

การสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อการเรียนรู้แบบ STEAM

The Construction of 3D Printing Machine for STEAM Learning

กมล ทัลวัลลี¹ วัศพล สมใจ¹ เกษม เปรมประยูร³ และอนรรักษ์ อุดมเวช^{2*}

Kamon Tanlawan¹, Wassapon Somjai¹, Kasem Premprayool³ and Anurak Udomvech^{2*}

บทคัดย่อ

การสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนแบบ STEAM โดยได้พัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติแบบ Fuse Deposition Manufacturing หรือ FDM โดยโครงสร้างหลักจะเป็นวัสดุเหลือใช้ที่นำกลับมาใช้ใหม่ จึงทำให้ต้นทุนในการสร้างลดลงและสามารถนำเครื่องพิมพ์สามมิติไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน เช่น การสร้างสื่อการสอนหรือการเรียนแบบ STEAM (Science, Technology, Engineer, Fine Art and Mathematics) โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องพิมพ์สามมิติ 5 ด้าน คือ 1. ความเร็วในการพิมพ์วัสดุ 2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหัวฉีด 3. ขนาดสูงสุดของการพิมพ์ 4. ความแม่นยำในการพิมพ์ และ 5. การพิมพ์รูปทรงต่างๆ จากการศึกษาและทดสอบพบว่า ด้านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหัวฉีดใช้เวลา 90 วินาทีในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจาก 29 °C เป็น 220 °C ด้านขนาดการพิมพ์รูปร่าง 3 มิติพบว่ามีความสูงอยู่ที่ความกว้าง 130 mm ความยาว 200 mm และความสูง 160 mm ด้านความเร็วในการพิมพ์วัสดุพบว่าสามารถพิมพ์โมเดลลูกบาศก์ขนาด 1 ลูกบาศก์นิ้วใช้เวลา 22 นาที ด้านความแม่นยำในการพิมพ์มีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด 2.55 เปอร์เซ็นต์ และด้านการพิมพ์รูปทรงต่างๆ สามารถพิมพ์รูปทรงลูกบาศก์ ทรงกระบอก ทรงกลมได้อย่างดี ดังนั้นเครื่องพิมพ์สามมิติที่สร้างขึ้นสามารถพิมพ์ชิ้นงานได้ดีในระดับพอใช้ ซึ่งต้องได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพให้สูงขึ้นต่อไป

คำสำคัญ: เครื่องพิมพ์สามมิติ การพิมพ์สามมิติ การศึกษาแบบ STEAM Fuse Deposition Manufacturing

Abstract

We have constructed and developed a Fuse Deposition Manufacturing (or FDM) 3D printer using for teaching and learning STEAM (Science, Technology, Engineer, Fine Art and Mathematics). A body of this 3D printer was applied from recycle materials. There are results to reduce the materials cost of 3D printer for help in teaching and learning. This 3D printer was evaluated for efficiencies by 5 choices: *i.e.*, *i*) the speed of printing materials (*e.g.* PLA & ABS), *ii*) the

¹ นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ ในความร่วมมือของคณะวิทยาศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² อ.ดร., Research Laboratory for Intelligent Materials Design, Discovery, and Developments (RLIMD³), สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ อ.ดร., สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ BS.c. Student, Science-Physics Program, in Associated between Faculty of Education and Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000

² Lecturer, Dr., Research Laboratory for Intelligent Materials Design, Discovery and Developments (RLIMD³), Department of Fundamental Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000

³ Lecturer, Dr., Department of Teaching Science and Mathematics, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding author: E-mail address: nufermi2@gmail.com

change of nozzle temperature, *iii*) maximum size of printing, *iv*) the printing precision, and *v*) the printing of various shapes. It was found that on the change of temperature, the nozzle took 90 seconds to change the temperature from 29 °C to 220 °C. In case of the maximum size of printing, the 3D maximum size was 130 mm in width, 200 mm in length and height was 160 mm. For a print speed, the 3D printer could feeds materials to print a one cubic-inch model within 22 minutes was found. The accuracy of printing is 2.55%. Finally, this 3D printer could precisely create a cubic, cylindrical and spherical shapes. However, this 3D printer created is still working well at a fair level. There must be further improved in higher performance.

