสัมผัสที่นุ่มนวลเหมือนวัสดุอื่นเนื่องจากคุณสมบัติในด้านความยืดหยุ่นของตัววัสดุ

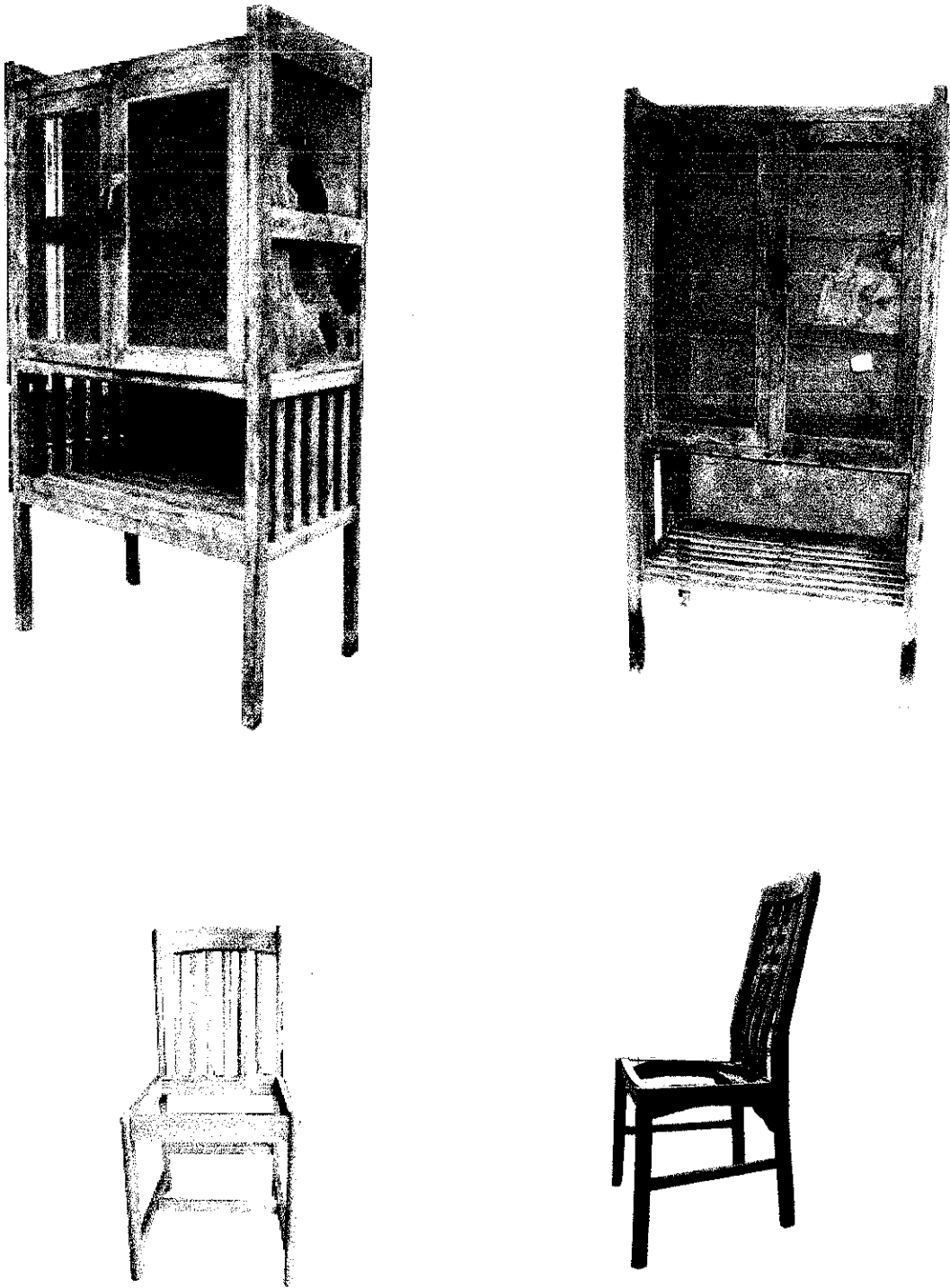
3. ความเหมาะสมในด้านความงาม การใช้แผ่นเสื่อกระจุตประกอบกับการปรับปรุงเครื่องเรือนเก่ามาผสมผสานกันทางความงาม มีความเหมาะสม โดยเฉพาะการนำวิธีการเขียนสีอะคริลิคบนวัสดุแผ่นกระจุตสาน เป็นของแปลกใหม่และมีความคิดสร้างสรรค์ แต่ควรมีการศึกษาถึงวิธีการเขียน และประเภทของสีที่ใช้ เพราะปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตสีมีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว การเลือกใช้อย่างเหมาะสมจึงเป็นเรื่องสำคัญ การนำแผ่นเสื่อกระจุตมาเขียนสีให้เป็นรูปภาพหรือลวดลาย เป็นการผสมผสานการใช้ทักษะทางด้านจิตรกรรมร่วมกับทักษะทางด้านหัตถกรรม ทำให้เกิดความงามรูปแบบใหม่ที่นำเสนอได้ สามารถนำมาตกแต่งประกอบกับเครื่องเรือนประเภทตู้และโต๊ะที่มีความเหมาะสม จึงทำให้รูปลักษณ์ของเครื่องเรือนใหม่มีความสวยงามแปลกตา ทั้งนี้จะสามารถสร้างความงามของผลิตภัณฑ์ใหม่ได้อย่างหลากหลาย ส่วนการใช้แผ่นเสื่อกระจุตมาประกอบเป็นเบาหรืองั่งของเก้าอี้ นั้นไม่สามารถเขียนสีตกแต่งได้ เพราะการสัมผัสด้วยน้ำหนักที่กดทับมาก ๆ จะทำให้สีหลุดลอกได้ง่าย ทำให้ขาดความสวยงาม อายุการใช้งานสั้น แต่ในด้านแนวคิดที่นำมาใช้เป็นเบาหรืองั่งเก้าอี้ นั้นมีความเหมาะสมดี โดยเฉพาะเรื่องของผิวสัมผัสที่มีความนุ่มนวล

4. ความเหมาะสมในการตลาด ผู้เชี่ยวชาญมีแนวคิดว่ามีความเหมาะสมดีเพราะ เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์นั้นเป็นการนำของเก่ามาประยุกต์ ปรับปรุง เพิ่มค่าหรือตกแต่งโดยเน้นวัสดุที่มีในท้องถิ่น โดยเฉพาะปัจจุบันนี้ ตลาดกำลังนิยมของเก่าของโบราณ เพราะฉะนั้น น่าจะเป็นตลาดสำหรับกลุ่มลูกค้าที่มีการแข่งขันในเมืองใหญ่ๆ หรือแหล่งท่องเที่ยวอย่างจังหวัดสุราษฎร์ธานี งานตกแต่งเน้นแนวผสมผสานวัสดุธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์นี้ก็ถือเป็นตัวเลือกในทางหนึ่งที่มีรูปแบบไม่หวือหวามาก ราคาไม่สูงจนเกินที่ตลาดจะรับได้ ตลาดแนวนี้ก็จะอยู่ตามจังหวัดที่มีการท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ น่าจะเป็นทางเลือกที่จะเปิดตัวได้ ส่วนตลาดในเมืองนั้นอาจจะต้องปรับปรุงเรื่องโครงสร้างของวัสดุมากขึ้น เพราะตลาดในเมืองจะเป็นรูปแบบที่ต้องการความแปลกใหม่ และการใช้งานได้จริงอย่างแข็งแรงและทนทาน

จากการดำเนินการขั้นตอนการอบรมเชิงปฏิบัติการด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์กลุ่มตัวอย่าง ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์พื้นฐานและมีการขึ้นรูปที่ง่ายคือ เสื่อ ต้องการใช้วัตถุดิบเสริมในชุมชนมาเป็นวัสดุในการออกแบบและตกแต่ง เพื่อให้มีมูลค่าเพิ่ม ด้วยวิธีการตกแต่งลวดลายให้ผลิตภัณฑ์มีสีสันสวยงามมากกว่าเป็นผลิตภัณฑ์สีพื้น ๆ



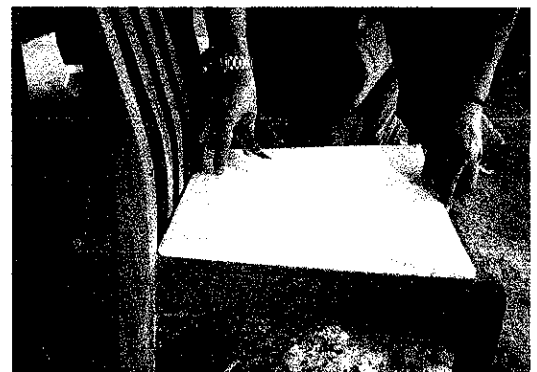
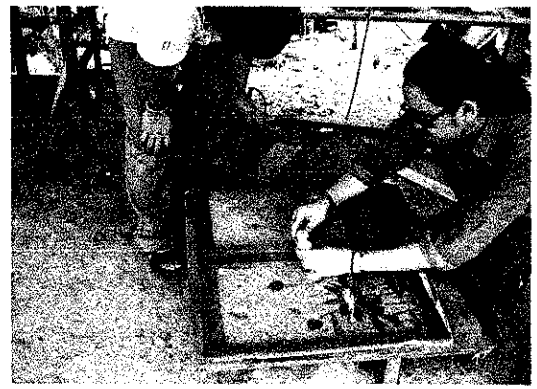
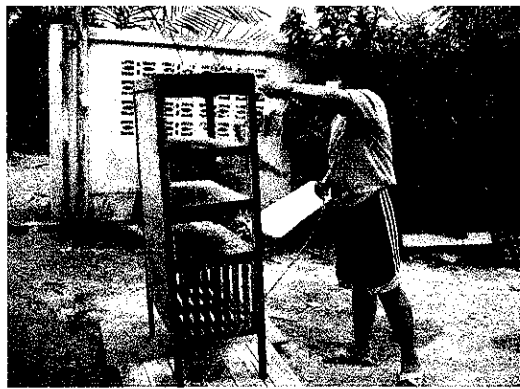
ภาพที่ 2.43 วัสดุสำคัญในการออกแบบพัฒนาและตกแต่งผลิตภัณฑ์



