

บทบาทของเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ-๔ มิติ สำหรับกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมในอนาคต

ปิยะรัตน์ ศิลปกรศุภวงศ์^๑ และ สุธา เกียรติกำจรวงศ์^๒

^๑ Kanagawa Institute of Technology, Kanagawa Prefecture, Japan

^๒ ราชบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ ภาควิชาเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา,
ksuda@chula.ac.th

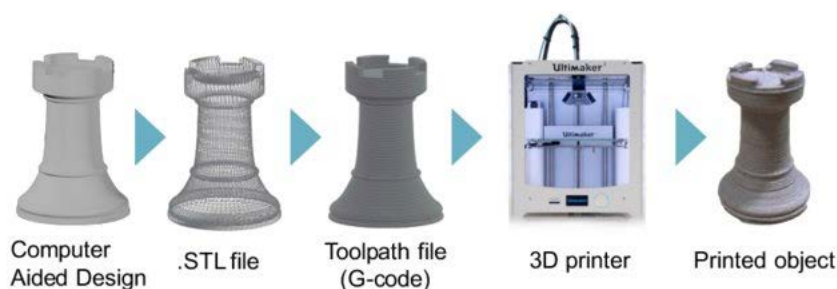
บทนำ

กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมของโลกได้เปลี่ยนผ่านจากการใช้แรงงานมาสู่การปฏิวัติการผลิตในช่วงศตวรรษที่ ๑๗-๑๘ มีการใช้เครื่องจักรในการเก็บเกี่ยวและปลูกพืชเพื่อการบริโภค อาจถือได้ว่าเป็นวิวัฒนาการของอุตสาหกรรมเบื้องต้นหรือครั้งที่ ๑ [<https://courses.lumenlearning.com/boundless-world-history/chapter/the-agricultural-revolution>] ในช่วง ค.ศ. ๑๗๖๐ ถึง ค.ศ. ๑๘๕๐ มีเครื่องทอเส้นใยและทอผ้า การใช้เครื่องจักรในการทอผ้า เปลี่ยนจากการผลิตเพื่อบริโภคแต่น้อยเป็นการผลิตจำนวนมาก นับได้ว่าเป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรม ครั้งที่ ๒ [<https://pro.europeana.eu/post/talking-about-revolutions-from-the-industrial-to-the-digital> 2021/11/10] ส่วนการเปลี่ยนแปลงครั้งที่ ๓ นี้ ถือได้ว่าเป็นฐานรากของการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันคือ การปฏิรูปให้มีการจัดการแบบอัตโนมัติ ได้มีการกำเนิดของสมองกลหรือคอมพิวเตอร์ยุคแรก ๆ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลางศตวรรษที่ ๑๘ ในด้านการพิมพ์ ก็ได้ถือกำเนิดมาตั้งแต่การประดิษฐ์นวัตกรรมเครื่องพิมพ์ ช่วงต้นถึงกลางศตวรรษที่ ๑๘ ทำให้ระบบการเผยแพร่ข่าวสารและความรู้ของโลกได้ปฏิวัติเปลี่ยนแปลงอย่างจริงจังและกว้างขวางเร็วขึ้น นับได้ว่าเป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ ๓ [<https://blog.thelabelprinters.com/brief-history-of-printing-presses-part-3-the-industrial-revolution> 2021/11/10] วิวัฒนาการการปฏิวัติอุตสาหกรรม ตั้งแต่ ค.ศ. ๑๙๘๐ เป็นต้นมา มีการกำเนิดของคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ ระบบไซเบอร์ พร้อมการปรับปรุงระบบกายภาพที่มาสสนับสนุนระบบไซเบอร์เหล่านั้น เช่น อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง (internet of things) เครือข่ายโทรคมนาคม ระบบ 4G-6G และอินเทอร์เน็ตประสานร่างกายมนุษย์กับสุขภาพ (internet of body) และสรรพสิ่งอื่น ๆ ที่จะเกิดตามมา เช่น metaverse หรือ การทำให้เกิดโลกเสมือนจริงในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ฯลฯ ซึ่งได้ถือได้ว่าการปฏิวัติระบบต่าง ๆ นานาเหล่านี้ รวมทั้งการผลิตในระดับอุตสาหกรรมได้อุบัติขึ้นแล้วในยุคการปฏิบัติการผลิตครั้งที่ ๔ ซึ่งเป็นยุคปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างมหาศาลจากระบบแอนะล็อก (analog) มาสู่โลกใหม่ในรูปแบบดิจิทัล (digital) ด้วยรหัส 01 เช่นนี้ นักเศรษฐศาสตร์ได้เรียกยุคนี้ว่า “disruptive era” พร้อมกับคำว่า “disruptive technology” ซึ่งหมายถึงเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกการเปลี่ยนแปลงทุกสิ่งทุกอย่างที่เคยผลิตมาเป็นกรรมวิธีการผลิตใหม่ในธุรกิจเกือบทุกด้าน จากการอุบัติของโรคระบาดไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ ๒๐๑๙ หรือ โรคโควิด-๑๙ ทำให้เกิด disruption technologies ในการครองชีพของชาวบ้านทั่วไป ใช้ชีวิตความเป็นอยู่แบบใหม่ ที่เรียกว่า ชีวิตวิถีใหม่ (new normal life) ซึ่งนับได้ว่าเป็นการ “disrupt” ด้วยความจำเป็น ในระหว่างนี้ การพิมพ์ ๓ มิติก็มีบทบาทในยุคเจ็บป่วยบนสื่อโลกครั้งนี้ด้วย โดยได้ใช้ผลิตหน้ากาก (face mask)

