# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การพัฒนาระบบบริการอัจฉริยะสำหรับห้องปฏิบัติการประดิษฐ์กรรม

## The development of smart service for fabrication laboratory


**นายทวีพล ซื่อสัตย์**



**ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561**



**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

## การพัฒนาระบบบริการอัจฉริยะสำหรับห้องปฏิบัติการประดิษฐ์กรรม

## The development of smart service for fabrication laboratory


**นายทวีพล ซื่อสัตย์**



**ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561**



**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการ** การพัฒนาระบบบริการอัจฉริยะสำหรับห้องปฏิบัติการประดิษฐ์กรรม

**แหล่งเงิน** เงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีงบประมาณ 2561 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 2,000,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 15 ตุลาคม 2560 ถึง 16 ตุลาคม 2561

หัวหน้าโครงการวิจัย รศ.ดร. ทวีพล ซื่อสัตย์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม (Fabrication Laboratory) เป็นสิ่งสาคัญมากเป็นจุดเริ่มต้นสาหรับการพัฒนาบุคลากรให้ก้าวไปสู่ยุค 4.0 เพื่อสร้างนักศึกษา นักวิจัยให้เป็นผู้ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญและทักษะเชิงวิศวกรรม ให้สามารถพัฒนาการออกแบบเชิงหลักการให้กลายเป็นชิ้นงานต้นแบบเพื่อต่อยอดเชิงพานิชย์ได้ โดยห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรมในโครงการวิจัยนี้ ประกอบด้วยเครื่องมืออุปกรณ์ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบ เช่น เครื่องพิมพ์สามมิติ เครื่องตัดเลเซอร์ เครื่องกัดซีเอ็นซี เครื่องสแกนสามมิติ ซอฟแวร์ช่วยพัฒนาการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีระบบบริหารจัดการการเข้าใช้งาน และระบบจัดการด้านความปลอดภัย สาหรับบุคลากรและนักศึกษาภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**คำสำคัญ :** ห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม, เครื่องพิมพ์สามมิติ, เครื่องสแกนสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** The development of smart service for fabrication laboratory

**Researcher**: Assoc.Prof.Dr. Taweepol Suesut

Department of Instrumentation and Control Engineering

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

## ABSTRACT

Recently, the Fabrication Laboratory is very important as a starting point for the personnel development to move forward to the industries 4.0 era to create students and researchers to be knowledgeable expertise and engineering skills. Using tools in fabrication laboratory, they can develop the conceptual design to become a prototype for commercialization. In this research project consists of equipment, tools for creating a prototype such as 3D printers, Laser cutting machine, CNC Milling Machine, 3D scanner and Software to help develop computer design (CAD/CAM) etc. In addition, there is an access management system and security management system for personnel and students within the Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

**Keywords:** Fabrication laboratory, 3D printer, 3D scanner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย “การพัฒนาระบบบริการอัจฉริยะสาหรับห้องปฏิบัติการประดิษฐ์กรรม (The development of smart service for fabrication laboratory)” ขอขอบคุณศูนย์พัฒนานวัตกรรมและบริการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. สาหรับการอานวยความสะดวกให้การสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือวิจัย และสถานที่สาหรับการดาเนินงานวิจัยโดยการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ ประจ าปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ทวีพล ซื่อสัตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

**หน้า**

**บทคัดย่อภาษาไทย** ..... I

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** ..... II

**กิตติกรรมประกาศ** ..... III

**สารบัญ** ..... IV

**สารบัญภาพ** ..... VI

**บทที่ 1 บทนำ** ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความส าคัญของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย ..... 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย ..... 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 1

**บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** ..... 2

2.1 ที่มาของห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม ..... 2

2.2 เครื่องพิมพ์สามมิติ ..... 3

2.3 เครื่องตัดเลเซอร์ ..... 6

2.4 เครื่อง CNC ..... 6

2.5 เครื่องสแกนสามมิติ ..... 7

**บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง** ..... 8

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย ..... 8

3.2 การออกแบบพื้นที่ใช้งานและการปรับปรุงพื้นที่ส าหรับติดตั้งอุปกรณ์ ..... 8

3.3 การพัฒนาคลังต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ส าหรับการตัดเลเซอร์ การพิมพ์สามมิติ และเครื่อง CNC ..... 14

3.4 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส าหรับบริหารจัดการทรัพยากรและการเข้าใช้บริการ ..... 15

3.5 การสร้างอุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ และอุปกรณ์ ..... 20

**บทที่ 4 ผลการทดลองใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม** ..... 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บทที่ 5 สรุปผลการประเมินการใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม** 28
5.1 เกณฑ์การแปลความหมาย 28
5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล 28
5.3 สรุปข้อเสนอแนะของผู้กรอกแบบสอบถาม 32

**บรรณานุกรม** 34
**ประวัตินักวิจัย** 35
**ภาคผนวก-รายงานทางการเงิน** 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สารบัญภาพ**

**ภาพที่** **หน้า**

3.1 การกั้นห้องปฏิบัติการด้วยกระจก .....8
3.2 การกั้นห้องปฏิบัติการด้วยกระจก .....9
3.3 การกั้นห้องปฏิบัติการด้วยกระจก .....9
3.4 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่อง CNC ..... 10
3.5 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่องตัดเลเซอร์.....11
3.6 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่องตัดเลเซอร์..... 11
3.7 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่อง CNC ..... 12
3.8 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่อง CNC..... 13
3.9 ต้นแบบชิ้นงานส าหรับใช้ในการฝึกอบรม.....14
3.10 โปรแกรมช่วยในการใช้งานเพื่อแปลงไฟล์ CAD ให้ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ.....15
3.11 โปรแกรมช่วยบริหารจัดการด้านความปลอดภัย.....16
3.12 โปรแกรมช่วยในการใช้งานเพื่อแปลงไฟล์ CAD ให้ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ..... 17
3.13 ระบบสแกนสามมิติเพื่อให้ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ.....18
3.14 โปรแกรมบริหารจัดการการจองเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการ.....19
3.15 (ก-จ) อุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ.....20
4.1 (ก-ง) ประมวลภาพการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เล็งเห็นความสาคัญในการพัฒนาประเทศระดับพื้นฐาน โดยมุ่งเน้นการเรียนแบบ STEM โดยเฉพาะ E Engineering คือ ด้านวิศวกรรม สิ่งแรกที่จะทาคือ “ห้องประดิษฐกรรม หรือ Fab Lab (Fabrication Laboratory)” ซึ่งใช้เป็นแหล่งกาเนิดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อการสร้างคนหรือสร้างบุคลากรที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้าน Fab Lab ในการพัฒนาการศึกษาของไทยรวมทั้งในเชิงธุรกิจการค้า เพื่อต่อยอดไปสู่การน าความรู้เรื่องนี้ไปใช้ประโยชน์ในการสร้างอาชีพและการสร้างชาติให้มั่งคั่งและยั่งยืนตามแนวนโยบาย “ไทยแลนด์ 4.0” ของรัฐบาลปัจจุบันให้จงได้ในอีก 20 ปีข้างหน้า

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ริเริ่มโครงการห้องประดิษฐกรรม และ Co-Working Space เพื่อให้เกิดสังคมการเรียนรู้ ต่อยอดความคิดสร้างสรรค์สู่นวัตกรรมเชิงพานิชย์ ซึ่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังได้รับการสนับสนุน เครื่องมือและอุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องตัดเลเซอร์และเครื่องพิมพ์สามมิติ จานวนมาก แต่อย่างไรก็ตามยังขาดระบบบริหารจัดการ ระบบสนับสนุน ที่ทันสมัยและอัจฉริยะเพื่อทาให้การให้บริการของห้องปฏิบัติการมีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น ดังนั้นโครงการนี้จึงมุ่งเน้นการวิจัยและพัฒนาระบบบริการที่อัจฉริยะให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาเครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรมให้ครบถ้วนและทันสมัย
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการอัจฉริยะส าหรับการเข้าใช้ห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ปรับปรุงระบบสนับสนุนการท างานของอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม
2. โปรแกรมบริหารจัดการด้านความปลอดภัยและการขอเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ช่วยสนับสนุนการพัฒนาชิ้นงานต้นแบบสาหรับบุคลากรและนักศึกษาภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ที่มาของห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

ห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม หรือ Fabrication Laboratory นิยมเรียกสั้นๆ ว่า Fab Lab ซึ่งเป็นสิ่งส าคัญมากเป็นจุดเริ่มต้นสาหรับการพัฒนาประเทศชาติเราให้ก้าวไปสู่ยุค 4.0 เราต้องร่วมมือกันระหว่างภาครัฐที่มีบุคลากร ครูอาจารย์ที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม สถาปนิก วิศวกร นักออกแบบ ดีไซน์ ไอเดีย เป็นคนถ่ายทอดไปสู่การเรียนรู้และฝึกทักษะให้กับเด็กเยาวชน นักเรียน นิสิต นักศึกษา มาจับมือกับภาคธุรกิจเอกชนที่ให้ความเชื่อมั่นได้ว่ามีเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีคุณภาพทั้ง Hardware (อุปกรณ์และเครื่องมือ) และ Software (โปรแกรมคอมพิวเตอร์สาหรับออกแบบ เขียนแบบต่างๆ) ที่ได้มาตรฐาน เราคงปฏิเสธไม่ได้ว่าสหรัฐอเมริกาเป็นจุดเริ่มต้นของ Fab Lab เป็นผู้พัฒนาอุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนโปรแกรมต่างๆ ที่ได้มาตรฐานสาหรับ Fab Lab หลายๆ ท่านอาจไม่ทราบว่า Fab Lab เกิดขึ้นที่ ‘ศูนย์บิตและอะตอม’ ในมหาวิทยาลัย MIT สหรัฐอเมริกา กว่า 20 ปีมาแล้ว ปัจจุบันนี้ก็พัฒนาต่อยอดกันไปไกลทั่วโลก แต่คงเป็นเรื่องใหม่ของบ้านเราเมืองเรา โดยเฉพาะ Fab Lab ที่น่าจะเกิดขึ้นได้ในสถานศึกษาตั้งแต่ระดับเด็กเล็ก 9-10 ขวบ ไปจนถึงมหาวิทยาลัย