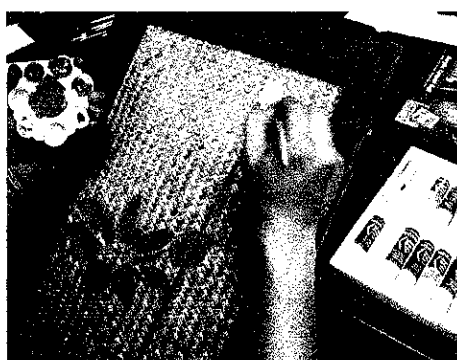
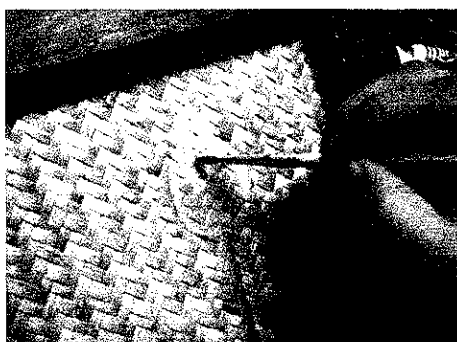
ภาพที่ 2.44 ผลิตภัณฑ์เก่าที่นำมาทำเป็นต้นแบบในการพัฒนา



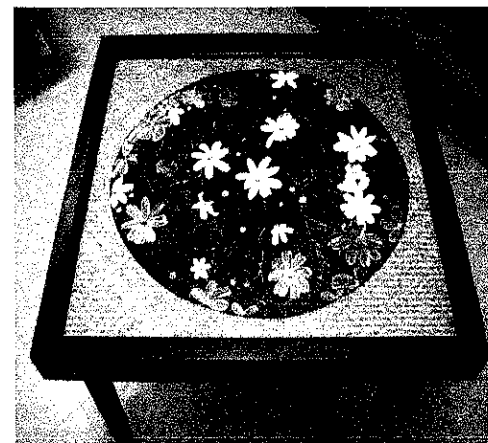
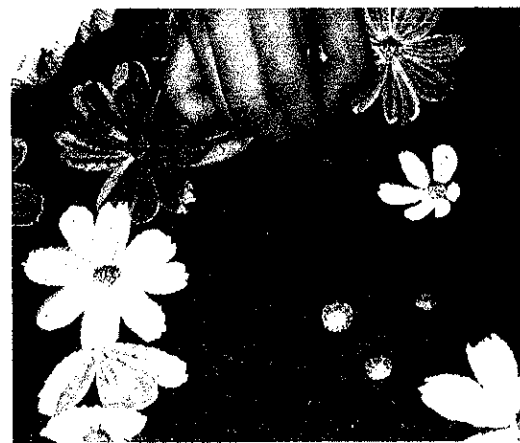
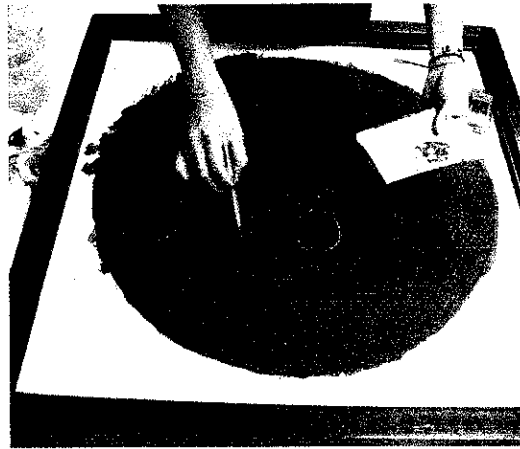
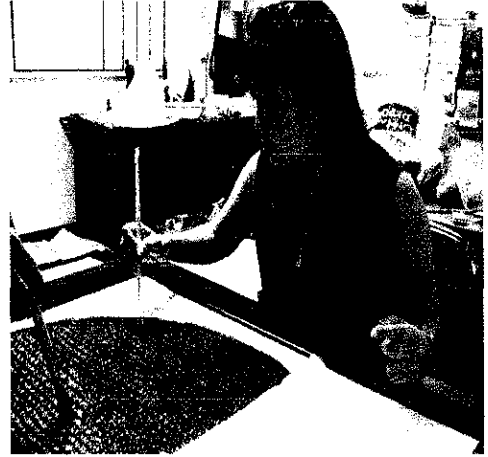
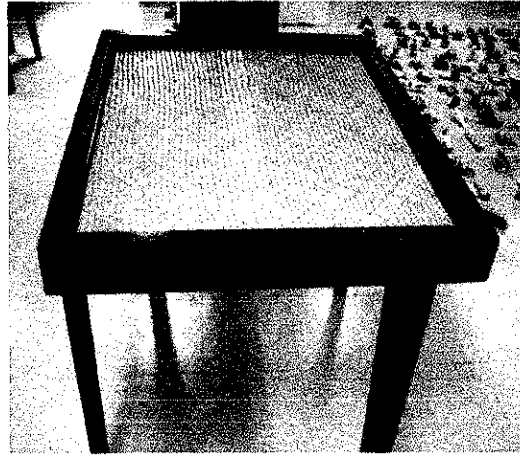
ภาพที่ 2.45 การสอนงานพัฒนาผลิตภัณฑ์กับชุมชน



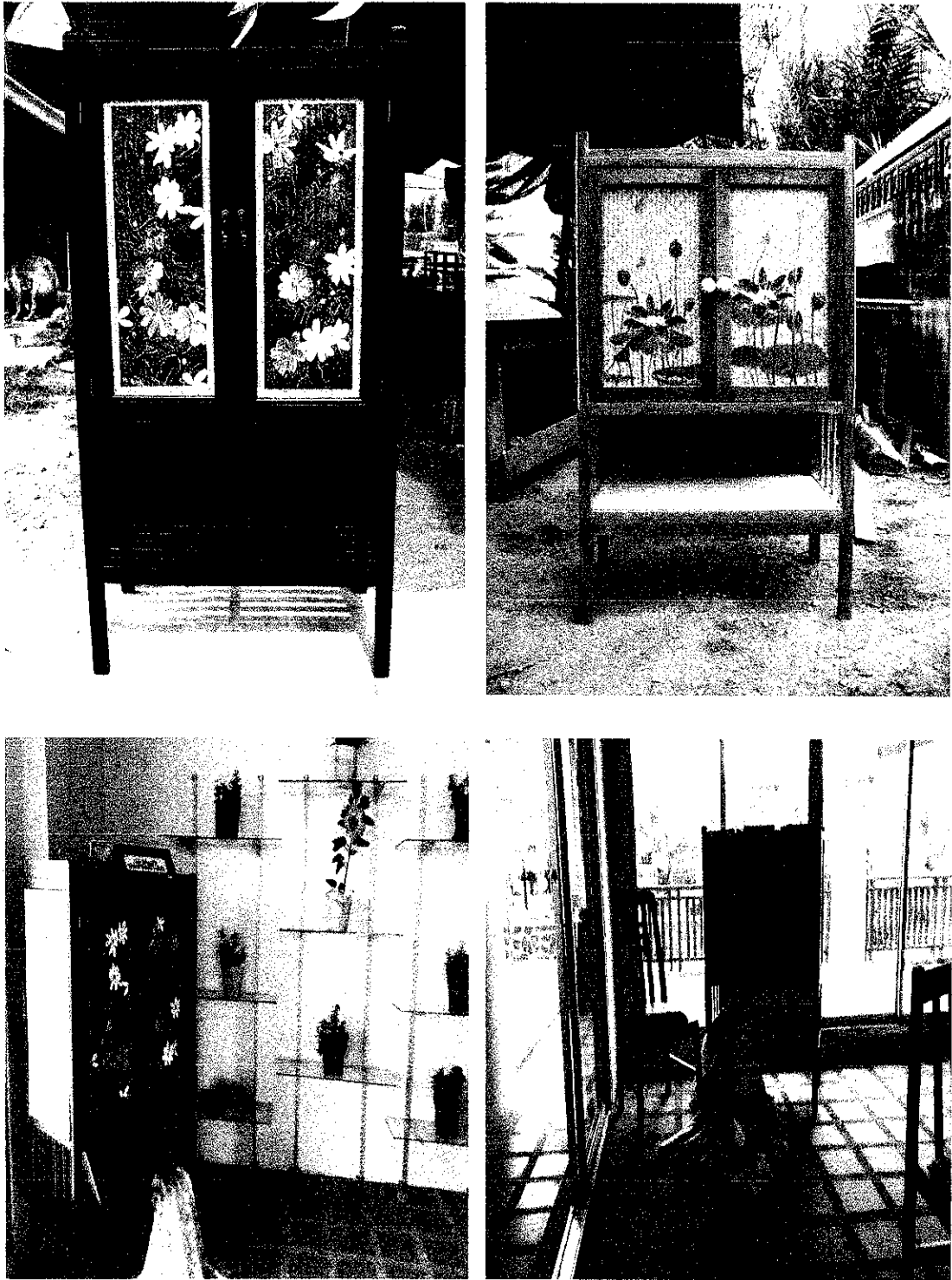
ภาพที่ 2.46 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 2.47 กระบวนการตกแต่งผ้าตุ้