Keywords: 3D Printer, 3D Printing, STEAM Study, Fuse Deposition Manufacturing

บทนำ

เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงในยุคศตวรรษที่ 21 ทำให้ประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศที่มีบทบาทในเชิงการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ประกอบกับโครงการ RepRap [1] ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติที่สามารถนำมาใช้งานในบ้าน ได้เปิดเผยข้อมูลของเครื่องพิมพ์สามมิติอย่างเต็มรูปแบบทั้งซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เครื่องพิมพ์สามมิติจึงมีราคาที่ถูกลงอย่างมากจนบุคคลทั่วไปสามารถเป็นเจ้าของได้ เครื่องพิมพ์สามมิติจึงกลายเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าจับตามองในโลกยุคปัจจุบัน

เครื่องพิมพ์สามมิติเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานออกมาเป็นรูปทรง 3 มิติ สามารถจับต้องได้ แตกต่างจากเครื่องพิมพ์เอกสารที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันที่พิมพ์งานออกมาในรูปแบบ 2 มิติ โดยเครื่องพิมพ์สามมิติจะใช้กระบวนการเติมเนื้อวัสดุเป็นชั้นบางๆ ทีละชั้นและนำชั้นบางๆ เหล่านั้นมาซ้อนทับกันจนได้เป็นตัวชิ้นงาน เรียกกระบวนการนี้ว่า Additive Process เครื่องพิมพ์สามมิติมีหลากหลายประเภท แต่ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ Material Extrusion เนื่องมาจากราคาที่ต่ำและไม่สูงและเป็นเทคโนโลยีที่เป็นแบบ Open Source สามารถนำไปสร้างได้โดยไม่มีปัญหาทางด้านลิขสิทธิ์ เป็นที่รู้จักกันในชื่อว่า Fuse Deposition Material หรือ FDM

โครงการนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยนำความรู้ทางฟิสิกส์ที่หลากหลายมาใช้ในการสร้างและพัฒนานวัตกรรมยุคใหม่ ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการนำกระบวนการคิดและการเรียนรู้ไปใช้ต่อไป และเป็นการกระตุ้นให้ผู้สนใจสามารถสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติขึ้นมาได้เองด้วยวัสดุที่มีจำหน่ายทั่วไปในร้านขายวัสดุก่อสร้าง โดยโครงสร้างหลักจะเป็นวัสดุเหลือใช้ที่นำมาแปรรูปใหม่ จึงทำให้ต้นทุนในการสร้างลดลง และนำเครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน เช่น การสร้างสื่อการสอนหรือการสอนแบบ STEAM (Science, Technology, Engineer, Fine Art and Mathematics) [2] ในโรงเรียนที่จะปรากฏขึ้นในอนาคตอันใกล้ต่อไป

วิธีการวิจัย

1. ส่วนประกอบทางกลและอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องพิมพ์สามมิติ หรือ hardware

เครื่องพิมพ์สามมิติเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยกลไกและฟังก์ชันการทำงานหลายส่วนทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้สามารถสร้างชิ้นงานตามความต้องการของผู้ใช้ โดยได้สร้างเครื่องพิมพ์สามมิติชนิดระบบพิกัดฉาก (Cartesian) ซึ่งมีการเคลื่อนตำแหน่งของหัวฉีดวัสดุ (Extruder) ในแกน X Y และ Z โดยโครงสร้างส่วนใหญ่ได้อ้างอิงมาจาก Vulcman [3] มีส่วนประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

1.1 ส่วนโครงสร้างการขับเคลื่อนเชิงกล

เครื่องพิมพ์สามมิติสามารถแจกแจงโครงสร้างตามแนวแกน X (ภาพที่ 1) แกน Y (ภาพที่ 2) และแกน Z (ภาพที่ 3) ทำให้หัวฉีดวัสดุเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน +X +Y และ +Z โดยใช้วิธีการพิมพ์สามมิติในการสร้างชิ้นส่วนของทั้งสามแกน