หน้ากากปกป้องใบหน้า (face shield mask) ท่อต่อช่วยหายใจ และชุดสวมป้องกันเชื้อไวรัสของบุคลากรทางการแพทย์ด้านหน้า (PPE)

เทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ และ ๔ มิติ

เทคโนโลยีการผลิตทางดิจิทัลผลิตโดยผ่านเทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ และศาสตร์ผสมผสานระหว่างวัสดุกับการเลือกใช้เครื่องพิมพ์ที่มีซอฟต์แวร์ที่เข้ากันได้กับวัสดุและกลไกของเครื่องพิมพ์ จึงทำให้การผลิตแบบการพิมพ์ ๓ มิติมีโอกาสสูงมากที่จะเข้ามาแทนที่อุตสาหกรรมใหญ่ ๆ จำนวนหนึ่งที่น่าจะเลือกใช้ในอนาคตอันใกล้นี้ หลักการของการผลิตโดยการพิมพ์ ๓ มิติ กล่าวคือ การพิมพ์ ๓ มิติ (3D printing หรือที่เรารู้จักกันในอีกชื่อว่า การผลิตแบบเติมทีละชั้น additive manufacturing, AM) เป็นการสร้างวัตถุของแข็ง ๓ มิติ จากไฟล์ดิจิทัลด้วยวัสดุพิมพ์พอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์คอมพอสิตหรือสารชีวภาพอื่น ๆ ได้เป็นวัตถุพร้อมใช้งานที่ผลิตผ่านจากเครื่องพิมพ์ กล่าวคือ เราสามารถสร้างวัตถุต่าง ๆ จากวัสดุพิมพ์พอลิเมอร์โดยพิมพ์ผ่านเครื่องพิมพ์ในระนาบกว้าง ยาว และสูง ได้แบบง่าย ๆ การพิมพ์ ๑ มิติ คือ เส้นและจุด เช่น รหัสสมอร์ส (Morse code) การพิมพ์ ๒ มิติ คือ การพิมพ์ระนาบ ๒ แกนคือ ด้านยาวหรือแกน x และด้านกว้างหรือแกน y แม้มีความหนาแต่น้อยมาก ส่วนการพิมพ์ ๓ มิติ คือ การพิมพ์ขึ้นรูปทั้ง ๓ แกน คือ แกน X, Y, Z ซึ่งแกน Z คือ ความหนา หรือความสูงที่ตั้งอยู่บนพื้นของพื้นที่ X และ Y เช่น การพิมพ์โมเดล กล่อง ฯลฯ กระบวนการพิมพ์ ๓ มิติ แสดงในภาพที่ ๑

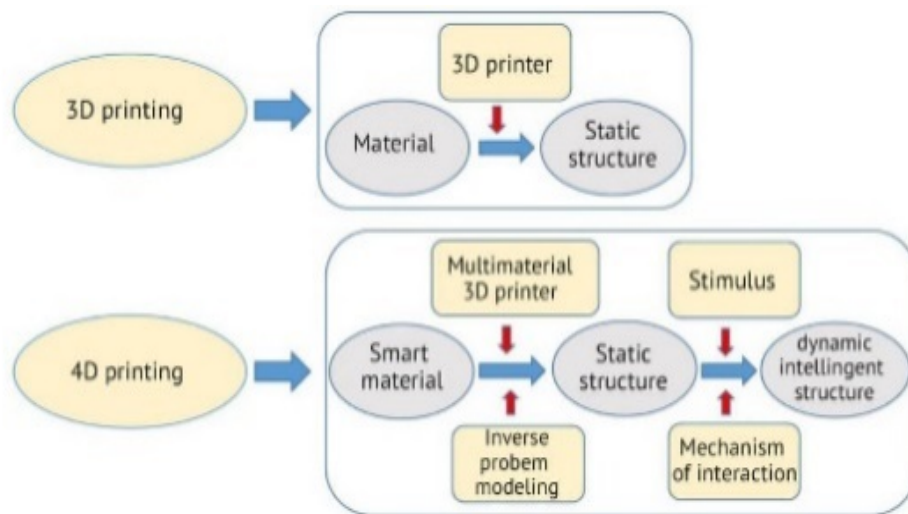


ภาพที่ ๑ กระบวนการผลิตแบบการพิมพ์ ๓ มิติ (ที่มา Gao et al., 2018)