ภาพที่ 2.48 กระบวนการตกแต่งโต๊ะ



ภาพที่ 2.49 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วโดยสามารถใช้เป็นตุ้โชว์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุตเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล นี้ ผู้วิจัยได้เลือกทำการสร้างผลิตภัณฑ์จากสำรวจข้อมูลเบื้องต้น และทำการเลือกสร้างเป็น รถเข็นคนพิการระบบอัตโนมัติ สำหรับงานทดลองนี้เป็นการใช้ระเบียบการวิจัยเชิงทดลอง (experimental) ผู้วิจัยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ 2 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานวัสดุธรรมชาติประเภทกระจุต และขั้นตอนออกแบบโครงสร้าง และสร้างต้นแบบ

การดำเนินการทั้ง 2 ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างละเอียดดังนี้

- 3.1 การกำหนดขอบเขต
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การกำหนดขอบเขต

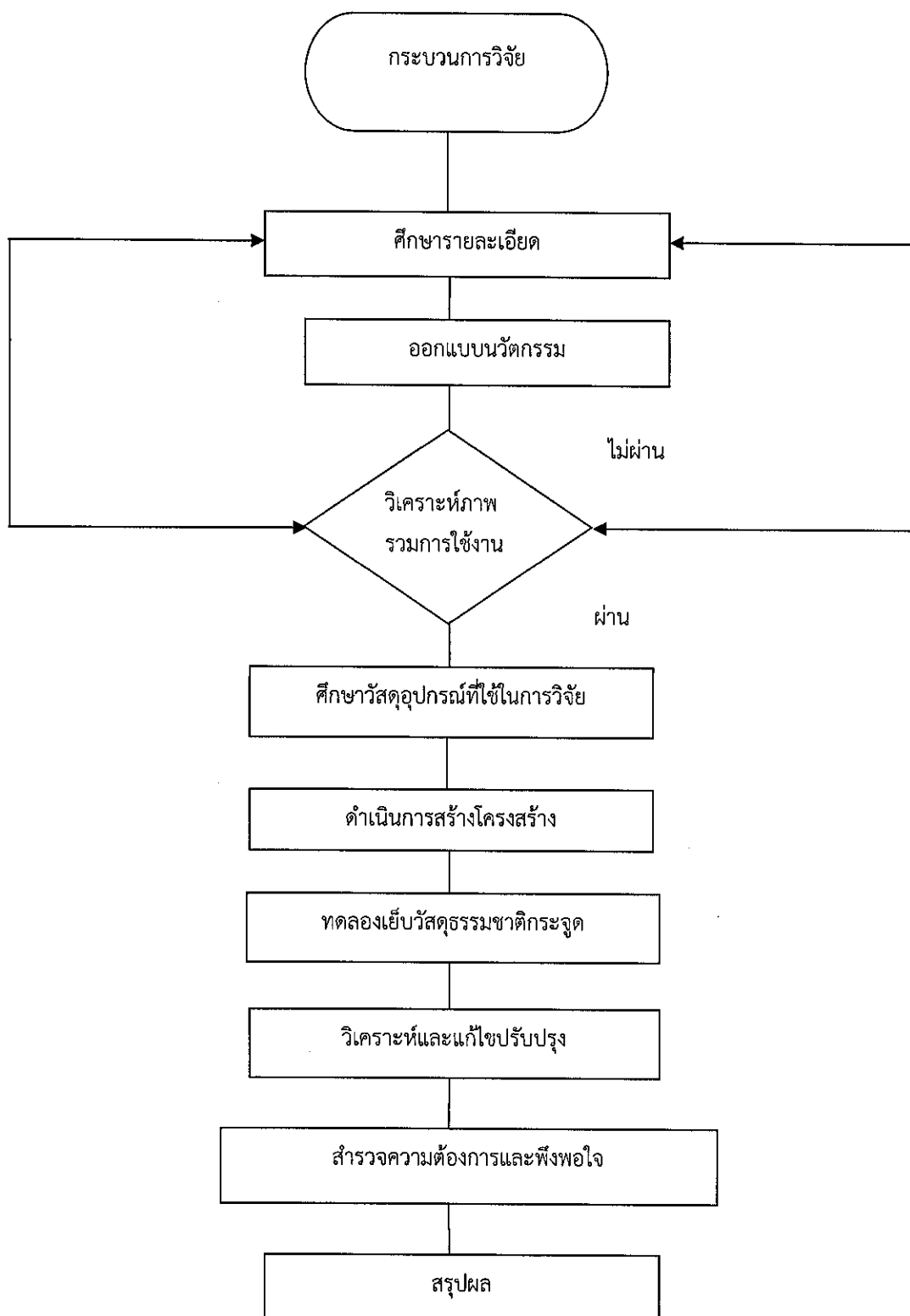
การวิจัยเรื่อง การออกแบบรถเข็นคนพิการ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

3.1.1 ออกแบบโครงสร้างเพื่อความสบายและเหมาะสมกับผู้ป่วยนั่ง

3.1.2 สร้างต้นแบบของผลิตภัณฑ์การออกแบบรถเข็นคนพิการ เพื่อความสะดวกสบายในการนั่งเวลานาน ๆ

3.1.2.1 วางแผนและเตรียมการ

ขั้นตอนการดำเนินงานออกแบบให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือขอบเขตที่เสนอ การทำวิจัย จึงทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ว่ามีการจัดทำหรือไม่ เพื่อความแน่นอนในการจัดทำโครงการ จากนั้นทำการออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุม ทำการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการและดำเนินการสร้างอุปกรณ์รถเข็นคนพิการตามขอบเขตที่กำหนด ทดสอบการทำงานและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจนกว่าจะบรรลุเป้าหมายที่กำหนด



ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1.2.2 ขอบเขตในการปฏิบัติงาน

1) ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง

- 1.1) ทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างตามหลักสรีระทางกายภาพ
- 1.2) การทำงานของระบบชิ้นส่วนกลไกและระบบไฟฟ้าที่นำมาเป็นส่วนประกอบ
- 1.3) ระบบการควบคุมการทำงานด้วยระบบพีแอลซี
- 1.4) ความเป็นไปได้ของวัสดุธรรมชาติกระจุดในด้านความงามและประโยชน์ใช้สอย

2) วัสดุ อุปกรณ์และหลักการสำหรับประกอบเป็นผลิตภัณฑ์รถเข็นคือ คือ

- 2.1) การใช้การควบคุมด้วยระบบพีแอลซี ในการสั่งการทำงานของระบบและอุปกรณ์ในการเคลื่อนไหวยใช้ระบบมอเตอร์ (Motor) เฟือง (Gear) โซ่ (Chain)
- 2.2) การสร้างรถเข็นในครั้งนี้ใช้วัสดุโครงสร้างที่เป็นเหล็กอย่างดี เคลือบสี มีขนาดมาตรฐานของโรงพยาบาล ขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร มีความยาว 120 เซนติเมตร และ สูง 60 เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักได้มากถึง 150 กิโลกรัม
- 2.3) รถเข็นใช้ส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ ล้อขับเคลื่อน 2 ล้อ สำหรับการขับเคลื่อน ล้อตาม 2 ล้อ จะเป็นส่วนรองรับอุปกรณ์ทั้งหมด ชุดขับเคลื่อน ชุดควบคุม และวัสดุธรรมชาติ กระจุดสำหรับรองรับผู้ป่วยแทนการเหยียบด้วยพลาสติกหรือผ้าสังเคราะห์

3.1.2.3 ขอบเขตในการทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

- 1) ทำแบบสำรวจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์กระจุด
- 2) ทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้ผลิตภัณฑ์
- 3) นำไปใช้กับผู้ป่วยจริง ที่ศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ตามระยะเวลาที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญวินิจฉัยสภาพความพร้อมของผู้ป่วยจำนวน 20 คน ที่เป็นราชการสนาม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง

การวิจัยทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดทำข้อมูลการวิจัยทดลองโดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนเพื่อช่วยในการหาคำตอบตามวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ข้อ ของการวิจัยครั้งนี้ ในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานวัสดุธรรมชาติประเภทกระจุด ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการหาคำตอบ อันได้แก่

3.2.2 ศึกษาการออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุม การเคลื่อนที่ของมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ โซ่ เฟือง ต่าง ๆ

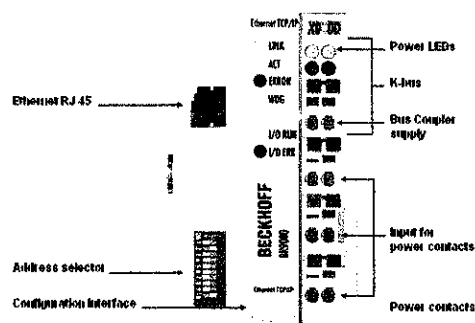
การดำเนินการสร้างประกอบไปด้วย โครงสร้างเป็นเหล็กแบบกล่องขนาด 0.5 x 1 นิ้วเพื่อทำ
ให้รถเข็นมีขนาดเบา โครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 โครงสร้างเหล็ก