Fab Lab ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีให้เห็นได้ในห้องสมุดประชาชน อยู่ในโรงเรียน ในมหาวิทยาลัย แต่ในเมืองไทยอาจยังไม่เป็นรูปธรรมมากนัก ซึ่งจะมีประโยชน์มากในการสร้างคนที่จะนาไปสู่การสร้างอาชีพและสร้างชาติได้ในยุคไทยแลนด์ 4.0 ตัวอย่างแผ่นอะคริลิคที่แปรรูปเป็นเป็นหอไอเฟลนั้น ทาได้ด้วย Fab Lab เพียง 3 ชั่วโมง แต่จะทาได้ก็ต้องใช้คอมพิวเตอร์เป็น ต้องรู้โปรแกรม ซึ่งบุคลากรเหล่านั้นต้องมีทักษะหลายอย่าง เช่น ความรู้เรื่องคอมพิวเตอร์ มีความคิดสร้างสรรค์ มีความรู้วิศวกรรมเบื้องต้น จึงต้องอาศัยความร่วมมือกันจากหลายภาคส่วน ในการทา Fab Lab ห้องปฏิบัติการ 4.0 ห้องดีไซน์ 4.0 ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสาหรับการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม เป็นที่สาหรับการต่อยอดความคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์คิดค้น เป็นแพลตฟอร์มต้นแบบทางเทคนิคเพื่อกระตุ้นผู้ประกอบการส าหรับสร้างนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์เพื่อต่อยอดในเชิงพาณิชย์

Fab Lab ในอุดมคติ ควรมี 4 คุณสมบัติ ตามที่กล่าวไว้ใน Fab Foundation คือ

1. Free access to the public Fab Lab ในอเมริกา มีอยู่ในโรงเรียน มหาวิทยาลัยหรือแม้กระทั่งห้องสมุดประชาชน เพื่อให้ผู้ที่สนใจเข้าไปใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ โปรแกรมต่างๆ ได้อย่างเต็มที่โดยไม่มีค่าใช้จ่าย หรือมีก็น้อยมากๆ หรืออาจจะมีอยู่ในบริษัทที่ทาธุรกิจงานดีไซน์งานออกแบบ เราต้องสร้างคน คล้ายกับแนวคิดเรื่อง อาชีวะสร้างชาติ ซึ่งถ้าเราเอาเรื่องนี้ไปใส่ร่วมก็จบได้เลย สร้างอาชีพและสร้างชาติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สนับสนุนและเป็นสมาชิก กฎบัตร Fab Charter

3. ต้องมี Hardware และ Software (โปรแกรมคอมพิวเตอร์ออกแบบต่างๆ) สาหรับใช้ใน Fab Lab ที่ได้มาตรฐานเพื่อให้สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมที่พัฒนาออกมามีคุณภาพและได้มาตรฐาน Hardware (อุปกรณ์และเครื่องมือ) สาหรับ Fab Lab ที่ควรจะมี ได้แก่ Laser Cutters / 3D Printers / CNC Machines Software สาหรับ Fab Lab ควรมีโปรแกรมออกแบบพื้นฐานเป็นอย่างน้อย

4. ต้องมีส่วนร่วมในเครือข่าย Fab Lab ทั่วโลก นั่นคือคุณไม่สามารถแยกตัวเองทางานประดิษฐ์คิดค้นเองโดดเดี่ยวตามลาพัง Fab Lab เป็นเรื่องเกี่ยวกับการเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนและโลกที่จะแบ่งปันความรู้ร่วมกัน

**2.2 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ**

เครื่องพิมพ์ 3 มิติ คือนวัตกรรมการพิมพ์ที่ทาให้งานที่คุณคิดหรือออกแบบไว้ ถูกผลิตออกมาได้อย่างสมจริงมีรูปลักษณ์ สามารถจับต้องได้ รวมถึงการนาไปใช้ประโยชน์ได้จริง เช่นถ้าคุณออกแบบลูกบอล แล้วสั่งพิมพ์ออกมาจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ คุณจะได้ลูกบอลทรงกลมตามที่ออกแบบไว้เหมือนของจริง

เครื่องพิมพ์ 3 มิติส่วนใหญ่ใช้หลักการทางานเหมือนกันคือ พิมพ์แต่ละชั้นในแนวระนาบกับพื้นโลกแบบแกน XY หรือแนวตัดขวาง (Cross Section) ก่อน หลังจากนั้นเครื่องพิมพ์จะเลื่อนฐานไปพิมพ์ในชั้นถัดไปทับไปเรื่อยๆ จนออกมาเป็นรูปร่าง 3 มิติ

โดยปกติแล้วความละเอียดของการพิมพ์ 3 มิติจะใช้หน่วยวัดเป็นไมครอน เช่น 100 Micron (0.1mm) ต่อชั้น หมายความว่าแต่ละชั้นจะพิมพ์ด้วยความสูงประมาณ 0.1 mm ถ้าโมเดลสูง 10 mm เครื่องพิมพ์จะต้องพิมพ์ทั้งหมด 100 ชั้น ซึ่งถ้าพิมพ์ต่อชั้นที่ 50 Micron (0.05mm) ก็จะต้องใช้เวลาในการพิมพ์เพิ่มขึ้น แต่ตัวเลขความบางของชั้นที่พิมพ์ไม่ใช่ตัวบอกความละเอียดที่ทาให้ได้ชิ้นงานสวยงาม

**2.2.1 การพิมพ์ 3 มิติแบ่งกระบวนการในการพิมพ์และวัสดุที่ใช้**

**1. ระบบฉีดเส้นพลาสติก (FDM หรือ FFF)**

เครื่องพิมพ์ 3 มิติระบบ FDM (Fused Deposition Modeling) หรือ FFF เป็นเครื่องพิมพ์ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน มีหลักการพิมพ์คือ การหลอมเส้นพลาสติกให้กลายเป็นของเหลวแล้วฉีดออกมาเป็นเส้นด้วยหัวฉีด (Nozzle) ที่มีลักษณะคล้ายกับปืนกาวที่ใช้กันทั่วไป โดยเครื่องพิมพ์ FDM จะวาดเส้นพลาสติกที่ถูกฉีดออกมา เริ่มจากในแกนระนาบเป็นชั้นไปเรื่อยๆ จนได้ชิ้นงานที่ต้องการ

ระบบฉีดเส้นพลาสติกใช้ได้กับงานทุกประเภท โดยชิ้นงานที่ถูกพิมพ์ออกมาแล้วสามารถนามาขัด แต่งหรือเจาะเพื่อนาไปใช้งานได้ต่อ ใช้วัสดุในการพิมพ์ได้หลายหลาก เช่น เส้น PLA, ABS, PET, Nylon, Wood (พลาสติกผสมไม้), Bronze (พลาสติกผสมทองเหลือง) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. ระบบถาดเรซิ่น (SLA หรือ DLP)**

เครื่องพิมพ์ 3 มิติระบบนี้จะฉายแสงไปที่ถาดใส่เรซิ่นความไวแสง (Photo Resin / Photopolymer) เมื่อเรซิ่นถูกแสงจะแข็งตัวเฉพาะจุดที่โดนแสงจึงใช้หลักการนี้ในการสร้างรูปร่าง 3 มิติขึ้นมา

ระบบ SLA (Stereo Lithography) และ DLP (Digital Light Processing) ต่างกันที่ต้นกาเนิดของแสง และความเร็วในการทาชิ้นงาน ระบบ SLA ใช้แหล่งกาเนิดแสงด้วยแสงเลเซอร์ โดยเครื่องจะทาการยิงเลเซอร์ไปที่เรซิ่นและวาดเส้นเลเซอร์ไปเรื่อยๆ

ระบบ DLP (Direct Light Process) จะใช้โปรเจคเตอร์ฉายภาพไปที่ถาดเรซิ่น ซึ่งภาพนั้นจะฉายไปทั้งเลเยอร์บนถาดเรซิ่นท าให้ใช้เวลาพิมพ์ได้น้อยกว่าเพราะไม่ต้องวาดทีละเส้น

การพิมพ์ระบบถาดนี้ส่วนใหญ่เป็นการสร้างชิ้นงานขนาดเล็กและต้องการความละเอียดสูงจึงเหมาะกับธุรกิจประเภท เครื่องประดับ Jewelry ชิ้นส่วนขนาดเล็กในงานอุตสาหกรรม โมเดลฟิกเกอร์

**3. ระบบผงยิปซั่ม (Powder 3D Printer)**

เครื่องพิมพ์ 3 มิติระบบผงยิปซั่มหรือที่เรียกกันว่าเครื่องพิมพ์ระบบแป้ง โดยใช้ผงยิปซั่มหรือผงพลาสติกเป็นตัวขึ้นชิ้นงาน เครื่องพิมพ์จะทางานโดยพิมพ์ลงไปบนผงยิปซั่มและใส่สีเข้าไปด้วย ในขณะที่พิมพ์จะฉีด Blinder ลงไปผสานให้เข้ากันเป็นรูปร่าง จุดเด่นของเครื่องพิมพ์นี้คือการให้สีได้สมจริง เหมาะกับงานศิลปะเหมือนจริงหรือชิ้นงานที่ต้องการเห็นสีสันที่สมจริง

**4. ระบบหลอมผงพลาสติก ผงโลหะ เซรามิก (SLS)**

เครื่องพิมพ์ 3 มิติระบบ SLS หรือ Selective Laser Sintering มีหลักการทางานคล้ายกับระบบ SLA แต่ต่างกันที่วิธีการทาให้เรซิ่นแข็งตัวโดยการฉายเลเซอร์ โดยระบบ SLS นั้นจะยิงเลเซอร์ไปโดยตรงบนผงวัสดุ เช่นผงทองเหลือง ท าให้ผงวัสดุหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันและทับซ้อนกันต่อไปเป็นชั้นๆ

**2.1.2 การแบ่งเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ตามกลุ่มตลาด**

แบ่งได้ 4 กลุ่ม โดยมีเครื่องพิมพ์ ซอฟต์แวร์ และวัสดุในการพิมพ์ที่แตกต่างกันออกไป

**1. การสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็ว (Rapidprototype)**

การพิมพ์ 3 มิติที่ใช้อย่างแพร่หลายเพื่อสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วตามแนวความคิด หรือพิมพ์ขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานเท่านั้น ซึ่งจะเป็นการพิมพ์แบบง่ายๆ โดยอาจจะใช้งานไม่ได้จริงเพื่อให้ผู้ออกแบบได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพก่อนจะมีก่อนผลิตสินค้าจริง เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ สถิติการพิมพ์ต้นแบบเมื่อปี 2013 ของบริษัทฟอร์ด ที่มีการพิมพ์ต้นแบบด้วยการพิมพ์ 3 มิติ มากกว่า 5 แสนชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2. การสร้างแม่พิมพ์ (Molds and Tooling)**

การพิมพ์ 3 มิติใช้การสร้างแม่พิมพ์และตัวจับยึด (Jigs and Fixtures) สาหรับขึ้นรูปโลหะและพลาสติกซึ่งอาศัยความพิถีพิถันสูงเนื่องจากต้องสร้างแม่พิมพ์ขึ้นด้วยมือโดยช่างผู้ชานาญ ซึ่งสามารถช่วยในการลดค่าใช้จ่ายเวลาในการพิมพ์ และยังสามารถเปลี่ยนรูปแบบสินค้าได้บ่อยท าให้มีการผลิตสินค้ารูปแบบต่างๆ ได้หลากหลาย เช่น การพิมพ์แบบหล่อทรายและการหล่อแบบส ารอกขี้ผึ้ง (Lost wax)