1.2 ส่วนฐานรองชิ้นงาน

สำหรับส่วนฐานรองชิ้นงาน (ภาพที่ 4) ใช้เป็นพื้นที่รองรับการฉีดพ่นวัสดุเพื่อขึ้นรูปโดยใช้วิธีฉีดวัสดุแบบวางเรียงกันเป็นชั้นๆ ซึ่งเป็นฐานที่สร้างจากแผ่นไม้กระดานอัดเหลือใช้ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา โดยมีขนาด 21×21 cm จำนวนสองแผ่น แผ่นแรกทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเสริมให้กับโครงสร้างแนวแกน X ภาพที่ 1(b) เพื่อให้สามารถติดแผ่นไม้กระดานอัดได้โดยไม่ทำให้สกรูยึดแผ่นกระดานอยู่บริเวณกลางแผ่น ส่วนแผ่นที่สองเป็นฐานรองรับชิ้นงานสามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน X

1.3 ส่วนรองรับการติดตั้งหัวฉีดวัสดุ

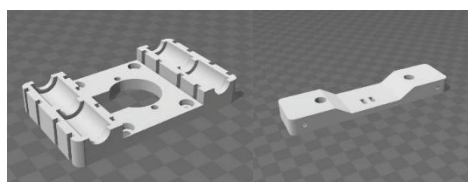
ส่วนนี้เป็นส่วนสำหรับติดตั้งหัวฉีดวัสดุ (Extruder) ดังภาพที่ 5 ซึ่งจะติดอยู่กับแกน Y เพื่อให้หัวฉีดสามารถเคลื่อนที่ได้บนแกน Y และแกน Z

1.4 ส่วนสมองกลควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

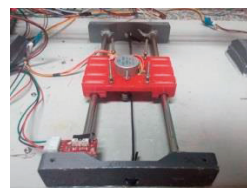
การควบคุมเครื่องพิมพ์สามมิติให้ทำงานได้ตามต้องการนั้น ต้องมีส่วนสมองกลสำหรับใช้ควบคุมและรับคำสั่ง โดยได้เลือกใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 ดังภาพที่ 6(a) ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์หลายๆ ตัว โดยบอร์ดดังกล่าวทำหน้าที่รับคำสั่งจากโปรแกรม (โดยจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป) ซึ่งจะแปลคำสั่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อให้บอร์ดสามารถสั่งการควบคุมไปยังอุปกรณ์ในตารางที่ 1 เช่น Micro Stepper Motor ให้ทำงาน หรือสั่งให้ส่งกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ Hot-end เพื่อให้เกิดความร้อน เป็นต้น โดยอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบต่อเข้ากับบอร์ดเป็นดังตารางที่ 1 และใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าขนาด 12 V รวมไปถึงวัสดุที่ใช้ช่วยจับยึดข้อต่อทั้งส่วนข้อต่อที่อยู่นิ่งและส่วนข้อต่อที่ต้องเคลื่อนที่ เมื่อนำอุปกรณ์ทุกส่วนมาเชื่อมต่อกันจะได้เป็นเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีขนาดของตัวเครื่องประมาณ $50 \times 40 \times 30$ cm³ โดยภาพหลังประกอบเสร็จแสดงไว้ดังภาพที่ 7

1.5 ต้นทุนการสร้าง

ราคาต้นทุนในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติใช้งบประมาณทั้งสิ้น 7,327 บาท แต่ในการสร้างเครื่องพิมพ์สามมิติได้สั่งพิมพ์ชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยความหนาแน่น (infill) 80% หากลดความหนาแน่นให้ต่ำลงจะสามารถประหยัดต้นทุนลงไปได้ระดับหนึ่ง

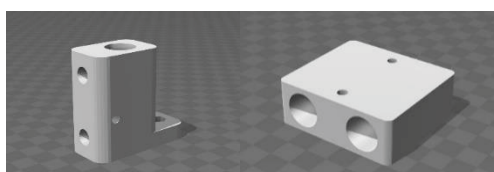


(a)

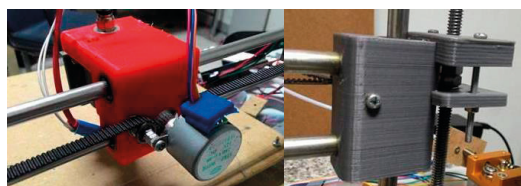


(b)

ภาพที่ 1 (a) ภาพต้นแบบชิ้นส่วนโครงสร้างแนวแกน X (b) แสดงโครงสร้างแนวแกน X ที่ได้สร้างขึ้น