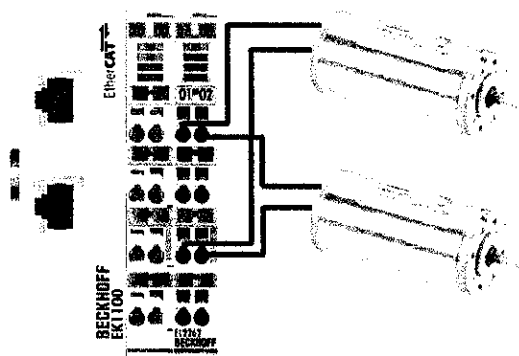
1. เหล็กกล่อง 0.5 x 1 นิ้วจำนวน 8 ชิ้น
2. เหล็กกลม 1/2 นิ้ว
3. ล้อหมุน

ส่วนที่ 2 ชุดควบคุม

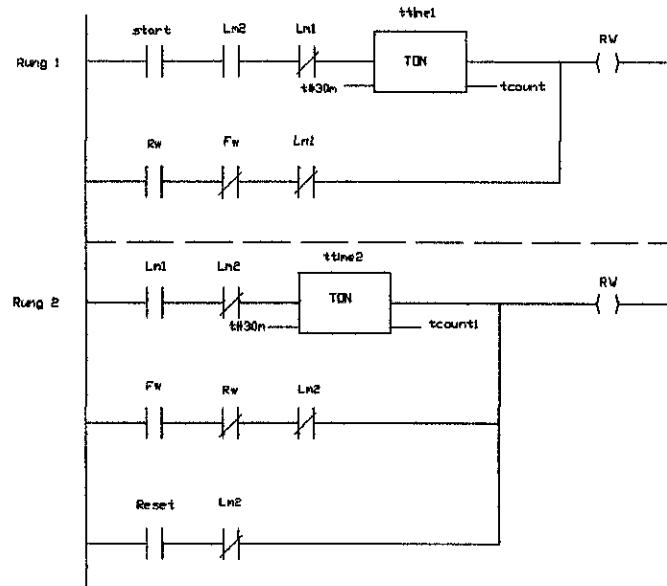
1. พีแอลซี (PLC BECKHOFF) รุ่น BC 9050 แบบ 16 อินพุต 16 เอาต์พุต โดยใช้
ภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram) เป็นการในเขียนเพื่อควบคุมการทำงาน
2. ดีซีมอเตอร์ (DC motor) ขนาด 250 วัตต์ ใช้เพื่อในการขับเคลื่อนรถเข็น
3. ดีซีไดร์ (DC Drive) ขนาด 24 โวลต์ ใช้เพื่อในการขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์



ภาพที่ 3.2 พีแอลซี



ภาพที่ 3.3 ไดอะแกรมการควบคุมตีซีมอเตอร์

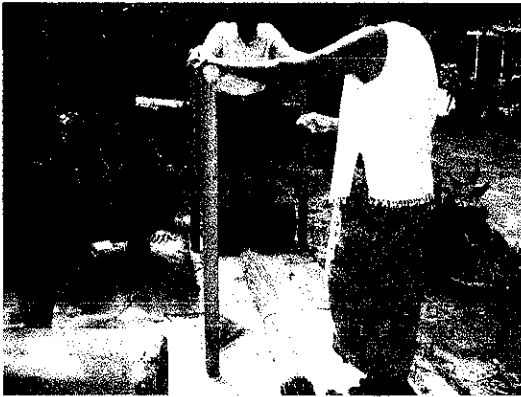


ภาพที่ 3.4 การทดสอบแลตเตอร์ไดอะแกรม (ladder diagram)

ส่วนที่ 3 วัตถุประสงค์สำหรับการประกอบตัวรถผู้วิจัยได้มีการสั่งให้ผู้ผลิตหัตถกรรมพื้นบ้านจาก กลุ่มหัตถกรรมจักสานกระจูดบ้านห้วยลึก หมู่ 6 บ้านห้วยลึก ตำบลท่าสะท้อน อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยวิธีการขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาด 1.50 X 3.00 เมตร เพื่อนำมาใช้ตัดประกอบและเย็บเป็นเบาะและพนักพิง



ภาพที่ 3.5 สถานที่ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ผลิตภัณฑ์



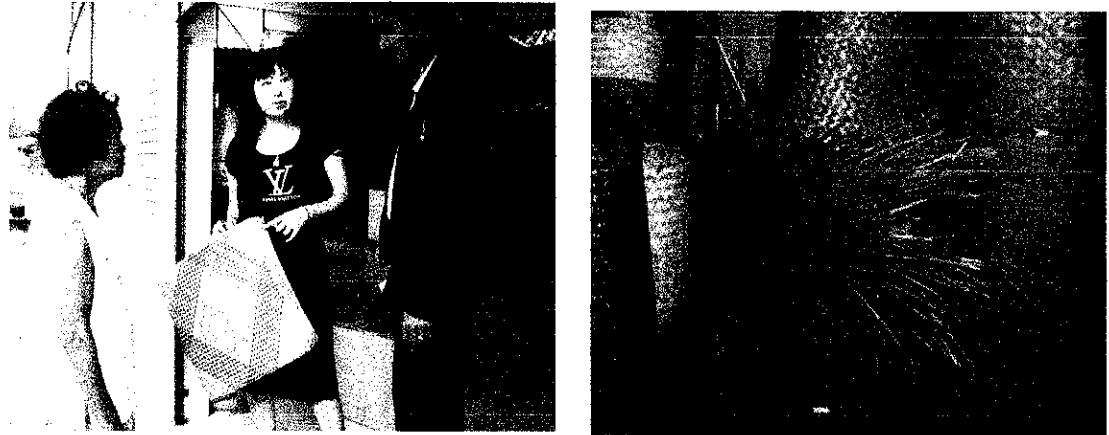
ภาพที่ 3.6 ผู้ผลิตแสดงกระบวนการขึ้นรูปตั้งแต่รีดเส้นกระจูด



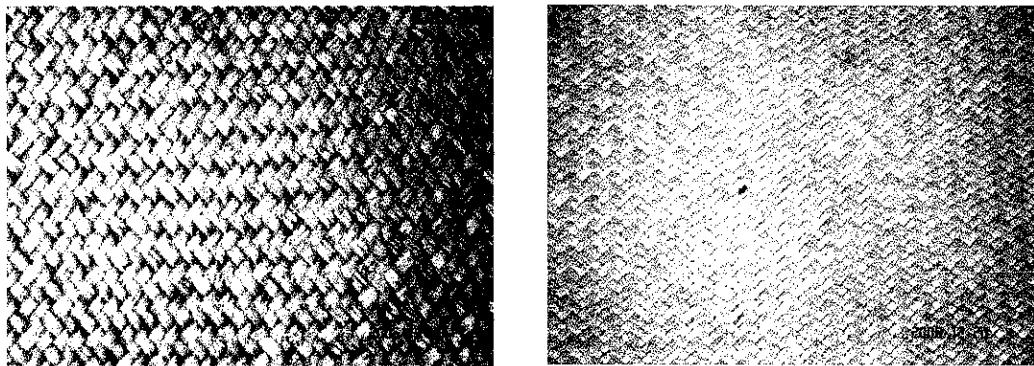
ภาพที่ 3.7 เส้นกระจูดที่พร้อมจะทำการสานขึ้นรูป



ภาพที่ 3.8 การสานเส้นกระจูดเป็นแผ่น



ภาพที่ 3.9 การสังผลิตภัณฑ์ตามแบบ



ภาพที่ 3.10 แผ่นกระจุตสานที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. การทดลองใช้งานจริงนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล ประเภทรถเข็น
2. การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามของผู้ป่วยที่ทดลองใช้นวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล

ประเภทรถเข็น

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ใช้เครื่องมือในการวิจัยทดลองประกอบด้วย แบบสำรวจ แบบสอบถามความพึงพอใจ แบบบันทึกการทดสอบ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อนำมาเขียนเป็นความเรียงเพื่อนำเสนอตามเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการสังเกต ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สรุปอุปนัย (analytic induction) เพื่อทำการสรุปเป็นความเรียง

2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการทดสอบ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล 2 วิธี คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ และข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติอย่างง่าย ได้แก่ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สรุปอุปนัย (analytic induction) เพื่อทำการสรุปเป็นความเรียง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุตเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาลและประเมินผลการใช้งาน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ผลข้อมูลตามขั้นตอน 2 ขั้นตอน และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 ตอนที่ 1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานวัสดุธรรมชาติประเภทกระจุต

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการหาความเป็นไปได้และความความต้องการเบื้องต้นของการใช้วัสดุธรรมชาติเพื่อนำไปใช้ในการเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ มากกว่าที่เคยเป็น ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลด้วยแบบสอบถามสามารถวิเคราะห์ผล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงร้อยละของการรู้จักและเข้าใจเกี่ยวกับกระจุต

N=200		
วัสดุ	ความถี่	ร้อยละ
1. รู้จัก	78	39.0
2. ไม่รู้จัก	122	61.0
รวม	200	100.0