การพิมพ์ 3 มิติแบบหล่อทราย โดยการหล่อทรายเป็นแกนภายในและหล่อโลหะหลอมเหลวลงไปเพื่อหล่อเป็นชิ้นงาน ซึ่งจากรายงานของ ExOne ผู้น าด้านการพิมพ์แบบหล่อทราย พบว่าการพิมพ์ประเภทนี้ช่วยลดเวลาในการสร้างงานถึง 70% และยังมีความแม่นย าของมิติและความซับซ้อนของแบบหล่อได้ดี

การพิมพ์ 3 มิติแบบสารอกขี้ผึ้ง (Lost Wax) เป็นการสร้างชิ้นงานจากวัสดุขี้ผึ้งด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติแล้วนาไปหุ้มด้วยวัสดุที่ใช้สร้างแบบหล่อก่อนนาไปอบเผา เมื่อขี้ผึ้งได้รับความร้อนจะละลายและไหลออกมา (สารอกขี้ผึ้ง) ทาให้เกิดช่องว่างภายในแม่พิมพ์ที่สามารถนาโลหะหลอมเหลวเทเข้าไปแทนออกมาเป็นชิ้นงาน เทคนิคนี้เป็นที่รู้จักกันในอุตสาหกรรม ท าฟัน เครื่องประดับ และการผลิตสินค้าราคาสูงแต่จ านวนน้อย

**3. การผลิตโดยตรงระบบดิจิทัล (Direct Digital Manufacturing หรือ DDM)**

จุดเด่นของการพิมพ์ 3 มิติระบบดิจิทัลนี้ คือ ความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนที่มีรูปร่างและความซับซ้อนขึ้นเป็นชิ้นเดียว เช่น การพิมพ์สร้อยคอจากห่วงจานวนมากที่คล้องกันโดยไม่มีรอยตัดต่อ เรือในขวด บริษัทแอร์บัสสร้างชิ้นส่วนอากาศยานโลหะรูปร่างซับซ้อนโดยไม่ต้องน ามาเชื่อมต่อกันในภายหลัง

การพิมพ์ 3 มิติระบบดิจิทัลไม่จาเป็นต้องใช้แม่พิมพ์ ทาให้เหมาะสาหรับงานที่ต้องการชิ้นส่วนชิ้นเดียวหรือจานวนน้อย เช่น ในการสร้างภาพยนต์เรื่อง เจมส์ บอนด์ ภาค พลิกรหัสพิฆาตพยัคฆ์ร้าย (Skyfall) มีการสร้างแบบจ าลองของรถแอสตัน มาร์ติน รุ่น DB5 อัตราส่วน 1 ต่อ 3 ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ Voxeljet VX4000 โดยพิมพ์ออกมาเป็นชิ้นส่วนจานวน 18 ชิ้น และทาสีให้เหมือนจริง ช่วยให้กองถ่ายประหยัดต้นทุนในการซื้อรถของจริงได้มากขึ้น

**4. การผลิตระดับบุคคล (Personal Fabrication)**

ทาความเข้าใจง่ายๆ การพิมพ์ 3 มิติสาหรับกลุ่มตลาดนี้คือ ระดับของบุคคลทั่วไปที่ต้องการประดิษฐ์สิ่งของด้วยตัวเอง โดยผู้ใช้น าเครื่องพิมพ์ไปประกอบเองที่บ้านเหมาะส าหรับการใช้งานที่ไม่หนักจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.3 เครื่องตัดเลเซอร์ (LASER CUTTING)**

การตัดโดยเลเซอร์ เป็นเทคโนโลยีสาหรับการตัดวัสดุที่มีประสิทธิภาพสูง ให้ชิ้นงานที่มีคุณภาพภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว ซึ่งสามารถใช้ทดแทนการตัดแบบเดิม เช่น การตัดโดยก๊าซได้เป็นอย่างดี การตัดโดยเลเซอร์ สามารถตัดวัสดุทั่วไปที่มีขนาดไม่หนามาก ปัจจุบันสามารถตัดได้หนาถึง 15มม สามารถตัดวัสดุที่มีรูปร่างซับซ้อนได้อย่างแม่นย า

การตัดโดยใช้เลเซอร์ เป็นการใช้ความร้อนจากลาแสงเลเซอร์ ซึ่งเป็นแสงที่มีช่วงความถี่คลื่นแคบ มีความเข้มและพลังงานสูงผ่านไปบนวัสดุ ท าให้บริเวณจุดที่รับล าแสงหลอมละลาย โดยเมื่อเคลื่อนแนวล าแสงนี้ก็จะทาให้สามารถตัดชิ้นวัสดุได้ เครื่องตัดเลเซอร์ มีทั้งแบบตัดด้วยมือ และแบบติดตั้งกับระบบ CNC ซึ่งควบคุมการตัดด้วยคอมพิวเตอร์

**2.3.1 หลักการทำงานของระบบการตัดโดยใช้เลเซอร์**

เครื่องตัดเลเซอร์ มีวิธีการตัดโดยใช้เลเซอร์ ประกอบด้วย แหล่งกาเนิดแสงเลเซอร์ เพื่อผลิตแสงเลเซอร์ซึ่งมีช่วงความถี่คลื่นแคบ มีความเข้มและพลังงานสูง ผ่านไปยังหัวตัด ซึ่งจะมีเลนส์บีบลาแสงเพื่อฉายไปบนวัสดุ ทาให้เกิดการหลอมละลายและตัดชิ้นวัสดุในบริเวณที่ลาแสงผ่าน การผลิตแสงเลเซอร์สาหรับการตัดวัสดุของเครื่องตัดเลเซอร์ โดยทั่วไปจะก๊าซซึ่งมีส่วนผสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และฮีเลียม ผ่านเข้าไปในแท่งทรง กระบอกกลวงและใช้พลังงานไฟฟ้าในการกระตุ้นอะตอมของก๊าซ เพื่อให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานออกมาเกิดเป็นลาแสงเลเซอร์ หัวตัดเลเซอร์จะประกอบด้วยส่วนสร้างลาแสงเลเซอร์ ซึ่งมีช่วงความยาวคลื่นเฉพาะ โดยลาแสงเลเซอร์จะส่องผ่านไปยังเลนส์เพื่อบีบลาแสงให้แคบและมีความเข้มสูงไปยังชิ้นงาน นอกจากนี้หัวตัดเลเซอร์จะมีส่วนที่น าก๊าซที่มีความดัน เพื่อที่จะใช้เป่าไล่เศษการตัดออกจากบริเวณที่ตัดชิ้นงาน

**2.3.2 คุณภาพการตัดวัสดุ**

การตัดโดยใช้เครื่องตัดเลเซอร์ให้ความแม่นยาที่สูงมาก สามารถตัดวัสดุที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ โดยรอยไหม้ที่เกิดจากความร้อนจากการตัดจะมีขนาดเล็ก เปรียบเทียบการตัดโดยเครื่องตัดเลเซอร์กับการตัดโดยก๊าซ คุณภาพการตัดการตัดโดยก๊าซ เช่น ระบบการตัดแบบหัวตัดพลาสม่า หัวตัดแก๊ส LPG จะมีรอยตัดใหญ่ เกิดรอยไหม้ที่ชิ้นงานในบริเวณกว้าง ต้องเสียแรงงานในการปรับแต่งผิวชิ้นงาน คุณภาพการตัดการตัดโดยเครื่องตัดเลเซอร์ คุณภาพการตัดดีมาก รอยตัดเล็ก เกิดรอยไหม้ที่ชิ้นงานน้อย

**2.4 เครื่อง CNC**

เครื่อง CNC (Computer Numerical Control) คือ เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติที่มีการทางานด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยตัวเครื่องจะทางานตามแบบที่เราได้จัดใส่โปรแกรมการทางานเข้าไป และสามารถใช้ได้หลายภาษา ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เครื่องจักรชนิดนี้กับงานโลหะที่ต้องการความละเอียดและแม่นยา หรือมีความซับซ้อนสูง โดยมีจุดประสงค์ในสร้างเครื่อง CNC ขึ้นมาเพื่อให้สามารถทางานได้โดยอัตโนมัติในแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว แม่นยา และสามารถทางานในแบบที่ซับซ้อนได้ดี ด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการควบคุมมุมต่างๆ ได้อย่างละเอียด ท ให้ชิ้นงานออกมาดีนั่นเอง

**2.5 เครื่องสแกนสามมิติ**

การสแกนโดยการหมุนทามุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพจะกาหนดให้วัตถุที่ต้องการเก็บข้อมูลระยะทางวางอยู่กับที่ ส่วนที่เคลื่อนที่จะเป็นส่วนของแหล่งกาเนิดแสงเพียงอย่างเดียว ซึ่งในกรณีนี้จะใช้ร่วมกับหลักการเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียไปโดยการใช้แสง (LIDAR : Light Detection And Ranging) หรือส่วนเคลื่อนที่จะเป็นส่วนของแหล่งกาเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับภาพ ในกรณีนี้จะใช้ร่วมกับการเก็บข้อมูลระยะทางด้วยหลักการสามเหลี่ยมแอ็คทีพโดยการใช้แสงแบบจุด (Light Spot Triangulation) อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการควบคุมการหมุนหรือเปลี่ยนมุมของแสงคือ MEMS (Micro Electro Mechanical System) ซึ่งเป็นอุปกรณ์นี้ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กและส่วนควบคุมการเอียงของกระจก การสแกนโดยการหมุนทามุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพจะนิยมใช้ในงานการสร้างแผนที่สามมิติ หรือการเก็บข้อมูลของวัตถุขนาดเล็กเพราะจะใช้เวลาในการสแกนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

# การออกแบบและการทดลอง

## 3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1. รวบรวมจัดหาเครื่องมือที่จ าเป็นต้องใช้ในห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม
2. ปรับปรุงระบบสนับสนุนการใช้งานเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ
3. พัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการส าหรับการเข้าใช้บริการ
4. สรุปผลที่ได้จากการเข้าใช้งาน และจากผลการประเมินการใช้งาน

## 3.2 ออกแบบพื้นที่ใช้งานและปรับปรุงพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์

ภาพที่ 3.1 การกั้นห้องปฏิบัติการด้วยกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 การกั้นห้องปฏิบัติการด้วยกระจก

ภาพที่ 3.3 การกั้นห้องปฏิบัติการด้วยกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.4 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่อง CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่องตัดเลเซอร์

ภาพที่ 3.6 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่องตัดเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.7 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่อง CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.8 การเตรียมพื้นที่และอุปกรณ์สนับสนุนส าหรับเครื่อง CNC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.3 งานพัฒนาคลังต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ การตัดเลเซอร์ การพิมพ์สามมิติ และเครื่อง CNC**