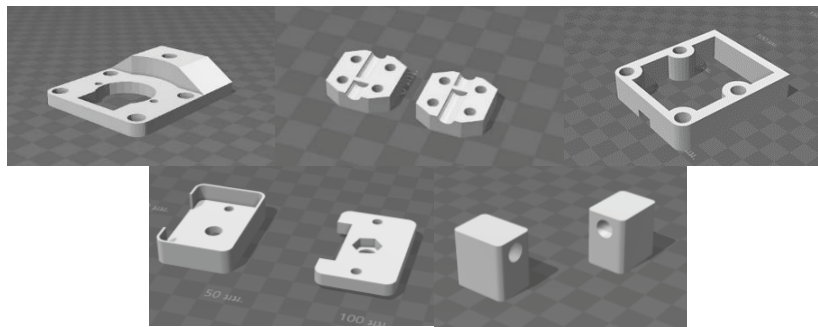


(a)

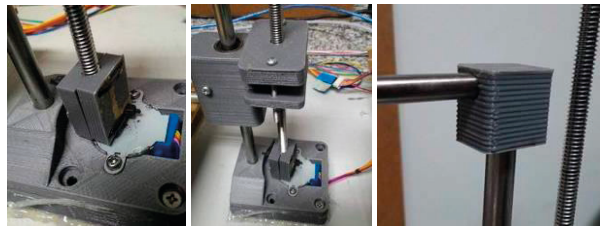


(b)

ภาพที่ 2 (a) ภาพต้นแบบชิ้นส่วนโครงสร้างแนวแกน Y (b) แสดงโครงสร้างแนวแกน Y ที่ได้สร้างขึ้น



(a)



(b)

ภาพที่ 3 (a) ภาพต้นแบบชิ้นส่วนโครงสร้างแนวแกน Z (b) แสดงโครงสร้างแนวแกน Z ที่ได้สร้างขึ้น



(a)

(b)

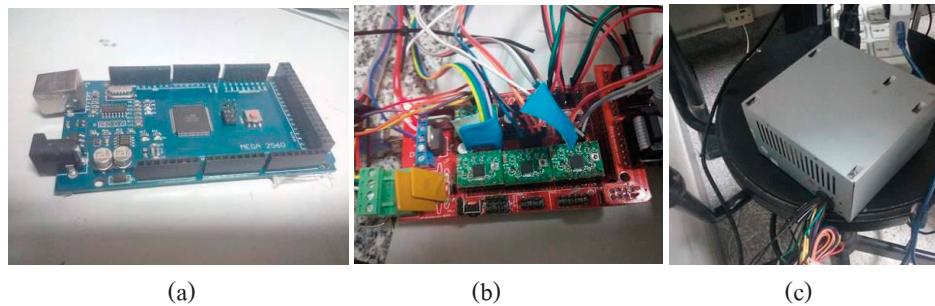
ภาพที่ 4 (a) ฐานรองชิ้นงาน (b) โครงสร้างฐานรองชิ้นงานที่ประกอบแล้ว

ตารางที่ 1 อุปกรณ์ที่จำเป็นในส่วนสมองกลอิเล็กทรอนิกส์

รายการ	จำนวน
1. Arduino Mega 2560	1 ชุด
2. Ramps 1.4	1 ชุด
3. Micro Stepper Motor Driver A4988	4 ตัว
4. LCD Screen and Rotary Controller	1 ชุด
5. Limit Switches	3 ชิ้น
6. 28byj-48 Stepper motor	4 ตัว
7. E3D V6 Hot-end with Single Cooling Fan for 1.75mm Bowden Filament 0.4 mm Nozzle	1 ชุด



ภาพที่ 5 (a) ภาพต้นแบบชิ้นส่วนโครงสร้างยึดหัวฉีด (b) โครงสร้างส่วนยึดหัวฉีดวัสดุที่มีการติดตั้งหัวฉีดวัสดุแล้ว



ภาพที่ 6 (a) Arduino Mega 2560 (b) Ramps 1.4 (c) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 12 V