จากตารางที่ 4.1 พบว่า มีบุคคลที่ไม่รู้จักผลิตภัณฑ์ประเภทกระจุตที่ทำมาจากเส้นใยกระจุตจำนวน 122 คิดเป็นร้อยละ 61.0 และรองลงมา มีบุคคลที่รู้จักผลิตภัณฑ์ประเภทกระจุตจำนวน 78 คน คิดเป็นร้อยละ 39.0

ตารางที่ 4.2 แสดงร้อยละของความต้องการใช้วัสดุในการทำผลิตภัณฑ์

N=200		
วัสดุ	ความถี่	ร้อยละ
1. วัสดุสังเคราะห์	36	18.0
2. วัสดุธรรมชาติแปรรูปแล้ว	53	26.5
3. วัสดุธรรมชาติ	109	54.5
4. อื่น ๆ ไม่ระบุ	2	1
รวม	200	100.0

จากตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คนส่วนใหญ่ต้องการใช้วัสดุธรรมชาติเพื่อนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อื่น จำนวน 109 คน คิดเป็นร้อยละ 54.5 รองลงมาต้องการใช้วัสดุธรรมชาติแปรรูปแล้ว จำนวน 53 คน คิดเป็นร้อยละ 26.5 และวัสดุสังเคราะห์ จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 18.0 และอื่น ๆ ไม่ระบุ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.0

ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามขั้นตอนที่ 1 ไปศึกษาตามความต้องการของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาการออกแบบโดยเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล โดยเฉพาะการนำมาทำเป็นเบาะที่นั่งของรถเข็น และสามารถนำไปประกอบเป็นส่วนหนึ่งของรถเข็นโดยไม่กระทบต่อการทำงานของระบบไฟฟ้าของรถเข็นและการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถเข็น

4.2 ตอนที่ 2 การสร้างต้นแบบของรถเข็นระบบอัตโนมัติ

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบส่วนต่างๆ ทั้งหมดมาทำการทดลองว่าแต่ละส่วนนั้นสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ โดยส่วนสำคัญคือ การควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์สามารถทำให้โครงสร้างที่สร้างขึ้นมาเคลื่อนที่ได้ตามที่ได้ออกแบบมาและนำส่วนต่างๆ ที่ได้ออกแบบไว้มาทำการทดสอบและบันทึกผลการทดสอบ การดำเนินการสร้างประกอบไปด้วย โครงสร้างเป็นเหล็กแบบกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว และเหล็กกล่องขนาด 0.5 X 0.5 นิ้ว เพื่อให้รถเข็นคนพิการมีขนาดเบา โครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

1) โครงสร้าง

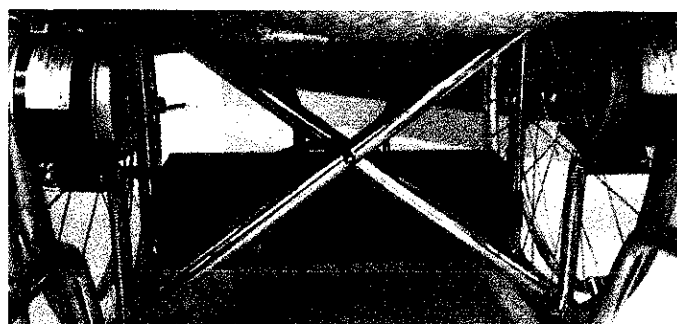
โครงสร้างของรถเข็นที่นำมาพัฒนาออกแบบให้เป็นนวัตกรรม ผู้วิจัยทำการรีดโครงสร้างหลักเพื่อประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าไปเพื่อให้สามารถควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติได้ โดยอุปกรณ์สำหรับการทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยระบบอัตโนมัติมีดังนี้

1.1 รถเข็นในครั้งนี้นำวัสดุโครงสร้างที่เป็นอลูมิเนียมอย่างดี ไม่เป็นสนิม มีขนาดมาตรฐานของโรงพยาบาล ขนาดกว้าง 80 เซนติเมตร มีความยาว 120 เซนติเมตร และ สูง 60 เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักได้มากถึง 150 กิโลกรัม ดังภาพที่ 4.1



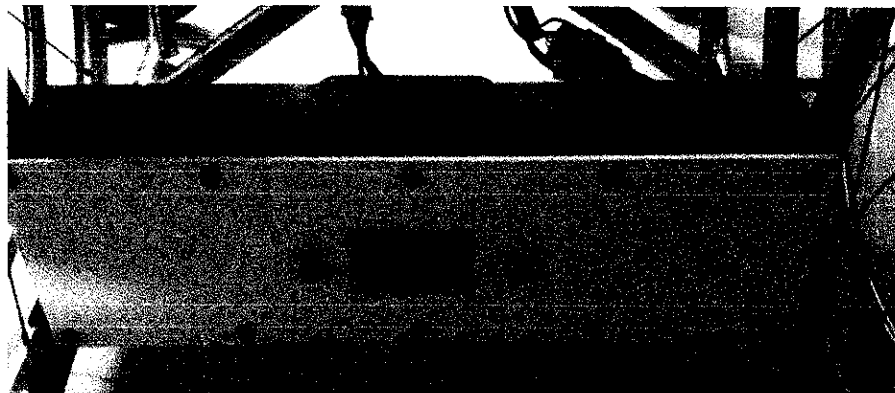
ภาพที่ 4.1 โครงสร้างของรถเข็น

1.2 โครงสร้างด้านล่าง จะประกอบด้วย ดีซีมอเตอร์ (DC motor) ขนาด 250 วัตต์ ใช้เพื่อในการขับเคลื่อนรถเข็น โดยดีซีมอเตอร์จะถูกยึดติดกับลูกล้อรถเข็นทั้งซ้ายและขวา แกนของดีซีมอเตอร์จะสวมยึดด้วยพูเลย์ และด้านล่างของดีซีมอเตอร์จะถูกยึดติดกับสปริง เมื่อดีซีมอเตอร์หมุน แกนของพูเลย์ก็จะหมุนตามและไปสัมผัสกับลูกล้อของรถเข็น ทำให้รถเข็นเกิดการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 4.2



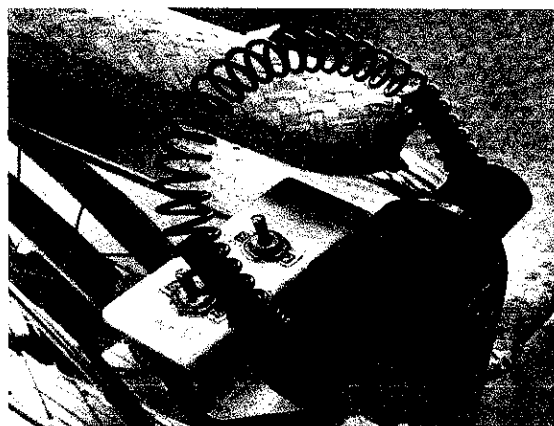
ภาพที่ 4.2 อุปกรณ์การควบคุมการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ

1.3 ชุดควบคุม ประกอบด้วย พีแอลซี (PLC BECKHOFF) รุ่น BC 9050 แบบ 16 อินพุต 16 เอาต์พุต โดยใช้ภาษาแลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram) เป็นการในเขียนเพื่อควบคุมการทำงาน ดีซีมอเตอร์ (DC motor) ขนาด 250 วัตต์ ใช้เพื่อในการขับเคลื่อนรถเข็น โดยดีซีมอเตอร์จะถูกควบคุมจากชุดควบคุมทั้งซ้ายและขวา โดยภายในกล่องจะประกอบด้วยแบตเตอรี่ 2 ลูกต่ออนุกรมกันขนาด 24 โวลต์ รีเลย์ขนาด 24 โวลต์ 2 ตัวเพื่อทำหน้าที่กลับทิศทางการทำงานของมอเตอร์ จอแสดงผล LCD จะแสดงสถานะของแบตเตอรี่



ภาพที่ 4.3 กล่องควบคุมพีแอลซี (PLC BECKHOFF)

1.4 สวิตซ์การควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณอินพุตไปที่ชุดกล่องควบคุม เพื่อให้รถเข็นเคลื่อนที่ตามทิศทางที่ต้องการ โดยจะมีปุ่มกด 2 ชุดคือสวิตซ์ ON/OFF และ สวิตซ์เดินหน้า-ถอยหลัง



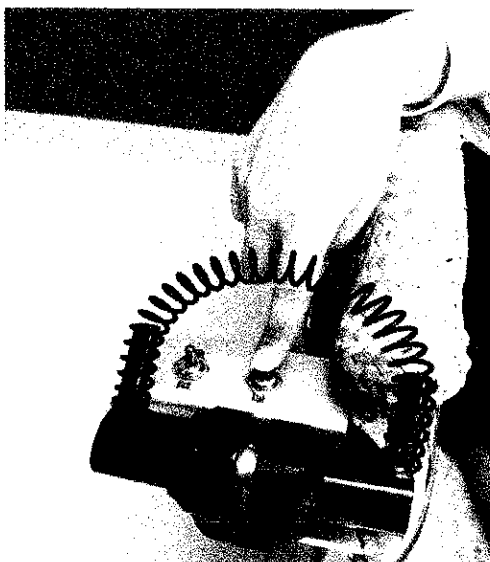
ภาพที่ 4.4 อุปกรณ์ควบคุมการหมุนซ้ายขวาของรถเข็น