ภาพที่ 3.9 ต้นแบบชิ้นงานส หรับใช้ในการฝึกอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

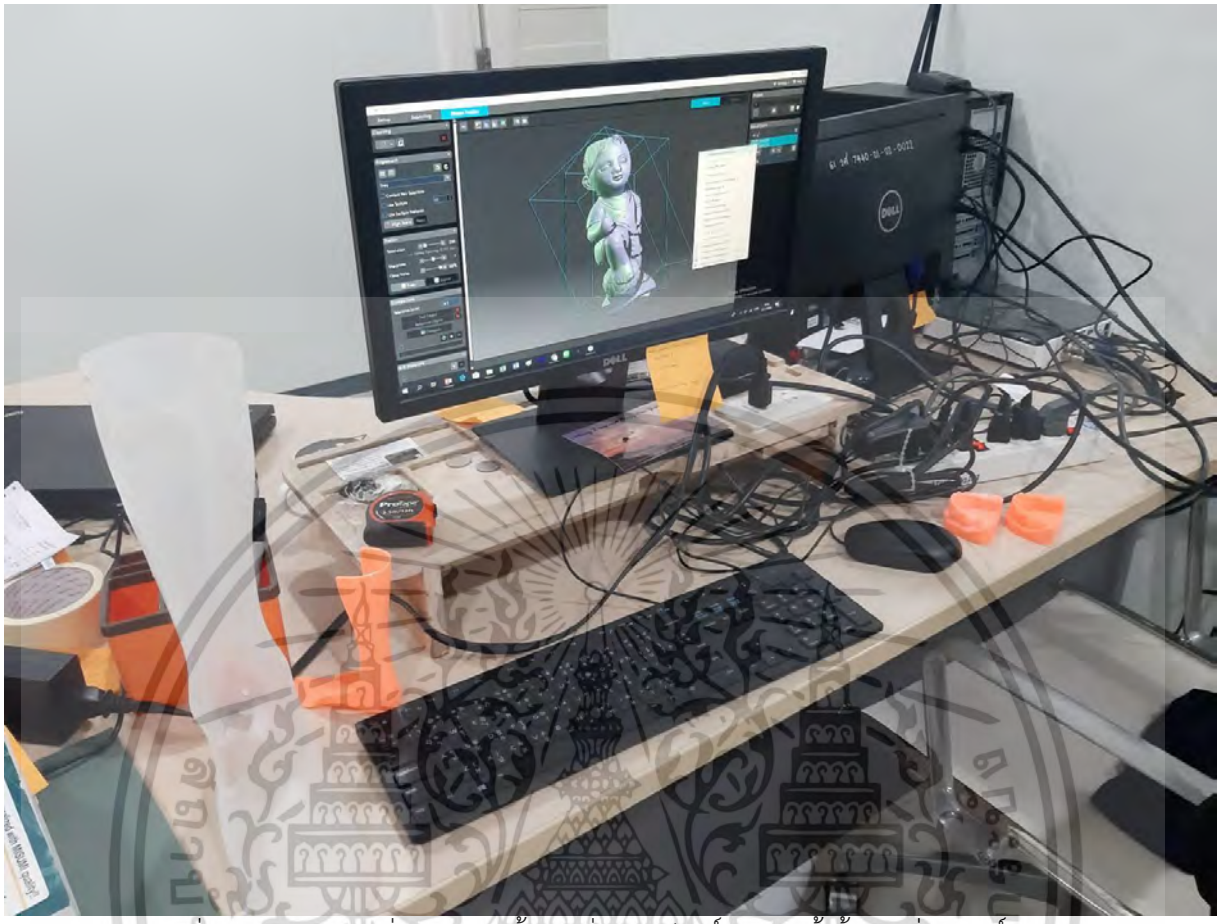
**3.4 งานพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับบริหารจัดการทรัพยากรและการเข้าใช้บริการ (และระบบความปลอดภัย)**

ภาพที่ 3.10 โปรแกรมช่วยในการใช้งานเพื่อแปลงไฟล์ CAD ให้ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

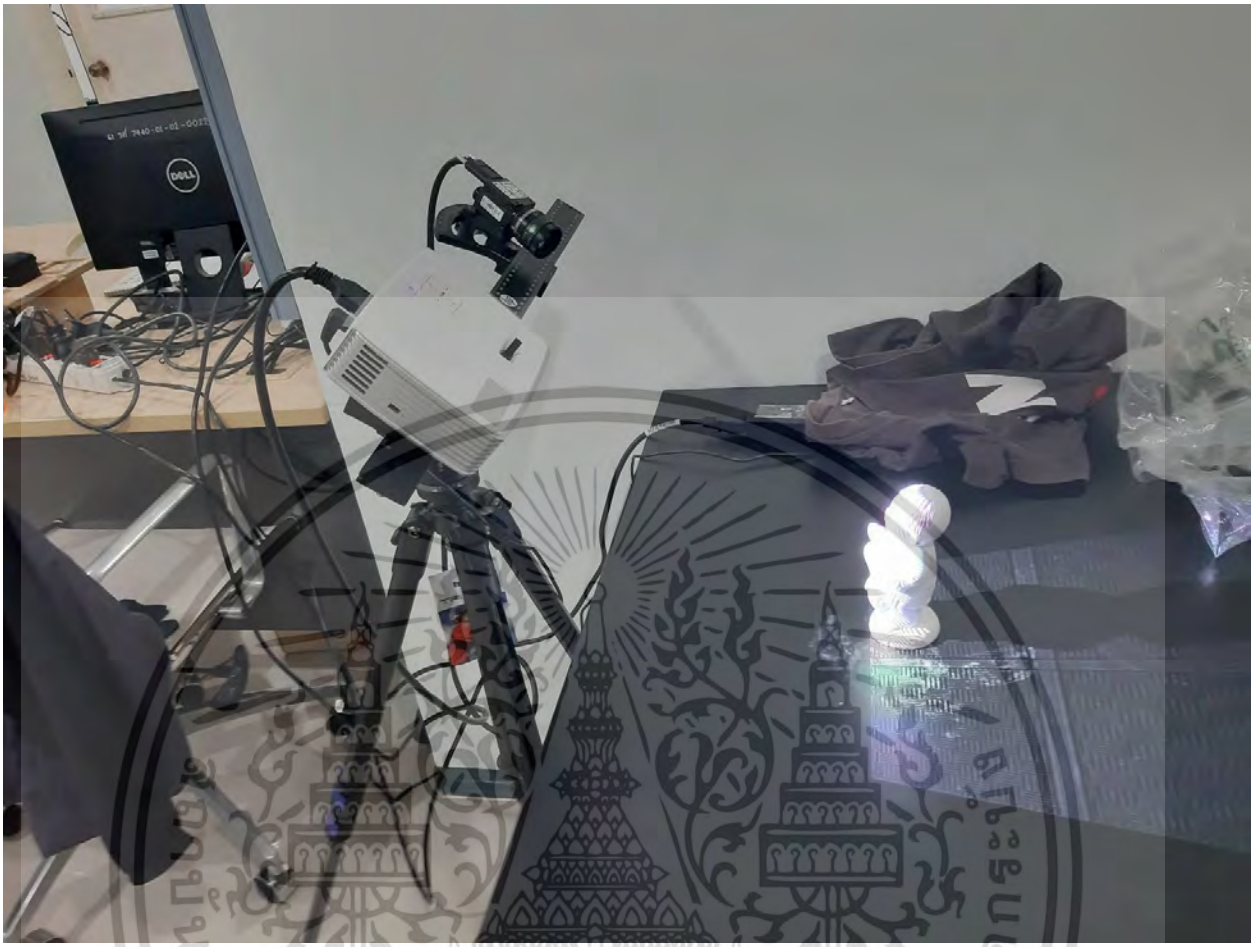
ภาพที่ 3.11 โปรแกรมช่วยบริหารจัดการด้านความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



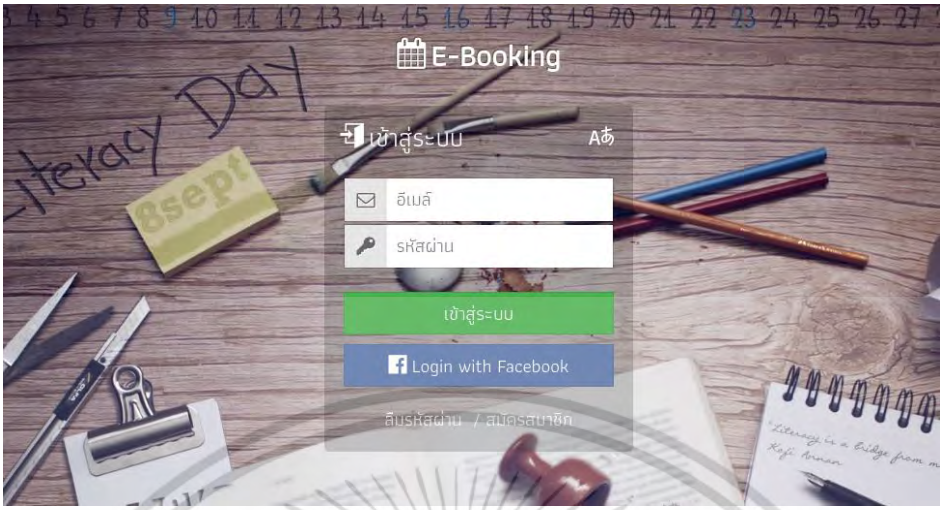
ภาพที่ 3.12 โปรแกรมช่วยในการใช้งานเพื่อแปลงไฟล์ CAD ให้ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.13 ระบบสแกนสามมิติเพื่อให้ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิติ

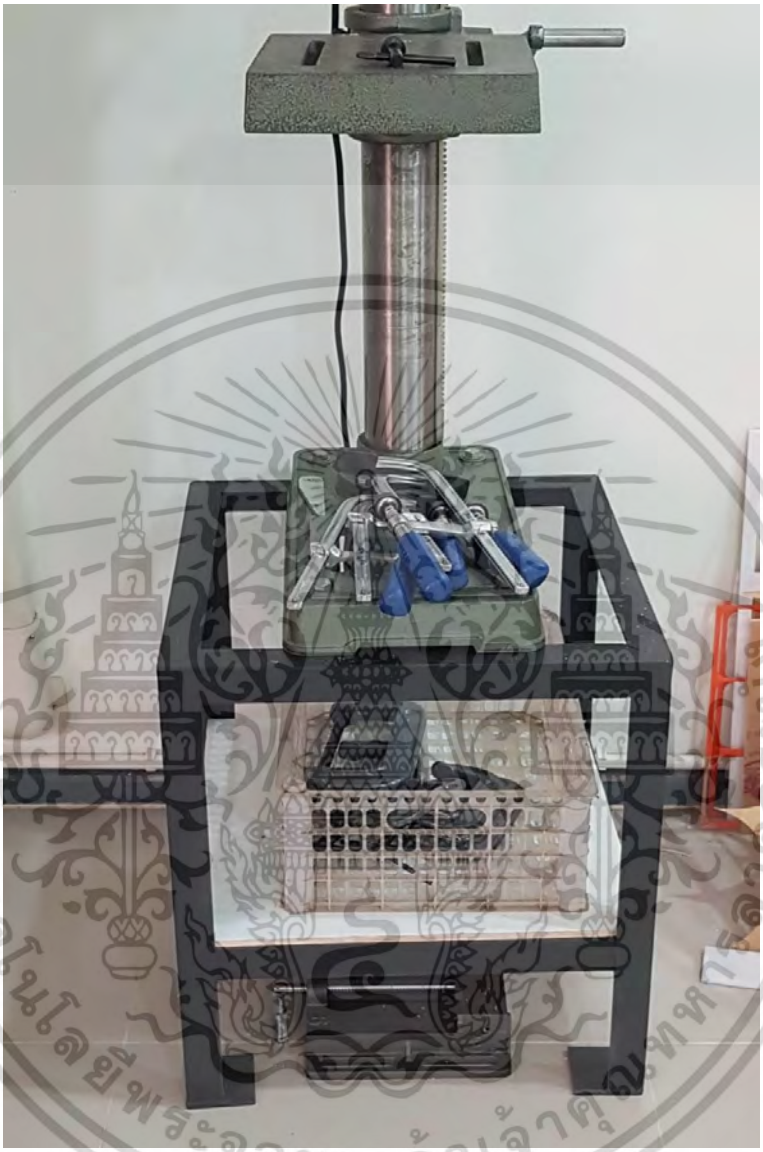
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 โปรแกรมบริหารจัดการการจองเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

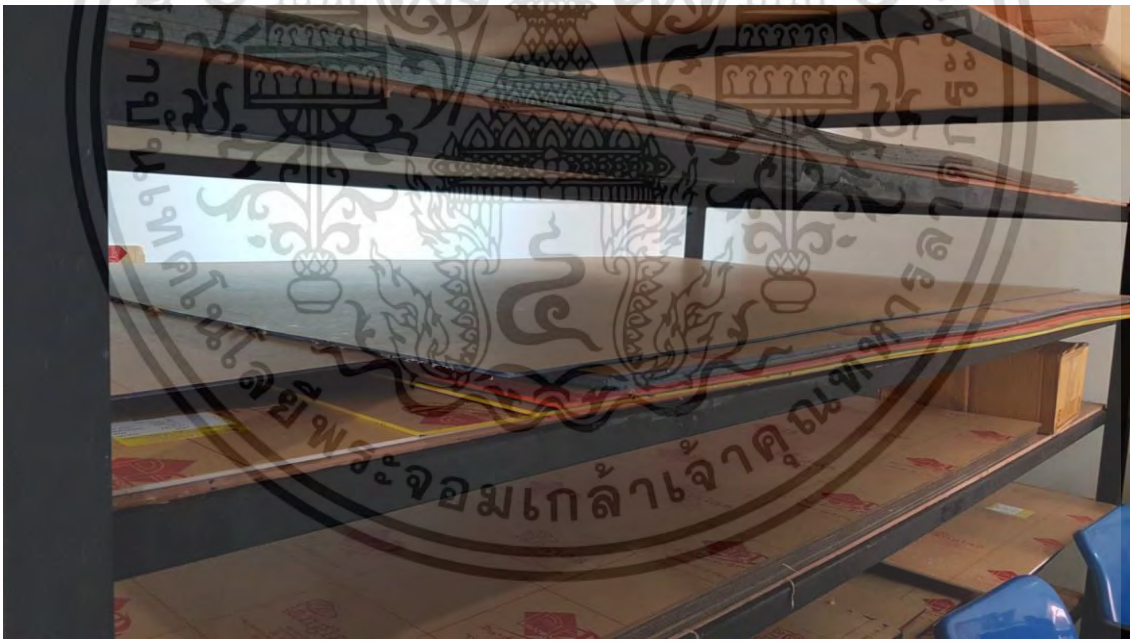
**3.5 งานสร้างอุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง สำหรับจัดเก็บวัสดุ เช่น แผ่นอะคริลิค โลหะ ไม้ และพลาสติก**



ภาพที่ 3.15 (ก) อุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.15 (ข) อุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ



ภาพที่ 3.15 (ค) อุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.15 (ง) อุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.15 (จ) อุปกรณ์จัดเก็บ ชั้นวาง ส าหรับจัดเก็บวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

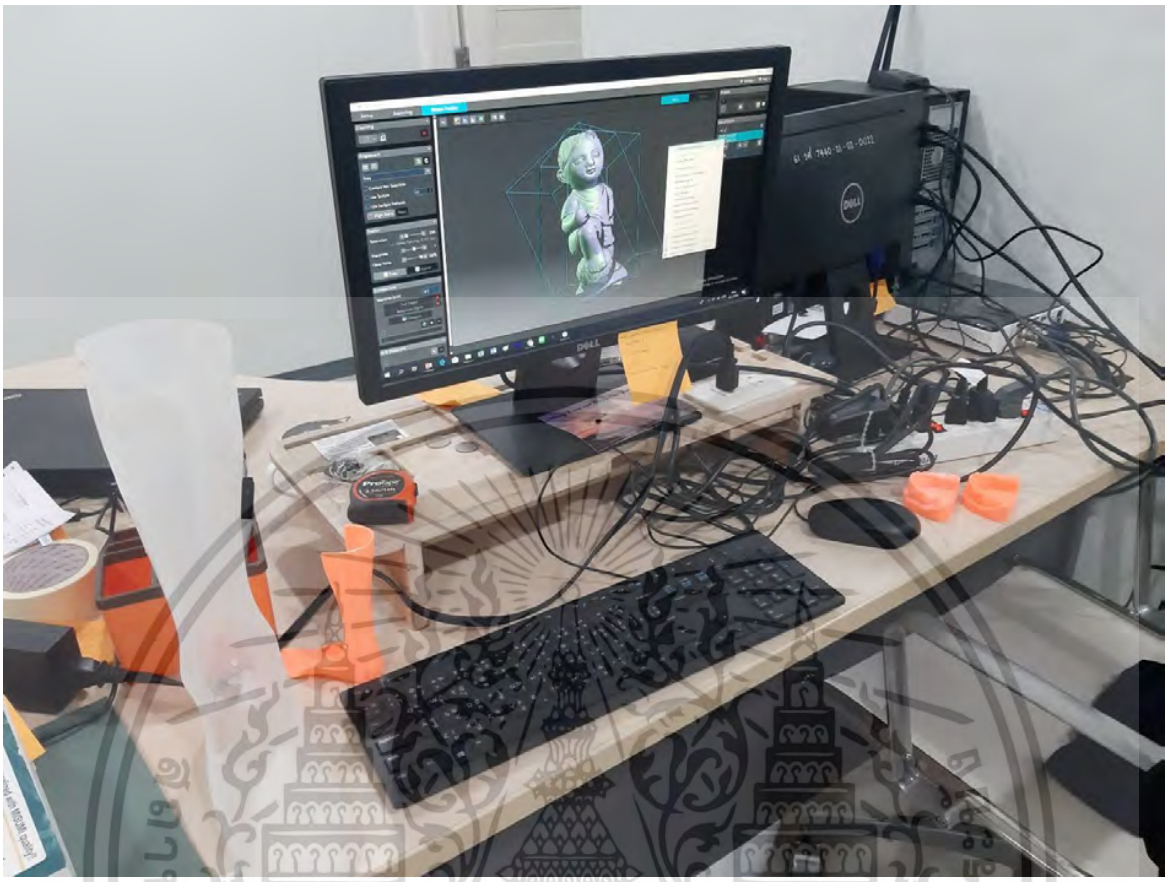
# ผลการทดลองใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

ภาพที่ 4.1 (ก) ประมวลภาพการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 (ข) ประมวลภาพการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 (ค) ประมวลภาพการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.1 (ง) ประมวลภาพการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5

## สรุปผลการประเมินการใช้งานห้องปฏิบัติการประดิษฐกรรม

สรุปผลการประเมินงานอบรมเชิงปฏิบัติการ “การใช้เครื่องพิมพ์สามมิติและLaser Cutting เบื้องต้น ” วันที่ 4 กรกฎาคม 2561 ณ ศูนย์ EIDTs คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. ความมุ่งหมายของการประเมินโครงการครั้งนี้เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม ในการมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น การวางแผน การดาเนินงาน การประเมินและการปรับปรุงแผนกลยุทธ์ โดยสามารถแปลงแผนกลยุทธ์ไปสู่การปฏิบัติการและช่วยกันผลักดันตัวชี้วัดให้บรรลุ เป้าหมาย เป้าประสงค์ และวิสัยทัศน์ของสถาบัน ตลอดจนนาความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ในการท งาน รวมทั้งน ไปเผยแพร่หรือถ่ายทอดให้กับผู้อื่นได้

**5.1 เกณฑ์การแปลความหมาย**

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

4.51-5.00 หมายถึง มีความรู้ความเข้าใจ/ความพึงพอใจมากที่สุด

3.51-4.50 หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ/ความพึงพอใจมาก

2.51-3.50 หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ/ความพึงพอใจปานกลาง

1.51-2.50 หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ/ความพึงพอใจน้อย

1.00-1.50 หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ/ความพึงพอใจน้อยที่สุด

**5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล**

จากการเก็บแบบสอบถามของผู้เข้าร่วมโครงการ จ นวน 9 ชุด น มาตรวจสอบความถูกต้องท การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลได้ดังตารางต่อไปนี้

**ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไป (เพศ)**

| เพศ | จำนวน (คน) | ร้อยละ |
|---|---|---|
| ชาย | 9 | 100 |
| หญิง | 0 | 0 |
| **รวม** | **9** | **100** |