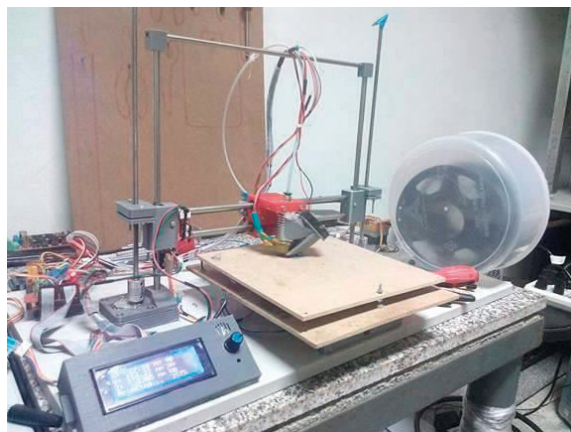
2. การปรับค่าพารามิเตอร์ของส่วนโปรแกรม

ในการจะควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ จะต้องมีส่วนของโครงสร้างคำสั่งและส่วนการรับคำสั่งเพื่อจะสามารถสั่งให้เครื่องพิมพ์สามมิติทำงานตามที่ต้องการ โดยส่วนนี้เป็นส่วนของโปรแกรมซึ่งแบ่งเป็นส่วนย่อย คือ

2.1. Firmware [4] เป็น โปรแกรมขนาดเล็กที่ถูกเขียนขึ้นและบันทึกไว้ในชิปของบอร์ด Arduino Mega 2560 โดยผ่านโปรแกรม Arduino อีกชั้นหนึ่ง เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด Firmware ที่ใช้กับเครื่องพิมพ์สามมิตินี้เป็นฟรีแวร์จาก Repetier [5] ซึ่งดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ที่ระบุไว้ในส่วนอ้างอิงที่ [6] โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับเครื่องพิมพ์สามมิติ เช่น Motherboard เลือกใช้ Ramps 1.4 เป็นต้น

2.2. โปรแกรม Repetier Host [7] เป็น โปรแกรมที่ทำหน้าที่หลัก 2 อย่าง คือ ทำการติดต่อสื่อสารกับส่วนสมองกลของเครื่องพิมพ์สามมิติและเรียกใช้โปรแกรมการคำนวณเส้นทางการเคลื่อนที่ของหัวฉีดวัสดุหรือ tool path ซึ่งเรียกว่า Slicer (โดยจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป) เช่น Cura [8] หรือ Slic3R [9] เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวเป็นฟรีแวร์ด้วยเช่นกัน และดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ที่ระบุไว้ในส่วนอ้างอิงที่ [10] โดยแบบจำลอง 3 มิติที่จะใช้พิมพ์ได้นั้นจะต้องเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .stl, .obj หรือ .amf

2.3. โปรแกรม Cura [11] เป็น โปรแกรม Slicer เป็นโปรแกรมสำหรับการตัดแบ่งแบบจำลองชิ้นงานที่ต้องการพิมพ์ออกเป็นชั้นๆ แล้วคำนวณหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของหัวฉีดวัสดุ สามารถกำหนดการเคลื่อนที่ของแกน XYZ ให้ไปยังตำแหน่งที่กำหนดเพื่อฉีดเนื้อวัสดุสร้างเป็นชิ้นงานตามแบบจำลองที่ได้ออกแบบไว้ เป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายกว่าโปรแกรม Slic3R เนื่องจากมีส่วน user interface ที่เข้าใจได้ง่าย และมี Interface ที่สวยงาม ทำให้ได้รับความนิยม โดยดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ที่ระบุไว้ในส่วนอ้างอิงที่ [8] และรูปแบบไฟล์จะอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า G-Code [12] ซึ่งสามารถนำไปใช้งานกับโปรแกรม Repetier-Host ได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 7 ภาพเครื่องพิมพ์สามมิติหลังประกอบเสร็จ

3. Calibration

เครื่องพิมพ์สามมิติจำเป็นต้องมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของตำแหน่งของหัวฉีดวัสดุในเครื่องพิมพ์ โดยตั้งค่าในโปรแกรมให้ตรงกับตำแหน่งที่เป็นจริงของ Hardware ซึ่งจะต้องทำการปรับเทียบค่า 'Step per mm' ของสเต็ปมอเตอร์ให้มีค่าที่เหมาะสม ซึ่งสามารถคำนวณผ่านโปรแกรมต่างจากค่ามุมของสเต็ปมอเตอร์ แต่สำหรับเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ได้ดัดแปลง 28byj-48 Stepper motor ซึ่งเป็นมอเตอร์ 4 เฟสให้เหลือเพียง 2 เฟส จึงไม่สามารถระบุค่ามุมของสเต็ปมอเตอร์ที่แน่นอนได้ จึงได้เลือกใช้วิธีการพิมพ์โมเดลสามมิติแล้วปรับเทียบค่า 'Step per mm' ด้วยการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานสามมิติ โดยมีขั้นตอนคือ พิมพ์โมเดลลูกบาศก์ขนาด $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ แล้ววัดขนาดของลูกบาศก์แล้วทำการปรับเพิ่มหรือลดค่า Step per mm ตามขนาดของลูกบาศก์ที่เปลี่ยนแปลงไปจนได้ค่าที่ถูกต้อง