2) หลักการทำงาน

รถเข็นระบบอัตโนมัติมีหลักการทำงานตามลำดับการควบคุม โดยแบ่งออกเป็น 2 อย่าง ดังนี้ รถเข็นระบบอัตโนมัติจะมีชุดควบคุมการเคลื่อนที่ โดยจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. ดีซีมอเตอร์ขนาด 250 วัตต์ แบบมีแปรงถ่าน
2. ชุดขับเคลื่อนดีซีมอเตอร์ ขนาด 24 โวลต์
3. ชุดคันเร่งด้วยมือ

เมื่อผู้ป่วยต้องการขับเคลื่อนรถเข็นระบบอัตโนมัติไปด้านหน้า ก็จะใช้มือโยกคันเร่งไปข้างหน้า รถเพื่อให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามทิศทางที่ต้องการ พร้อมกับสามารถบังคับทิศทางการเลี้ยวเพื่อให้รถเคลื่อนที่ไปด้านซ้าย หรือด้านขวาตามลำดับ ส่วนถ้าผู้ป่วยต้องการขับเคลื่อนรถเข็นถอยหลัง ก็โยกสวิทช์ และก็จะใช้มือหมุนหรือบิดคันเร่งเพื่อให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหลังตามทิศทางที่ต้องการ



ภาพที่ 4.5 แสดงการกดสวิทช์ ON/OFF



ภาพที่ 4.6 แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่ถอยหลัง



ภาพที่ 4.7 แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่เลี้ยวขวา

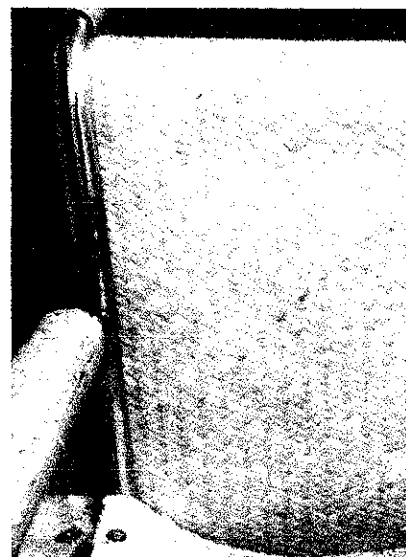
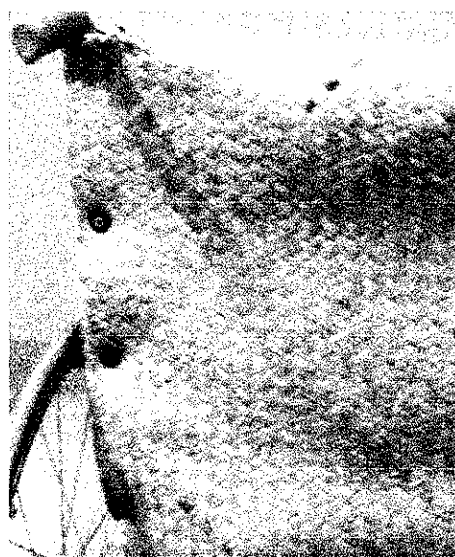


ภาพที่ 4.8 แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่เดินหน้า

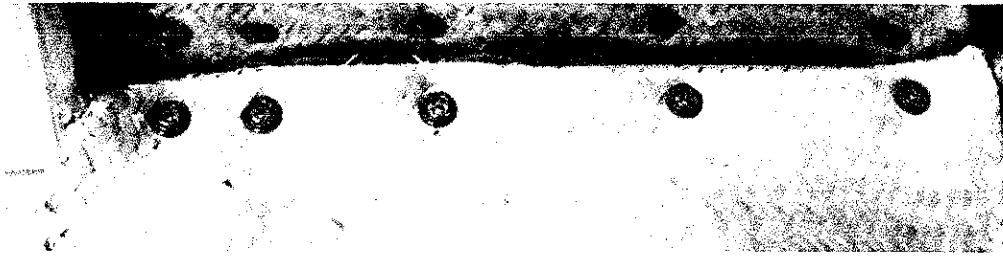


ภาพที่ 4.9 แสดงการโยกคันโยกเพื่อเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย

3) ส่วนประกอบที่เป็นแผ่นกระจุด ผู้วิจัยได้มีการสั่งให้ผู้ผลิตหัตถกรรมพื้นบ้านจาก กลุ่มหัตถกรรมจักสานกระจุดบ้านห้วยลึก หมู่ 6 บ้านห้วยลึก ตำบลท่าสะท้อน อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยวิธีการขึ้นรูปเป็นแผ่นขนาด 1.50 X 3.00 เมตร เพื่อนำมาใช้ตัดประกอบและเย็บเป็นเบาะและพนักพิง

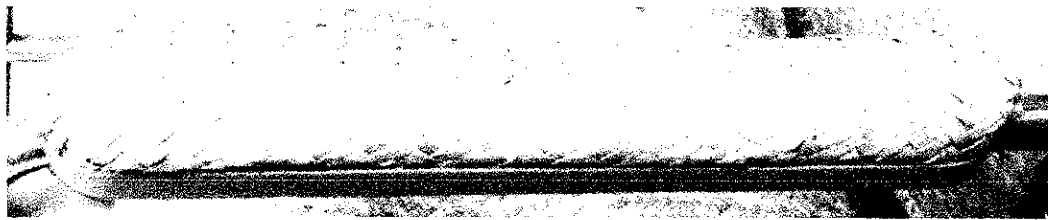


ภาพที่ 4.10 แสดงการประกอบพนักพิงโดยการขัดตะปูเกลียวลงบนพนักขึ้น



ภาพที่ 4.11 แสดงการประกอบแผ่นรองนั่งโดยการขันตะปูเกลียวลงบนโครงเก้าอี้

ซึ่งการประกอบด้วยการใช้ตะปูเกลียวชั้นนั้น เพราะต้องการให้สามารถเปลี่ยนแผ่นกระจุดได้เมื่อเสื่อมสภาพจากการใช้งาน หรือเกิดปัญหาการฉีกขาดขณะใช้งาน



ภาพที่ 4.12 แสดงการประกอบส่วนวางแขน

ส่วนที่วางแขนใช้วิธีการตัดฟองน้ำให้หนาและมีขนาดกว้างสำหรับวางแขนได้พอดี และนำแผ่นกระจุดสานมาทำการทอหุ้มและติดกาวสวมลงในกรอบของที่วางแขน

ผลิตภัณฑ์จากกระจุดเป็นวัสดุจากธรรมชาติ ที่มีความเหนียวและนุ่ม เมื่อนำมาจักสานเป็นผลิตภัณฑ์ จะช่วยในการระบายความร้อน ซึ่งคนในชุมชนสมัยก่อนได้นำกระจุดมาสานเป็นเสื่อสำหรับปูนอน แสดงถึงวิถีชีวิตท้องถิ่นอย่างหนึ่งของคนภาคใต้ ซึ่งแต่เดิมชาวบ้านนิยมใช้ เสื่อกระจุด ปูนอน เพราะลักษณะของภูมิอากาศของภาคใต้ร้อนชื้น คนในสมัยก่อนจึงได้นำเอากระจุดที่มีอยู่ตามธรรมชาติ จากป่าพรุ มาปรับใช้ให้เข้ากับวิถีชีวิตของคนในท้องถิ่น

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการนั่งซ้ำ ๆ ทุกวัน ๆ ละ 15 นาที เป็นเวลา 30 วัน เพื่อทดสอบการยืดหยุ่นของวัสดุ พบว่าวัสดุกระจุดมีการคืนตัวกลับสภาพดังตามเดิมเมื่ออยู่ในอุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 4.4 ค่าความถี่และร้อยละสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

(N = 20)

สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม	ความถี่	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	20	100.0
หญิง	-	-
อายุ		
ต่ำกว่า 25 ปี	6	30.00
อายุ 25 – 35 ปี	7	35.00
อายุ 36 – 45 ปี	3	15.00
อายุ 46 – 55 ปี	4	20.00
มากกว่า 55 ขึ้นไป	-	-
ระดับการศึกษา		
ไม่ได้ศึกษา	-	-
ประถมศึกษา	-	-
มัธยมศึกษาหรือเท่าเทียบ	16	80.00
ปริญญาตรี	4	20.00
ปริญญาโท	-	-
ปริญญาเอก	-	-
สิทธิ์ในการเบิกรักษาและเบิกจ่าย		
เบิกกับทางราชการ	20	100.00
เบิกประกันสังคม	-	-
เบิกบริษัทประกัน	-	-
สิทธิประกันสุขภาพ 30 บาท	-	-

จากตารางที่ 4.4 จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นผู้ป่วยเป็นเพศชาย ทั้งหมดจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00

ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง อายุ 25 – 35 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 35.00 มีอายุต่ำกว่า 25 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 มีอายุ 46 – 55 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และ มีอายุระหว่าง 36 – 45 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 15.00

ผู้ป่วยส่วนใหญ่ มีการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาหรือเท่าเทียม จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 และระดับปริญญาตรี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00

ผู้ป่วยใช้สิทธิ์ในการรักษาและเบิกจ่ายกับทางราชการ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความพึงพอใจต่อการใช้งาน

(N = 20)