จากตาราง 1 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายจ นวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และไม่มีเพศหญิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตาราง 2 ความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการ 3D Printer**

| รายการ | ระดับความรู้ความเข้าใจ | | | | | $\overline{X}$ | ร้อยละ | ระดับ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด | | | |
| **ก่อนเข้าร่วมโครงการ** | | | | | | | | |
| 1.หลักการทางานของ 3D printer ระบบ FDM | (0) 0 | (0) 0 | (3) 33.33 | (5) 55.56 | (1) 11.11 | 2.22 | 44.44 | น้อย |
| 2.การ Calibrate เครื่อง 3D printer ก่อนใช้งาน | (0) 0 | (0) 0 | (3) 33.33 | (5) 55. 56 | (1) 11.11 | 2.22 | 44.44 | น้อย |
| 3.การเตรียมเครื่อง 3D printer ก่อนใช้งาน | (0) 0 | (0) 0 | (3) 33.33 | (6) 66.67 | (0) 0 | 2.33 | 46.67 | น้อย |
| 4.การใช้งานโปรแกรม Slicer (CURA) | (0) 0 | (0) 0 | (3) 33.33 | (5) 55.56 | (1) 11.11 | 2.22 | 44.44 | น้อย |
| 5.วัสดุส หรับงาน 3D print | (0) 0 | (1) 11.11 | (4) 44.44 | (3) 33.33 | (1) 11.11 | 2.56 | 51.11 | ปานกลาง |
| 6.ประเภทไฟล์ข้อมูลที่ใช้กับงาน 3D print | (0) 0 | (0) 0 | (3) 33.33 | (6) 66.67 | (0) 0 | 2.33 | 46.67 | น้อย |
| | | | | | **เฉลี่ยรวม** | 2.31 | 46.30 | น้อย |
| **หลังเข้าร่วมโครงการ** | | | | | | | | |
| 1. หลักการทางานของ 3D printer ระบบ FDM | (1) 11.11 | (7) 77.78 | (1) 11.11 | (0) 0 | (0) 0 | 4 | 80 | มาก |
| 2.การ Calibrate เครื่อง 3D printer ก่อนใช้งาน | (1) 11.11 | (5) 55.56 | (3) 33.33 | (0) 0 | (0) 0 | 3.78 | 75.56 | มาก |
| 3.การเตรียมเครื่อง 3D printer ก่อนใช้งาน | (1) 11.11 | (8) 88.89 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.11 | 82.22 | มาก |
| 4.การใช้งานโปรแกรม Slicer (CURA) | (1) 11.11 | (8) 88.89 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.11 | 82.22 | มาก |
| 5.วัสดุส หรับงาน 3D print | (2) 22.22 | (7) 77.78 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.22 | 84.44 | มาก |
| 6.ประเภทไฟล์ข้อมูลที่ใช้กับงาน | (1) | (6) | (2) | (0) | (0) | 3.89 | 77.78 | มาก |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3D print | 11.11 | 66.67 | 22.22 | 0 | 0 | | | |
| | | | | | **เฉลี่ยรวม** | 4.02 | 80.37 | มาก |

จากตาราง 2 พบว่าก่อนเข้าร่วมโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับน้อย ( $\overline{X}$ = 2.31) คิดเป็นร้อยละ 46.30 และหลังเข้าร่วมโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.02) คิดเป็นร้อยละ 80.37

**ตาราง 3 ความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังเข้าร่วมโครงการ Laser Cutting**

| **รายการ** | **ระดับความรู้ความเข้าใจ** | | | | | $\overline{X}$ | **ร้อยละ** | **ระดับ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **มากที่สุด** | **มาก** | **ปานกลาง** | **น้อย** | **น้อยที่สุด** | | | |
| **ก่อนเข้าร่วมโครงการ** | | | | | | | | |
| 1.หลักการทางานของเครื่อง Laser cutting (Co2) | (0) 0 | (0) 0 | (1) 11.11 | (6) 66.67 | (2) 22.22 | 1.89 | 37.78 | น้อย |
| 2.การเตรียมเครื่อง Laser cutting ก่อนท ชิ้นงาน | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | (6) 66.67 | (3) 33.33 | 1.67 | 33.33 | น้อย |
| 3.การเตรียมไฟล์ด้วยโปรแกรม Aspire | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | (6) 66.67 | (3) 33.33 | 1.67 | 33.33 | น้อย |
| 4.การเตรียมไฟล์และส่งไฟล์ด้วยโปรแกรม Auto Laser | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | (6) 66.67 | (3) 33.33 | 1.67 | 33.33 | น้อย |
| 5.วัสดุสาหรับงาน Laser cutting | (0) 0 | (1) 11.11 | (4) 44.44 | (4) 44.44 | (0) 0 | 2.67 | 53.33 | ปานกลาง |
| 6.ประเภทไฟล์ข้อมูลที่ใช้กับงาน Laser cutting | (0) 0 | (0) 0 | (1) 11.11 | (6) 66.67 | (2) 22.22 | 1.89 | 37.78 | น้อย |
| | | | | | **เฉลี่ยรวม** | 1.91 | 38.15 | น้อย |
| **หลังเข้าร่วมโครงการ** | | | | | | | | |
| 1.หลักการทางานของเครื่อง Laser cutting (Co2) | (1) 11.11 | (5) 55.56 | (3) 33.33 | (0) 0 | (0) 0 | 3.78 | 75.56 | มาก |
| 2.การเตรียมเครื่อง Laser cutting ก่อนท ชิ้นงาน | (1) 11.11 | (7) 77.78 | (1) 11.11 | (0) 0 | (0) 0 | 4 | 80 | มาก |
| 3.การเตรียมไฟล์ด้วยโปรแกรม | (1) | (7) | (1) | (0) | (0) | 4 | 80 | มาก |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aspire | 11.11 | 77.78 | 11.11 | 0 | 0 | | | |
| 4.การเตรียมไฟล์และส่งไฟล์ด้วยโปรแกรม Auto Laser | (1) 11.11 | (5) 55.56 | (3) 33.33 | (0) 0 | (0) 0 | 3.78 | 75.56 | มาก |
| 5.วัสดุสาหรับงาน Laser cutting | (2) 22.22 | (6) 66.67 | (1) 11.11 | (0) 0 | (0) 0 | 4.11 | 82.22 | มาก |
| 6.ประเภทไฟล์ข้อมูลที่ใช้กับงาน Laser cutting | (1) 11.11 | (5) 55.56 | (3) 33.33 | (0) 0 | (0) 0 | 3.78 | 75.56 | มาก |
| | | | | | **เฉลี่ยรวม** | 3.91 | 78.15 | มาก |

จากตาราง 2 พบว่าก่อนเข้าร่วมโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับน้อย ( $\overline{X}$ 1.91) คิดเป็นร้อยละ 38.15 และหลังเข้าร่วมโครงการ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 3.91) คิดเป็นร้อยละ 78.15

**ตาราง 4 ความพึงพอใจที่มีต่อโครงการ**

| **รายการ** | **ระดับความพึงพอใจ** | | | | | $\overline{X}$ | **ร้อยละ** | **ระดับ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **มากที่สุด** | **มาก** | **ปานกลาง** | **น้อย** | **น้อยที่สุด** | | | |
| 1. เนื้อหาที่จัดสอดคล้องกับความต้องการ | (1) 11.11 | (7) 77.78 | (1) 11.11 | (0) 0 | (0) 0 | 4 | 80 | มาก |
| 2. เอกสารประกอบ/สื่อมีความเหมาะสม | (1) 11.11 | (6) 66.67 | (1) 11.11 | (0) 0 | (1) 11.11 | 3.67 | 73.33 | มาก |
| 3. ระยะเวลาในการจัดอบรมเหมาะสม | (1) 11.11 | (8) 88.89 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.11 | 82.22 | มาก |
| 4. สถานที่ในการจัดอบรมเหมาะสม | (4) 44.44 | (5) 55.56 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.44 | 88.89 | มาก |
| 5. วิทยากรมีความรอบรู้ในเรื่องที่มาบรรยาย | (4) 44.44 | (4) 44.44 | (1) 11.11 | (0) 0 | (0) 0 | 4.33 | 86.67 | มาก |
| 6. การบรรยายชัดเจน/เข้าใจง่าย | (6) 66.67 | (3) 33.33 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.67 | 93.33 | มากที่สุด |
| 7. วิทยากรเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมมีส่วนร่วม | (5) 55.56 | (4) 44.44 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.56 | 91.11 | มากที่สุด |
| | | | | | **เฉลี่ยรวม** | 4.25 | 85.08 | มาก |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในการเข้าร่วมโครงการโดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.25) คิดเป็นร้อยละ 85.08 และเมื่อพิจารณาเป็นรายการเรียงตามลาดับจากมากไปหาน้อยพบว่า ผู้เข้าร่วมโครงการมีความพึงพอใจในการบรรยายชัดเจน/เข้าใจง่าย ระดับมากที่สุด ( $\overline{X}$ = 4.67) คิดเป็นร้อยละ 93.33 รองลงมาคือ วิทยากรเปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมมีส่วนร่วม ระดับมากที่สุด ( $\overline{X}$ = 4.56) คิดเป็นร้อยละ 91.11 , สถานที่ในการจัดอบรมเหมาะสม ระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.44) คิดเป็นร้อยละ 88.89 , วิทยากรมีความรอบรู้ในเรื่องที่มาบรรยาย ระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.33) คิดเป็นร้อยละ 86.67 , ระยะเวลาในการจัดอบรมเหมาะสม ระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.11) คิดเป็นร้อยละ 82.22 , เนื้อหาที่จัดสอดคล้องกับความต้องการ ระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4) คิดเป็นร้อยละ 80 และเอกสารประกอบ/สื่อมีความเหมาะสม ระดับมาก ( $\overline{X}$ = 3.67) คิดเป็นร้อยละ 73.33 ตามล าดับ

**ตาราง 5 การนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์**

| รายการ | ระดับการนำไปใช้ประโยชน์ | | | | | $\overline{X}$ | ร้อยละ | ระดับ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด | | | |
| 1. การน าความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน | (1) 11.11 | (8) 88.89 | (0) 0 | (0) 0 | (0) 0 | 4.11 | 82.22 | มาก |
| | | | | | เฉลี่ยรวม | 4.11 | 82.22 | มาก |

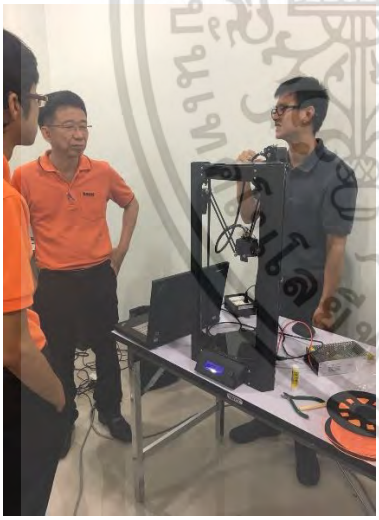
จากตาราง 5 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามสามารถนาความรู้ไปใช้ประโยชน์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ( $\overline{X}$ = 4.11) คิดเป็นร้อยละ 82.22

**5.3 สรุปข้อเสนอแนะของผู้ตอบแบบสอบถาม**

- ควรมีเอกสารประกอบการอบรม
- ควรมีอาหารและของว่าง (ของบประมาณจากคณะวิศวกรรมศาสตร์)
- ควรมีการจัดอบรมทุก ๆ 3 เดือน
- ขอให้มีรุ่นต่อ ๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปถ่ายภาพในงานอบรมเชิงปฏิบัติการ**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

[1] Menichinelli, Massimo. "Business Models for Fab Labs".

[2] Troxler, Peter (2011). "Libraries of the Peer Production Era". In van Abel, Bas; Evers, Lucas;

[3] Klaassen, Roel; Troxler, Peter. Open Design Now. Why Design Cannot Remain Exclusive. Bis Publishers. ISBN 978-90-6369-259-9.