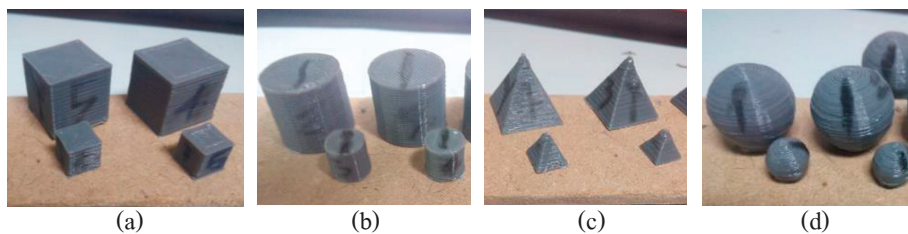
ผลการดำเนินงาน

1. คุณสมบัติของเครื่องพิมพ์สามมิติ

- 1.1 คุณสมบัติทั่วไป: เครื่องพิมพ์สามมิติมีคุณสมบัติทั่วไปดังตารางที่ 2
- 1.2 เครื่องพิมพ์สามมิติมีขนาดสูงสุดของการพิมพ์ชิ้นงานแบบจำลองสามมิติ โดยแยกตามระยะแนวแกน $X = 130 \text{ mm}$ แกน $Y = 200 \text{ mm}$ และแกน $Z = 160 \text{ mm}$ ทำให้ได้ขนาดปริมาตรสูงสุดของการพิมพ์เป็น $4,160 \text{ mm}^3$
- 1.3 ความเร็วของหัวฉีด
 - 1.3.1 มีความเร็วในการฉีดเส้นพลาสติกชนิด PLA ประมาณ 22.84 mm/นาที่
 - 1.3.2 มีความเร็วการเพิ่มอุณหภูมิของหัวฉีดวัสดุจาก 29.0°C ถึง 220.9°C ใช้เวลา 90 วินาที
- 1.4 การทดสอบการพิมพ์วัตถุรูปทรงเรขาคณิต 4 รูปทรง คือ 1.ลูกบาศก์ 2.ทรงกระบอก 3.พีระมิด และ 4.ทรงกลมขนาด $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ และ $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ สามารถพิมพ์รูปทรงต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 8 โดยมีขนาดเฉลี่ยดังตารางที่ 3 และมีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็น 0.94 1.33 2.55 และ 1.05 ตามลำดับ โดยความคลาดเคลื่อนของการพิมพ์พีระมิดมีค่ามากที่สุดเกิดจากบริเวณยอดพีระมิดเป็นพื้นที่ที่เล็กกว่า 0.5 mm^2 ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดวัสดุ ดังนั้นเครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้สร้างขึ้นจึงไม่สามารถพิมพ์แบบจำลองสามมิติที่มีขนาดเล็กกว่าหัวฉีดวัสดุได้ ปัจจุบันนี้ขนาดของหัวฉีดถูกปรับลดลงเป็น 0.4 และ 0.25 เครื่องพิมพ์สามารถปรับเปลี่ยนหัวฉีดให้มีขนาดเล็กลงได้ แต่จำเป็นต้องปรับลดความสูงเลเซอร์ตามความเหมาะสมกับขนาดของหัวฉีด แต่ไม่ได้รายงานผลการทดสอบไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งจะได้ทำการทดสอบสำหรับเครื่องพิมพ์สามมิติในรุ่นถัดไปที่กำลังอยู่ระหว่างปรับปรุงและพัฒนา