ปัจจัย	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ความเหมาะสมของเวลาในการขับเคลื่อนรถเข็น	4.65	0.49	มากที่สุด
2. นุ่มนวลในการขับเคลื่อนรถเข็น	4.90	0.31	มากที่สุด
3. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถเข็น	4.45	0.51	มากที่สุด
4. ความมั่นคงเมื่อเวลาขับและเคลื่อนที่ของรถเข็น	4.70	0.47	มากที่สุด
5. ขนาดความเหมาะสมของรถเข็น	5.00	0.00	มากที่สุด
6. การนั่งสบายบนรถเข็น	4.20	0.70	มาก
7. ความคล่องตัวในการเลี้ยว	3.85	0.67	มาก
8. ความปลอดภัยต่อการใช้งาน	4.90	0.31	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.58	0.43	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อการใช้รถเข็นคนพิการ พบว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด คือมีค่าเฉลี่ย 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 พิจารณาตามรายการประเมิน 5 รายการ พบว่า มีความพึงพอใจเกี่ยวกับ ขนาดของรถเข็นที่มีความเหมาะสม ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.00

มีความพึงพอใจมากที่สุดเกี่ยวกับการขับและการขับเคลื่อนของรถเข็นมีความนุ่มนวลและมีความรู้สึกปลอดภัยต่อการใช้งาน ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.90

มีความพึงพอใจมากที่สุดเกี่ยวกับความรู้สึกถึงความมั่นคงเมื่อเวลาขับและและการขับเคลื่อนของรถเข็น ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.70

มีความพึงพอใจมากที่สุดเกี่ยวกับความเหมาะสมของเวลาเคลื่อนที่ของรถเข็น ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.65

มีความพึงพอใจมากที่สุดเกี่ยวกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถเข็น ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.45

มีความพึงพอใจมากเกี่ยวกับการนั่งสบายบนรถเข็น ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.20

มีความพึงพอใจมากเกี่ยวกับความคล่องตัวในการเลี้ยว ลำดับการประเมินอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.85

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาลเป็นการใช้ระเบียบการวิจัยเชิงทดลอง (experimental) มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานวัสดุธรรมชาติประเภทกระจุดสำหรับการใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา จนถึงการสร้างผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา โดยการประยุกต์ใช้วัสดุธรรมชาติประเภทกระจุดกับผลิตภัณฑ์สำหรับผู้ป่วย ผู้พิการและคนชรา

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตในการดำเนินงานเพื่อให้สามารถนำผลของการวิจัยไปใช้ได้จริงกับผู้ป่วย หรือกับผู้พิการที่ช่วยเหลือตนเองได้น้อยหรือไม่ได้เลย และเพื่อนำไปถ่ายทอดองค์ความรู้เพื่อการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับสถานพยาบาลและสถานที่ดูแลผู้ป่วยและพิการ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุการเกิดแผลกดทับ อาการก่อนการเจ็บป่วย ลักษณะของรถเข็น คนไข้และความต้องการของผู้ป่วยเอง โดยมีแพทย์เฉพาะทางเป็นผู้ร่วมวิจัย มีการดำเนินการออกแบบและสร้างตัวโครงสร้างรถเข็นด้วยเหล็กอย่างดี ติดตั้งวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ อาทิเช่น การใช้การควบคุมด้วยระบบโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ในการสั่งการทำงานของระบบ และอุปกรณ์ในการเคลื่อนไหวใช้ดีซีมอเตอร์ (DC Motor) ขนาดของรถเข็นมีขนาดมาตรฐานของโรงพยาบาล ขนาดกว้าง 45 เซนติเมตร มีความยาว 40 เซนติเมตร และ สูง 40 เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักได้มากถึง 150 กิโลกรัม

ผู้วิจัยมีวิธีการทดสอบการใช้รถเข็นใน 2 ลักษณะด้วยกัน คือ การทดสอบแรงกดด้วยน้ำหนักต่าง ๆ กันตั้งแต่ 40 -80 กิโลกรัม และ ความเร็วที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังนำไปทดลองใช้กับผู้ป่วยราขการสนามที่มาพักรักษาตัวอยู่กองเวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า โดยการกำกับและควบคุมของแพทย์และพยาบาลให้ผู้ป่วยทำการทดสอบโดยการนั่งจริงและให้ญาติผู้ป่วยช่วยดูแลและสังเกตอาการ สอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานรถเข็น และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยผู้วิจัยใช้สถิติอย่างง่ายได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม และสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์แบบสรุปอุปนัย จากแบบบันทึกการทดสอบ เพื่อทำการสรุปให้เป็นความเรียง

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้โรงพยาบาลมีกระบวนการศึกษาและพัฒนาอย่างเป็นขั้นเป็นตอนดังนี้

5.1.1 ขั้นตอนการสร้างต้นแบบของผลิตภัณฑ์รถเข็นคนพิการ

การสร้างรถเข็นคนพิการนี้ ผู้วิจัยศึกษาขนาดตามโครงสร้างของรถเข็นที่มีใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป มีพนักพิง มีอุปกรณ์กัน มีล้อสำหรับการขับเคลื่อน มีการทดสอบการใช้งานโครงสร้างและความแข็งแรงโดยการทดสอบการวางด้วยน้ำหนักต่าง ๆ กันพบว่า โครงสร้างรถเข็นยังมีสภาพดั้งเดิม ไม่บอบสลายและเสียรูปทรง การทดสอบการใช้การสั่งการระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายชั่วโมง

5.1.2 ขั้นตอนการประเมินผลการใช้งานรถเข็นคนพิการ

การทดลองใช้กับผู้ป่วยจริงมีผลการทดสอบอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด ต่อการใช้งาน อาทิเช่น ในด้านความเหมาะสมของเวลาในการขับเคลื่อนหรือเคลื่อนไหว นุ่มนวลในการขยับและเคลื่อนไหวของรถเข็น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถเข็น ความมั่นคงเมื่อเวลาขยับและเคลื่อนไหวของรถเข็น ขนาดความเหมาะสมของรถเข็น การถ่ายเทความชื้นของเสื้อผ้ากระจุด ความปลอดภัยต่อการใช้งาน ส่วนในเรื่องของการถ่ายเทความชื้นเสื้อผ้ากระจุดและป้องกันผลกดทับ ผู้วิจัยจะนำผลการสัมภาษณ์ผู้ป่วยว่ารู้สึกอย่างไรต่อการสัมผัส การทำความสะอาด การถ่ายเทความชื้นของเสื้อผ้ากระจุดเพื่อจะได้นำไปปรับปรุงในต้นแบบตัวต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการนำผลของการดำเนินการวิจัยไปเสนอหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการแพทย์ ได้แก่ กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงอุตสาหกรรม เพื่อนำเป็นข้อมูลในการดำเนินการหรือสนับสนุนเพื่อให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์

5.2.2 ควรมีการนำผลของการดำเนินการวิจัย ไปเสนอต่อสถาบันการศึกษาระดับ อุดมศึกษาที่เปิดการเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรม หรือทางการแพทย์ นำไปใช้เป็นแนวทางในการต่อยอดการวิจัย โดยอาจเป็นรูปแบบของการวิจัยเพื่อพัฒนา การวิจัยทดลองที่เกี่ยวข้องกับวัสดุในการนำมาเป็นโครงสร้าง เป็นต้น

5.2.3 ควรนำรูปแบบของการใช้รถเข็นไปจัดทำเป็นรูปแบบของซีดีรอมเพื่อไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในเชิงการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ เป็นแนวทางในการดำเนินการกับชุมชนอื่น ๆ

5.2.4 ควรมีการเสนอโครงการไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงในจังหวัด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ชะวักชัย ภาคินธุ . (2544). วิธีชีวิตไทยกับเครื่องจักรกล . กรุงเทพฯ : องค์การค้าของคุรุสภา
ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์ .
- เดชฤทธิ์ มณีธรรม และสำเร็จ เต็มราม.(2549). **คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC**
(Microcontroller PIC). กรุงเทพฯ : เคทีที.
- ธีรยุทธ์ พิงเพียร . (2545) สถิติเบื้องต้นและการวิจัย . คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหา
จุฬาลงกรณ์ ราชวิทยาลัย.
- ธีรศิลป์ ทุมวิภาต. (2545). หนังสือเรียนรู้ PLC ขั้นต้น-ขั้นกลาง-ด้วยตัวเอง. กรุงเทพมหานคร:
ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- นวนน้อย บุญวงศ์. (2539). หลักการออกแบบ. กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิรัช สุดสังข์.(2548). การวิจัยการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม . กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7 .กรุงเทพฯ : สุวีริยะสาส์น.
- เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี. (2549). การออกแบบบรรจุภัณฑ์ของที่ระลึกจากกระจูด. สถาบันวิจัยและ
พัฒนา.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี. (2551).การพัฒนากระบวนการการออกแบบเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์
กระจูดโดยการจัดการของชุมชน,วิทยานิพนธ์. ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7.
กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร.
- พรจิต ประทุมสุวรรณ และคณะ. (2521). ทฤษฎีและการใช้งาน (PC/PLC). กรุงเทพฯ :
เรียนก้าวการพิมพ์.
- โยธาธิการและผังเมืองจังหวัดสุราษฎร์ธานี ,สำนักงาน. (2548). ข้อมูลลักษณะภูมิประเทศจังหวัด
สุราษฎร์ธานี : สุราษฎร์ธานี : สำนักงานโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดสุราษฎร์ธานี.
- วัชรินทร์ เคารพ. (2546).เรียนรู้และเข้าใจสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877.
กรุงเทพฯ: อีทีที จำกัด.
- วิภา แซ่เซี้ย และลัทพณา กิจรุ่งโรจน์. (2550). การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังบริเวณก้นกบของ
ผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี ขณะนอนบนเบาะโรงพยาบาลและเสื่อกระจูด :ภาควิชาการพยาบาล
ศาสตร์ คณะพยาบาล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- วิรุญ ตั้งเจริญ . (2545). การออกแบบ . กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.
- มูลนิธิสารานุกรมวัฒนธรรมไทย ธนาคารไทยพาณิชย์ (2542). สารานุกรมวัฒนธรรมไทย
ภาคใต้ (เล่มที่ 1). จังหวัดสุราษฎร์ธานี . กรุงเทพมหานคร:
- สุซาดา ศรีเพ็ญ . (2542). พรรณไม้ในน้ำ ในประเทศไทย . กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้ง
แอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) .
- เสรี พงศ์พิศ . (2546). ฐานคิดจากแผนแม่บทสู่วิสัยทัศน์ชุมชน . กรุงเทพฯ : ภูมิปัญญาไท .
- ภูมิปัญญาชาวบ้าน, (2546) สืบค้นจาก <http://www.arc.rikc.ac.th>.
- เตียงผู้ป่วย, (2555). สืบค้นจาก <http://www.medtech2home.com>.
- ผลิตภัณฑ์กระจูด, (2546). สืบค้นจาก <http://www.thairuralnet.org.th> .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลิตภัณฑ์สำเร็จ