[4] Gershenfeld, Neil A. (2005). Fab: the coming revolution on your desktop—from personal computers to personal fabrication. New York: Basic Books. ISBN 0-465-02745-8.

[5] Mikhak, Bakhtiar; "development by design" (dyd02) (2002). "Fab Lab: an alternate model of ICT for development" (PDF). Bangalore ThinkCycle. Retrieved 6 July 2013.

[6] "Fab Central - Fab Lab - IaaC". Archived from the original on 10 February 2014. Retrieved 31 January 2014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข้อมูลประวัติผู้วิจัย**

**ประวัติคณะวิจัย**

**ข้อมูลเกี่ยวกับคณะผู้วิจัย**( ข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี โดยจ าแนกเป็นรายบุคคลและรายปีให้เห็นชัดเจน)

**1.1 ประวัติ**

**ชื่อ-สกุล ทวีพล ซื่อสัตย์**

หน้าที่การงานปัจจุบัน (อาจารย์/เจ้าหน้าที่ /นักวิจัย /นักศึกษาระดับ...../อื่นๆ)

ต าแหน่ง รองศาสตราจารย์

**ประวัติการศึกษาสูงสุด**

| ชื่อย่อปริญญา | สาขา | สถาบันที่จบ | ปีที่จบ |
|---|---|---|---|
| **วศ.บ** | วิศวกรรมการวัดคุม | **สจล.** | **2539** |
| **วศ.ม** | วิศวกรรมไฟฟ้า | **สจล.** | **2541** |
| Dr.Mont | Automation | University of Leoben, Austria | 2551 |

**สถานที่ติดต่อ** หลักสูตร วิศวกรรมการวัดคุม สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพ 10520

**ประสบการณ์วิจัยหรือสาขาที่ชำนาญ**

-การออกแบบเครื่องจักรและระบบโรงงานอัตโนมัติ

-การวัดคุมทางอุตสาหกรรม

-การวัดและทดสอบ

-ระบบตรวจสอบด้วยมาชีนวิชั่น ประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิต อุตสาหกรรมอาหาร

**ผลงาน**

**ผลงานวิชาการอื่นๆ (เช่น Proceeding ตำรา ฯลฯ)**

**1 ตำรา**

1) **ทวีพล ซื่อสัตย์** “การวิจัยด าเนินงาน”ส านักพิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 2542

2) **ทวีพล ซื่อสัตย์** และ ไสว พงศ์สวัสดิ์ “ปฏิบัติการวิศวกรรมการวัดคุม 3” ส านักพิมพ์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 2547

3) นวภัทรา หนูนาค และ**ทวีพล ซื่อสัตย์** “การวัดและเครื่องมือวัด” ส านักพิมพ์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2 ประชุมวิชาการนานาชาติ**

1) Bernhard Mortl, Paul O'Leary, Matthew Harker and **Taweepol Suesut** "Recognition of 3D Embossed Digits using Discrete Orthogonal Polynomials", 9th International Conference on Quality Control by Artificial Vision, Wels, May 2009, Austria.
2) **Taweepol SUESUT**, Navaphattra NUNAK, Sarayut INTHUSET "Fish Size Measurement by Computer Vision using Laser Light Sectioning", International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Surasammanakhan, Suranaree University of Technology April 2009, , Nakhon Ratchasima, Thailand
3) Navaphattra NUNAK, **Taweepol SUESUT,** "Electrical Conductivity of Bonito Tuna during Ohmic Thawing", International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Surasammanakhan, Suranaree University of Technology April 2009, , Nakhon Ratchasima, Thailand
4) P.O'Leary, M.Harker **T.Suesut** "Combined Polynomial and Periodic Moments for the Analysis of Measured 3D Surfaces", IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, May 2008, Canada.
5) **Taweepol Suesut**, Peter Schalk, Paul O'Leary, Ewald Fauster, Matthew Harker, "Real-time Geometric surface Inspection", International Conference on Engineering, Applied Science and Technology,Bangkok, November 2007, Thailand.
6) Nunak N. and **Taweepol S.** (2007). Measuring Geometric Mean Diameter of Fruit and Vegetable using Computer Vision. "PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment-ICEE-2007", Phuket, 10-11 May 2007, Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บันทึกรายการรับ - จ่ายเงิน สัญญาเลขที่.2561-02-01-012 ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2560 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2561**

| | |
|---|---|
| **แหล่งทุน :** | เงินรายได้ |
| **ชื่อโครงการ :** | การพัฒนาระบบบริการอัจฉริยะสำหรับห้องปฏิบัติการประดิษฐ์กรรม |
| **ชื่อหัวหน้าโครงการ :** | รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีพล ชื่อสัตย์ |