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องพิมพ์สามมิติ

รายการ	คุณสมบัติ
ขนาดหัวฉีด (สามารถเปลี่ยนขนาดได้)	0.50 mm
ความสูงเลเยอร์	0.24 mm
ความหนาขอบนอกชิ้นงาน	1.00 mm
อุณหภูมิหัวฉีดเส้นพลาสติก PLA	220.00 °C
ขนาดเส้นพลาสติก PLA	1.75 mm
การดึงเส้นพลาสติก PLA กลับ	6.50 mm
Slicer	Cura 2.4
Printer Host	Repetier Host , SD card
Printer Firmware	Repetier Firmware



ภาพที่ 8 ผลการพิมพ์วัตถุทรงสามมิติขนาด $10 \times 10 \times 10 \text{ mm}^3$ และ $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$

(a) ลูกบาศก์ (b) ทรงกระบอก (c) พีระมิดและ (d) ทรงกลม

2. การประยุกต์ใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ

เครื่องพิมพ์สามมิติสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย แม้แต่ในเรื่องของการจัดการศึกษาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ เช่น การสร้างสื่อการสอนจากการพิมพ์วัตถุเป็นรูปสามมิติ การจัดกิจกรรมและการเรียนการสอนแบบ STEM และหรือ STEAM โดยเครื่องพิมพ์สามมิติจะช่วยลดข้อจำกัดต่างๆ ในการศึกษา แต่จะต้องเข้าใจว่าเครื่องพิมพ์สามมิติคืออะไรและจะช่วยให้การจัดการศึกษามีความง่ายและมีประสิทธิภาพได้อย่างไรเสียก่อนจึงจะทำให้การจัดการศึกษาโดยมีเครื่องพิมพ์สามมิติเป็นเครื่องมือช่วยเหลือมีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่นการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง ปริมาตรของวัตถุ โดยให้นักเรียนศึกษาและอภิปรายเรื่องปริมาตรของวัตถุ ออกแบบและสร้างรูปทรงด้วยกล่องสี่เหลี่ยม 1 mm^3 จำนวน 100 กล่อง โดยให้นักเรียนสามารถตั้งได้โดยไม่สั่นในคอมพิวเตอร์ แล้วนำโมเดลพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ นำชิ้นงานที่พิมพ์ไปวัดปริมาตรด้วยถ้วยเรก้า

ตารางที่ 3 ขนาดเฉลี่ยของวัตถุทรงลูกบาศก์ ทรงกระบอก ทรงพีระมิดและทรงกลม

ขนาดของ แบบจำลอง (mm^3)	ขนาดเฉลี่ย (mm)			ขนาดของแบบจำลอง (mm^3)	ขนาดเฉลี่ย (mm)		
	X	Y	Z		X	Y	Z
วัตถุทรงลูกบาศก์:				วัตถุทรงพีระมิด:			
$10 \times 10 \times 10$	10.10	10.10	10.05	$10 \times 10 \times 10$	9.70	9.70	9.30
$20 \times 20 \times 20$	20.25	20.10	19.80	$20 \times 20 \times 20$	19.95	20.25	19.30
วัตถุทรงกระบอก:				วัตถุทรงทรงกลม:			
$10 \times 10 \times 10$	9.80	9.90	10.00	$10 \times 10 \times 10$	9.90	9.90	9.90
$20 \times 20 \times 20$	20.30	20.10	19.50	$20 \times 20 \times 20$	20.30	20.15	19.80

ในกระบวนการดังกล่าวนักเรียนจะได้ฝึกฝนทักษะทางคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งฝึกความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการซึ่งเป็นส่วนด้านศิลปะและได้ใช้ความรู้เรื่องจุด เส้น พื้นที่และปริมาตร ซึ่งเป็นส่วนของคณิตศาสตร์ โดยการออกแบบโมเดลในโปรแกรม CAD (Computer-Aided Design) อย่างง่ายๆ โดยมีความรู้เรื่องเครื่องพิมพ์สามมิติเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิศวกรรม หลังจากนั้นจึงนำแบบจำลองมาสั่งให้เครื่องพิมพ์สามมิติพิมพ์รูปทรงปริมาตรตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วนำมาทดลองหาค่าปริมาตรกับถ้วยเรก้า เพื่อแสดงให้เห็นว่าปริมาตรมีค่าเท่ากับจำนวนกล่องที่ต่อเรียงกันในหน่วยลูกบาศก์มิลลิเมตร