ภาคผนวก ข

แบบสอบถาม

แบบสอบถาม

เรื่อง “การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจุดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล”

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

เกณฑ์การตอบ : แบบสอบถามนี้บางส่วนเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- 1 หมายถึง น้อยที่สุด (ระดับคะแนน 1- 20%)
- 2 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 21- 40 %)
- 3 หมายถึง ปานกลาง (ระดับคะแนน 41 - 60 %)
- 4 หมายถึง มาก (ระดับคะแนน 61 - 80 %)
- 5 หมายถึง มากที่สุด (ระดับคะแนน 81 - 100 %)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ
 ชาย หญิง
2. สถานะ
 ผู้ใช้รถเข็น ผู้ปกครอง/ญาติ
3. อายุ
 1-10 ปี 11-20 ปี 21-30 ปี 31-40 ปี
 มากกว่า 40 ปี ขึ้นไป
4. ลักษณะความพิการ
 โปลีโอ กล้ามเนื้ออ่อนแรง CP (พิการทางสมอง)
 อัมพาตระดับล่าง อัมพาตระดับสูง อื่นๆ โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการเข้าถึงกายอุปกรณ์ (รถเข็น)

5. รถเข็นที่คุณใช้ปัจจุบันนั้น ได้รับจากที่ใด
 ศูนย์สิทธิบัตรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ
 โรงพยาบาล.....
 หาซื้อเอง
 แหล่งอื่นๆ โปรดระบุ.....
6. คุณคิดว่ารถเข็นที่ได้รับ เหมาะสม กับลักษณะความพิการของคุณหรือไม่ หาก ไม่เหมาะสม กรุณาตอบคำถามข้อต่อไป ** ถ้าเหมาะสมแล้วข้ามไปตอบข้อที่ 8 **
 เหมาะสม ไม่เหมาะสม
7. รถเข็นประเภทใดที่คิดว่าเหมาะสมกับลักษณะความพิการของคุณ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)
 น้ำหนักเบา มีที่พักแขน ไม่มีที่พักแขน
 รถเข็นไฟฟ้าพับเก็บได้ พนักพิงสูง
 ปรับเอนนอนได้ มีวงปั่น ไม่มีวงปั่น

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เบญจลักษณ์ เมืองมีศรี
(ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof. Benchalak Muangmeesri (Ph.D)
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
จังหวัดปทุมธานี
ที่อยู่ปัจจุบัน 70/785 หมู่ 3 หมู่บ้านกฤษดานคร 19 ตำบลคลองหนึ่ง
อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 081 8011474 e-mail : drple2003@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ระดับ	คุณวุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา
ปริญญาเอก	ปร.ด.	การจัดการเทคโนโลยี	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ปริญญาโท	กศ.ม.	อุตสาหกรรมศึกษา	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางเขน
ปริญญาตรี	วท.บ.	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีเซรามิกส์ (เกียรตินิยมอันดับ 2)	วิทยาลัยครูพระนคร
มัธยมศึกษา	ม.1-ม.6	ภาษาฝรั่งเศส	สาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ วิทยาลัยครูพระนคร

ประสบการณ์การทำงาน

ปีพ.ศ.	สถานที่	ตำแหน่ง	ตำแหน่งบริหาร
2534 - 2536	บริษัทสตาร์ ซานิทารีแวร์ มหาชน จำกัด	lab engineer	-
2536 - 2538	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูสุราษฎร์ธานี	อาจารย์	หัวหน้าโปรแกรมวิชา เซรามิก
2538 - 2542	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี	อาจารย์	หัวหน้าภาควิชา อุตสาหกรรมศิลป์
2543 - 2546	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี	อาจารย์	รองคณบดีฝ่ายบริการ วิชาการและชุมชน
2546 - 2547	-คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี -ช่วยราชการศูนย์กลางสถาบัน เทคโนโลยีราชวมงคลธัญบุรี	อาจารย์	-
2548 - 2554	คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ผู้ช่วยคณบดีฝ่าย บริหารและวางแผน
2554-2558	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	ผู้ช่วยคณบดีฝ่าย ประกันคุณภาพ รองคณบดี
ปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	ผู้ช่วย ศาสตราจารย์	คณบดี

ผลงานวิจัย (ที่ไม่ใช่เพื่อการสำเร็จการศึกษา)

ปีพ.ศ.	เรื่อง	หน่วยงานสนับสนุน
2542	การพัฒนาดินในจังหวัดสุราษฎร์ธานีเพื่อทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์	สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี
2545	การทดลองใช้เปลือกหอยนางรมเพื่อเป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบเซรามิกส์	สถาบันราชภัฏสุราษฎร์ธานี
2548	การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจูดเพื่อเป็นบรรจุภัณฑ์ของที่ระลึก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2550	การพัฒนากระบวนการออกแบบเพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการจัดการของชุมชน	อบจ.สุราษฎร์ธานี
2550	การถ่ายทอดแนวทางการให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการพัฒนาภูมิปัญญาท้องถิ่นตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในจังหวัดนนทบุรี	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
2552	การพัฒนารูปแบบกลยุทธ์ในการจัดทำแผนชุมชนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่คุณภาพชีวิตที่ยั่งยืน	สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
2552	การวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาหัตถกรรมชุมชนตามแนวทางปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ภาคใต้ตอนบน	เครือข่ายการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน สกอ.ภาคใต้ตอนบน, สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
2552	การประยุกต์ใช้เศษแก้วเพื่อการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2554	รถเข็นคนพิการระบบไฟฟ้าควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพ ฯ มศว.องครักษ์
2554	ชุดอุปกรณ์ยกและเคลื่อนย้ายผู้ป่วย ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์	ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพ ฯ มศว.องครักษ์
2554	Wheelchair Stabilizing by Controlling the Speed Control of its DC Motor	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
2555	การออกแบบเตียงไฟฟ้าเพื่อป้องกันผู้ป่วยเกิดแผลกดทับ	สภาวิจัยแห่งชาติ
2555	รถเข็นไฟฟ้าควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยศีรษะ	โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า
2555	การพัฒนาเครื่องจุ่มขึ้นทดสอบน้ำเคลือบสำหรับงานทดลอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์
2557	การออกแบบผลิตภัณฑ์กระจูดเพื่อเป็นนวัตกรรมเครื่องใช้ในโรงพยาบาล	มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

งาน /โครงการ

หน่วยงาน	ตำแหน่ง
ศูนย์วิจัยและพัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์พระมงกุฎเกล้า	ที่ปรึกษา
เทวสถานโบสถ์พราหมณ์ : โครงการสร้างหุ่นยนต์ปลุกต้นมะตูม ในพระราชพิธีปลุกต้นมะตูม โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว	กรรมการและเลขานุการ

Journal

- M. Dechrit, M. Benchalak and S. Petrus (2011) Wheelchair Stabilizing by Controlling the Speed Control of its DC Motor, WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY., Bali Indonesia.
- M. Dechrit, M. Benchalak (2012) Speed Control of Electric Powered Wheelchair Using PID Control Algorithm Based on Embedded System, WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY., Penang Malaysia.
- M. Benchalak (2013) A New Investigation Technique for Improvement of the Cullet for Pottery Glaze, WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY., Hong Kong, China.
- M. Benchalak (2014) Pick and Place System for Dip Glaze using PID Controller, WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY., Melbourne, Australia

สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- เครื่องจับขึ้นทดสอบน้ำเคลือบ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เลขที่อนุสิทธิบัตร 7697
- เครื่องผสมน้ำเคลือบ ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เลขที่อนุสิทธิบัตร 7619
- เครื่องอัดขึ้นงานเซรามิกส์ที่มีการควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เลขที่อนุสิทธิบัตร 7486