| ว/ด/ป | รายการ | เลขที่อ้างอิง | รายการรับ - จ่าย | | | รายรับดอกเบี้ยรับ | งบบุคลากร | รายจ่าย | | | | งบลงทุน | รวมรายจ่าย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | รับ | จ่าย | คงเหลือ | | ค่าจ้างชั่วคราว | ค่าตอบแทน | งบดำเนินงาน ค่าใช้สอย | ค่าวัสดุ | ค่าสาธารณูปโภค | ค่าครุภัณฑ์ | |
| | งบประมาณที่ได้รับการอนุมัติ (ตามแผน) | | 2,000,000.00 | | | | | | | | | | |
| | จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 100%) | | 2,000,000.00 | 2,002,957.70 | (2,957.70) | | | | **531,000.00** | 871,957.70 | | 600,000.00 | 2,002,957.70 |
| | หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1) | | 2,000,000.00 | | | | | | | | | | |
| | งบประมาณคงเหลือ | | 0.00 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | **รายละเอียดค่าใช้จ่าย** | | | | | | | | | | | | |
| **ครั้งที่ 1** | | | | | | | | | | | | | |
| 19-Mar-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (061/0131) | | | | | | | | 1,700.00 | | | |
| 24-Mar-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (RSBC-610324-0021) | | | | | | | | 2,238.00 | | | |
| 9-Apr-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 1,320.00 | | | |
| 10-Apr-61 | วัสดุคอมพิวเตอร์ | ค่าวัสดุ (61-04-024) | | | | | | | | 57,780.00 | | | |
| 12-Apr-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (120766) | | | | | | | | 138.00 | | | |
| 25-Apr-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (239968) | | | | | | | | 1,271.22 | | | |
| 26-Apr-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 1,170.00 | | | |
| 26-Apr-61 | ลวดเชื่อม | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 150.00 | | | |
| 1-May-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (122938) | | | | | | | | 774.00 | | | |
| 3-May-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 3,000.00 | | | |
| 25-May-61 | กระจก | ค่าวัสดุ (TSVA-61/04083) | | | | | | | | 6,771.00 | | | |
| 31-May-61 | วัสดุสำนักงาน | ค่าวัสดุ (103-003661) | | | | | | | | 1,634.00 | | | |
| 31-May-61 | กระจก | ค่าวัสดุ (TSVA-61/04262) | | | | | | | | 4,902.50 | | | |
| 31-May-61 | กระจก | ค่าวัสดุ (TSVA-61/04241) | | | | | | | | 4,763.75 | | | |
| 31-May-61 | พัดลมระบายอากาศ | ค่าวัสดุ (BNA180516678) | | | | | | | | 2,160.00 | | | |
| 31-May-61 | พัดลมดูดอากาศ | ค่าวัสดุ (294804) | | | | | | | | 7,110.10 | | | |
| 1-Jun-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (6770) | | | | | | | | 60,169.31 | | | |
| 4-Jun-61 | กระจก | ค่าวัสดุ (TSVA-61/04392) | | | | | | | | 3,245.00 | | | |
| 5-Jun-61 | พัดลมดูดอากาศ | ค่าวัสดุ (526685) | | | | | | | | 1,460.00 | | | |
| 5-Jun-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (6785) | | | | | | | | 39,831.07 | | | |
| 8-Jun-61 | กระจก | ค่าวัสดุ (TSVA-61/04499) | | | | | | | | 2,571.50 | | | |
| 10-Jun-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (128882) | | | | | | | | 2,025.00 | | | |
| 10-Jun-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (128924) | | | | | | | | 1,396.00 | | | |
| 17-Jun-61 | ซีลแลนท์ สวีดช์ | ค่าวัสดุ (SK3180664802) | | | | | | | | 167.00 | | | |
| 17-Jun-61 | เทปพันสายไฟ | ค่าวัสดุ (OCT610600660) | | | | | | | | 278.20 | | | |
| 1-Jul-61 | รางปลั๊กไฟ และปลั๊กยางกลม | ค่าวัสดุ (SK3180769068 | | | | | | | | 254.00 | | | |
| 3-Jul-61 | วัสดุคอมพิวเตอร์ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 350.00 | | | |
| 3-Jul-61 | ค่าจ้างเหมาพัฒนาคลังต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ | ค่าใช้สอย | | | | | | | 50,000.00 | | | | |
| 10-Jul-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 3,910.00 | | | |
| 10-Jul-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 2,810.00 | | | |
| 10-Jul-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 13,196.00 | | | |
| 16-Jul-61 | วัสดุคอมพิวเตอร์ | ค่าวัสดุ (61-07-044) | | | | | | | | 53,767.50 | | | |
| 20-Jul-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 9,245.00 | | | |
| 20-Jul-61 | ค่าจ้างเหมาพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ | ค่าใช้สอย | | | | | | | 60,000.00 | | | | |
| 25-Jul-61 | ค่าจ้างเหมาออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศ | ค่าใช้สอย | | | | | | | 130,000.00 | | | | |
| 25-Jul-61 | ค่าจ้างเหมาออกแบบแปรรูปปรุงพื้นที่ใช้งาน | ค่าใช้สอย | | | | | | | 150,000.00 | | | | |
| 25-Jul-61 | ทุกยี่เฮือ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 90.00 | | | |
| 2-Aug-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (IV18-08007) | | | | | | | | 43,000.00 | | | |
| 3-Aug-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (IV9243126) | | | | | | | | 25,890.68 | | | |
| 4-Aug-61 | วัสดุคอมพิวเตอร์ | ค่าวัสดุ (61-08-012) | | | | | | | | 61,632.00 | | | |
| 6-Aug-61 | วัสดุโครงสร้าง | ค่าวัสดุ (IV61-02799) | | | | | | | | 24,590.50 | | | |
| 7-Aug-61 | ไอวิง | ค่าวัสดุ (IV6159371) | | | | | | | | 127.33 | | | |
| 7-Aug-61 | วัสดุสำนักงาน | ค่าวัสดุ (IB6103404) | | | | | | | | 270.03 | | | |
| 10-Aug-61 | เครื่องสแกนวัตถุ 3 มิติ | ค่าครุภัณฑ์ | | | | | | | | | | 200,000.00 | |
| 11-Aug-61 | วัสดุคอมพิวเตอร์ | ค่าวัสดุ (61-08-037) | | | | | | | | 63,451.00 | | | |
| 15-Aug-18 | วัสดุโครงสร้าง | ค่าวัสดุ (IV18-08021) | | | | | | | | 43,500.00 | | | |
| 15-Aug-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (138682) | | | | | | | | 1,613.00 | | | |
| 16-Aug-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (VC6108-0077) | | | | | | | | 3,172.55 | | | |
| 16-Aug-61 | ฝาพลาสติก | ค่าวัสดุ (VC6108-0080) | | | | | | | | 149.80 | | | |
| 16-Aug-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (VC6108-0081) | | | | | | | | 112.35 | | | |
| 16-Aug-61 | วัสดุโครงสร้าง | ค่าวัสดุ (VC6108-0079) | | | | | | | | 628.09 | | | |
| 17-Aug-61 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (VC6108-0085) | | | | | | | | 765.05 | | | |
| 17-Aug-61 | วัสดุโครงสร้าง | ค่าวัสดุ (138901) | | | | | | | | 545.00 | | | |
| 20-Aug-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (IV18-08023) | | | | | | | | 25,000.00 | | | |
| 20-Aug-61 | ค่าจ้างเหมาพัฒนาโปรแกรม | ค่าใช้สอย | | | | | | | 40,000.00 | | | | |
| 21-Aug-61 | วัสดุสำนักงาน | ค่าวัสดุ (223757) | | | | | | | | 2290.00 | | | |
| 29-Aug-61 | วัสดุโลหะ | ค่าวัสดุ (IV6108058) | | | | | | | | 10313.73 | | | |
| 1-Sep-61 | ค่าจ้างเหมาสร้างงอปกรณ์จัดเก็บ | ค่าใช้สอย | | | | | | | 50,000.00 | | | | |
| 6-Sep-61 | ถังดับเพลิง | ค่าวัสดุ (61-0534) | | | | | | | | 4,780.00 | | | |
| 08 Sep 61 | เครื่องตัดเศษไม้ | ค่าวัสดุ (2110244116) | | | | | | | | 10,937.00 | | | |
| 10 Sep 61 | เครื่องกัด CNC | ค่าครุภัณฑ์ | | | | | | | | | | 400,000.00 | |
| 10 Sep 61 | ค่าแรงถอดและใส่ประตูบานสวิง | ค่าใช้สอย | | | | | | | 1,000.00 | | | | |
| 14-Sep-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 4,440.00 | | | |
| 15-Sep-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (CS6109-00026) | | | | | | | | 2,883.65 | | | |
| 15-Sep-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (IV6109230) | | | | | | | | 2,230.00 | | | |
| 17 Sep 61 | ท่อฝาโบทาร์โพลีนสีฟ้า | ค่าวัสดุ (IV6109129) | | | | | | | | 1,685.25 | | | |
| 18-Sep-61 | สายลวดสปริง | ค่าวัสดุ (36390) | | | | | | | | 331.70 | | | |
| 19 Sep 61 | ลาย่าย | ค่าวัสดุ (INV6101625) | | | | | | | | 6,206.00 | | | |
| 20 Sep 61 | แบบออมินียม | ค่าวัสดุ (IV6102660) | | | | | | | | 791.80 | | | |
| 24 Sep 61 | วัสดุคอมพิวเตอร์ | ค่าวัสดุ (IV6012025) | | | | | | | | 8,000.00 | | | |
| 27-Sep-61 | ทัวน็อต | ค่าวัสดุ (E-610900689) | | | | | | | | 2,691.05 | | | |
| 01 Oct 61 | IC | ค่าวัสดุ (D000093715 6) | | | | | | | | 2,990.00 | | | |
| 08 Oct 61 | การทำฐานตั้งแสดงต้นแบบ | ค่าวัสดุ (RSP20181001) | | | | | | | | 4,000.00 | | | |
| 9-Oct-61 | ชุดหัวขัดพื้น | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 500.00 | | | |
| 11 Oct 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (147507) | | | | | | | | 500.00 | | | |
| 11 Oct 61 | พลาสติก ABS | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 1,200.00 | | | |
| 14 Oct 61 | เกรียงพลาสติก สกรูเกลียว พัก | ค่าวัสดุ (SK3181097581) | | | | | | | | 92.00 | | | |
| 26 Oct 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (149746) | | | | | | | | 350.00 | | | |
| 31 Oct 61 | แท่นขัดกระดาษทราย | ค่าวัสดุ (IV003278) | | | | | | | | 4,150.00 | | | |
| 5 Nov 61 | ค่าวัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (SK3181103915) | | | | | | | | 541.00 | | | |
| 6-Nov-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (110989) | | | | | | | | 1,707.20 | | | |
| 08 Nov 61 | TP link mobile | ค่าวัสดุ (62-611112372) | | | | | | | | 3,890.00 | | | |
| 10-Nov-61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (556130) | | | | | | | | 326.00 | | | |
| 20 Nov 61 | ไวบิล | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 430.00 | | | |
| 22 Nov 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (320547) | | | | | | | | 4,723.70 | | | |
| 24-Nov-61 | กาน่าเซรามิก | ค่าวัสดุ (S18047001520) | | | | | | | | 200.00 | | | |
| 24 Nov 61 | ถ่านกระดุม | ค่าวัสดุ | | | | | | | | 65.00 | | | |
| 24 Nov 61 | แบตกระดุม | ค่าวัสดุ (CS6109501524) | | | | | | | | 50.00 | | | |
| 24 Nov 61 | นาฬิกาพร้อมตัวจับ | ค่าวัสดุ (S18047-001521) | | | | | | | | 2,160.00 | | | |
| 24-Nov-61 | เหยือกน้ำมาตรวัดและปลั๊ก | ค่าวัสดุ (320891) | | | | | | | | 395.76 | | | |
| 04 Dec 61 | ยาขัดโลหะ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 75.00 | | | |
| 04 Dec 61 | น้ำยาเชื่อมอะคริลิค | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 35.00 | | | |
| 07 Dec 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 50.00 | | | |
| 07 Dec 61 | นาฬิกาพร้อมตัวจับ | ค่าวัสดุ (S18047-001590) | | | | | | | | 4,800.00 | | | |
| 07 Dec 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 35.00 | | | |
| 07 Dec 61 | ท่อกลม | ค่าวัสดุ (RH9239630) | | | | | | | | 11,703.87 | | | |
| 11 Dec 61 | ท่อกลม ท่อเหลี่ยม | ค่าวัสดุ (RH9239728) | | | | | | | | 47,910.91 | | | |
| 12 Dec 61 | ถ่านกระดุม | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 360.00 | | | |
| 12 Dec 61 | แบตกระดุม | ค่าวัสดุ (CS6109501122) | | | | | | | | 200.00 | | | |
| 15 Dec 61 | นาฬิกาพร้อมตัวจับ | ค่าวัสดุ (S18047-001636) | | | | | | | | 6,000.00 | | | |
| 19 Dec 61 | ถ่านกระดุมและแอลกอฮอล์ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 655.00 | | | |
| 22 Dec 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 104.00 | | | |
| 22 Dec 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 75.00 | | | |
| 26 Dec 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 70.00 | | | |
| 26 Dec 61 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 70.00 | | | |
| 03 Jan 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 4,960.00 | | | |
| 03 Jan 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 160.00 | | | |
| 11 มค 62 | วัสดุสำนักงาน | ค่าวัสดุ (SI1901043604) | | | | | | | | 780.00 | | | |
| 11 มค 62 | วัสดุสำนักงาน | ค่าวัสดุ (SI1901043603) | | | | | | | | 2,999.75 | | | |
| 15 Jan 62 | Micro SD Card | ค่าวัสดุ (140620107730) | | | | | | | | 840.00 | | | |
| 18 Jan 62 | เทปกาว | ค่าวัสดุ (44001) | | | | | | | | 385.20 | | | |
| 18 Jan 62 | สกรูเกลียว | ค่าวัสดุ (CS6201-00649) | | | | | | | | 161.57 | | | |
| 18 Jan 62 | สกรูเกลียว | ค่าวัสดุ (CS6201-00650) | | | | | | | | 232.30 | | | |
| 18 Jan 62 | ดอกสว่าน | ค่าวัสดุ (CS6201-00656) | | | | | | | | 199.22 | | | |
| 25 Jan 62 | จานหมุน | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 95.00 | | | |
| 30 Jan 62 | โบตัด | ค่าวัสดุ (SK3190127670) | | | | | | | | 130.00 | | | |
| 31 Jan 62 | หลอดไฟ | ค่าวัสดุ (331697) | | | | | | | | 1,308.53 | | | |
| 02 Feb 62 | หลอดไฟ | ค่าวัสดุ (126986) | | | | | | | | 3,532.74 | | | |
| 08 Feb 62 | ทินเนียร์ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 300.00 | | | |
| 11 Feb 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (CS1620211-0612) | | | | | | | | 1,449.00 | | | |
| 17 Feb 62 | สายยาง | ค่าวัสดุ (5533064596) | | | | | | | | 179.00 | | | |
| 18 Feb 62 | กุญแจ | ค่าวัสดุ (130018) | | | | | | | | 1,538.42 | | | |
| 24 Feb 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (OCT620201001) | | | | | | | | 136.96 | | | |
| 24 Feb 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (BNA190250408) | | | | | | | | 535.00 | | | |
| 25 Feb 62 | สกรูเกลียว | ค่าวัสดุ (VA6202-0330) | | | | | | | | 110.00 | | | |
| 27 Feb 62 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (INV20190202) | | | | | | | | 99,991.50 | | | |
| 03 Mar 62 | วัสดุไฟฟ้า | ค่าวัสดุ (SK3190336829) | | | | | | | | 1,254.00 | | | |
| 10 Mar 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (337675) | | | | | | | | 1,792.56 | | | |
| 13 Mar 62 | สกรู | ค่าวัสดุ (PW6203118) | | | | | | | | 256.80 | | | |
| 13 Mar 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (บัญชีสด) | | | | | | | | 35.00 | | | |
| 15 Mar 62 | ค่าจ้างเหมาจัดเก็บข้อมูลผู้เข้าใช้งานและประเมินผลการดำเนินงาน | ค่าใช้สอย | | | | | | | 50,000.00 | | | | |
| 25 Mar 62 | วัสดุสำนักงาน | ค่าวัสดุ (SI1903093026) | | | | | | | | 3,660.00 | | | |
| 29 Mar 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (ORD-000-19-14353) | | | | | | | | 661.00 | | | |
| 29 Mar 62 | วัสดุอื่น ๆ | ค่าวัสดุ (000000302) | | | | | | | | 184.00 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | **รวมครั้งที่ 1** | | | | | | | | **531,000.00** | **871,957.70** | | **600,000.00** | **2,002,957.70** |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้