สรุปผลการวิจัย

จากการทำวิจัยพบว่าเครื่องพิมพ์สามมิติที่ได้สร้างขึ้นในราคาต้นทุน 7327 บาท สามารถใช้พิมพ์แบบจำลองสามมิติได้มีประสิทธิภาพระดับหนึ่ง แต่ความเร็วในการพิมพ์ขึ้นงานยังต่ำกว่าเครื่องพิมพ์สามมิติที่มีวางขายในท้องตลาดอย่างมาก เนื่องจากได้เลือกใช้ 28byj-48 Stepper motor ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีค่าทอร์กต่ำราคาถูกเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการสร้างให้มีราคาเหมาะแก่การนำไปใช้งานภายในห้องเรียน สามารถใช้เครื่องพิมพ์สามมิติในการสร้างสื่อต่างๆ เช่น โมเดลรูปทรงเรขาคณิตต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาโครงสร้างทางกายภาพจริง สามารถหาปริมาณของวัตถุที่พิมพ์ออกมาจากถ้วยเรก้าและความหนาแน่นของวัตถุ เปลี่ยนการเรียนจากหนังสือมาเป็นการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น และก่อให้เกิดรูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลาย เนื่องจากเครื่องพิมพ์สามมิติหากสามารถสร้างโมเดลในคอมพิวเตอร์ได้ เครื่องพิมพ์สามมิติก็สามารถพิมพ์โมเดลนั้นออกมาเป็นของจริงได้ ทำให้เกิดสื่อการสอนได้อีกมากมาย รวมถึงสร้างอุปกรณ์ที่ไม่สามารถหาซื้อได้จากท้องตลาดได้อีกด้วย ซึ่งจะส่งผลให้สามารถทำการสอนในรูปแบบ STEAM ที่กำลังได้รับการนิยม ไม่ว่าจะเป็นการผลิตสื่อเพื่อใช้ในการสอน STEAM หรือใช้เครื่องพิมพ์สามมิติในการสอน STEAM ก็ตาม

คำขอบคุณ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนการทำโครงการวิจัยของนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ 5 ปี จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ.2559

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bowyer. (2560). **RepRap**. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2559, จาก <http://reprap.org/wiki/RepRap>.
- [2] สุทัศน์ เอกา และบรร พิมพ์ภู. (2559). **จาก STEM สู่ STEAM จึงสมบูรณ์แบบ**. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2559, จาก <https://www.facebook.com/sutat.eaka/posts/1167199053328251>.
- [3] Vulcaman. (ม.ป.ป.). **Cherry- 60€ 3D-Printer**. สืบค้นเมื่อ 1 ธันวาคม 2559, จาก <http://www.instructables.com/id/Cherry-60-3D-Printer/>
- [4] **Firmware คืออะไร? อัปเดตแล้วได้อะไร?**. สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <http://www.karethailand.com/what-is-firmware>.
- [5] Marcus Littwin. (ม.ป.ป.). **Repetier-Host Documentation**. สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <https://www.repetier.com/>.
- [6] Marcus Littwin. (ม.ป.ป.). **Repetier-Firmware configuration tool for version 0.92.9 version**. สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <https://www.repetier.com/firmware/v092/>.

- [7] วิวัฒน์ อรุณเรืองศิริเลิศ. (ม.ป.ป.). **วิธีการใช้งาน Repetier Host 1.0.6 สำหรับการเครื่องพิมพ์ 3 มิติ (3D Printer).** สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <http://www.in2real3d.com/article/5วิธีการใช้งาน-repetier-host-1-0-6สำหรับการเครื่องพิมพ์-3-มิติ-3d-printer>.
- [8] Ultimaker. (2560). **Cura Software.** สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <https://ultimaker.com/en/products/cura-software>.
- [9] Alessandro Ranellucci. (2560). **Slic3r G-code generator for 3D printers.** สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <http://slic3r.org/>.
- [10] Marcus Littwin. (ม.ป.ป.). **Repetier-Firmware Documentation.** สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <https://www.repetier.com/download-software/>.
- [11] Nattawat.(ม.ป.ป.). **การใช้งานโปรแกรม Cura สำหรับเครื่องพิมพ์ 3D Printer.** สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <http://www.siamreap.com/2016/01/cura-program-for-3d-printer/>.
- [12] Bowyer. (2560). **G-code.** สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2560, จาก <http://reaprap.org/wiki/G-code>.