เริ่มตั้งแต่การสร้างต้นแบบของวัตถุ ๓ มิติ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นไฟล์ดิจิทัล ๓ มิติ ซึ่งโปรแกรมเหล่านี้มีจำนวนมากในปัจจุบันที่เป็นโอเพ่นซอร์ส (open source) เช่น Fusion 360, Maya, Metasequoia, Blender, AutoCAD เมื่อได้โมเดลวัตถุ ๓ มิติเป็นไฟล์ดิจิทัลแล้ว เวลาเริ่มพิมพ์ต้องเซฟไฟล์ในนามสกุล .stl ซึ่งไฟล์ตระกูลนี้สื่อสารกับเครื่องพิมพ์ได้ ไฟล์นี้ถูกตัดแบ่งวัตถุออกเป็นชั้น ๆ (slicing) ซึ่งเป็นหน้าที่ของ slicing software ที่มาพร้อมกับเครื่องพิมพ์ ๓ มิติแต่ละรุ่นและแต่ละยี่ห้อ เมื่อได้ไฟล์ที่ตัดแบ่งชั้นทีละชั้นของวัตถุเรียบร้อยแล้ว ผู้พิมพ์ต้องกำหนดและเตรียมพิมพ์บนแท่นพิมพ์ว่าจะพิมพ์วัตถุที่ขึ้น (การทำซ้ำ) และพิมพ์ในแนวใด (layout) เช่น แนวตั้ง แนวนอน ซึ่งมีผลต่อการสร้างชั้นพยางค์และความเรียบของผิววัตถุในการพิมพ์ ส่วนขั้นตอนเข้าสู่กระบวนการพิมพ์โดยเครื่องพิมพ์ ๓ มิตินั้น เครื่องพิมพ์ตัดชิ้นงานเป็นชั้น ๆ และบังคับให้หัวพิมพ์ของเครื่องพิมพ์พิมพ์ตามโปรแกรมโดยซอฟต์แวร์ เมื่อส่งไฟล์นี้ไปยังเครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์จะพิมพ์ผลิตภัณฑ์ ๓ มิติ ตามคำสั่งในโปรแกรมจนได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกมา กล่าวคือ เครื่องพิมพ์จะสร้างเนื้อ

วัตถุชิ้นที่ละชิ้นตั้งแต่ชิ้นแรกใน แนวแกน X และ Y บนพื้นราบที่ละชิ้นทับกันตามลำดับจนชั้นสุดท้ายของวัตถุ จึงได้วัตถุ ๓ มิติ ในการผลิตวัตถุบางชิ้นมักมีความซับซ้อนด้วยเหตุที่มีการผสมวัสดุหลายชนิด บางครั้งต้องมีการ ต่อวงจรไฟฟ้าร่วมด้วย ผู้ผลิตต้องสร้างไฟล์ในแต่ละชิ้นเป็นส่วนที่แยกออกจากกันและนำมาประกอบกันเป็นชิ้น สำเร็จอีกครั้งในขั้นตอนหลังพิมพ์ สำหรับขั้นตอนหลังพิมพ์นั้น หากมีส่วนของชั้นพยาง (support) ที่เครื่องพิมพ์ สร้างขึ้นมาระหว่างพิมพ์เพื่อการค้ำยันโครงสร้างของวัตถุนั้น จะต้องตัดส่วนนี้ออกไปจากวัตถุที่พิมพ์ได้เพื่อให้ เป็นชิ้นวัตถุที่สมบูรณ์

กระบวนการผลิตในการพิมพ์ ๓ มิตินั้น มีวิวัฒนาการและพัฒนาต่อไปสู่การพิมพ์ ๔ มิติ เมื่อวัตถุสำเร็จ ออกจากเครื่องพิมพ์ ๓ มิติแล้ว จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลักทางกายภาพใด ๆ ของวัตถุนั้นได้อีก จากการประยุกต์การพิมพ์ ๓ มิติในงานการผลิตหลาย ๆ ด้าน สามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติบางสิ่งบางอย่างได้ ด้วยเพื่อเพิ่มคุณลักษณะในการใช้งาน หรือ เพิ่มมูลค่าสินค้าได้มากขึ้นไปอีก จึงทำให้เกิดการพิมพ์ ๔ มิติ ซึ่ง ขึ้นอยู่ที่วัสดุพิมพ์ที่ใช้มีความสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง วัสดุปราดเปรี๊อง (smart materials) ที่ทำ ให้ชิ้นงานหลังพิมพ์แล้ว สามารถเปลี่ยนสมบัติได้ในเวลาต่อมาด้วยสิ่งเร้าบางประการจากภายนอก ดังนั้น วัสดุ ที่พิมพ์ด้วยการพิมพ์ ๓ มิติ จะมีรูปที่เปลี่ยนจากโครงสร้างนิ่ง (static) กลายเป็นโครงสร้างที่เคลื่อนไหว หรือ พลวัต (dynamic) และมีความสามารถมากขึ้น หรืออาจฉลาดในการรับรู้ขึ้นเป็นวัสดุชนิดฉลาด (active/smart material) ได้ในเวลาต่อมาอีกด้วย ดังภาพที่ ๒ (Ge et al., 2014)



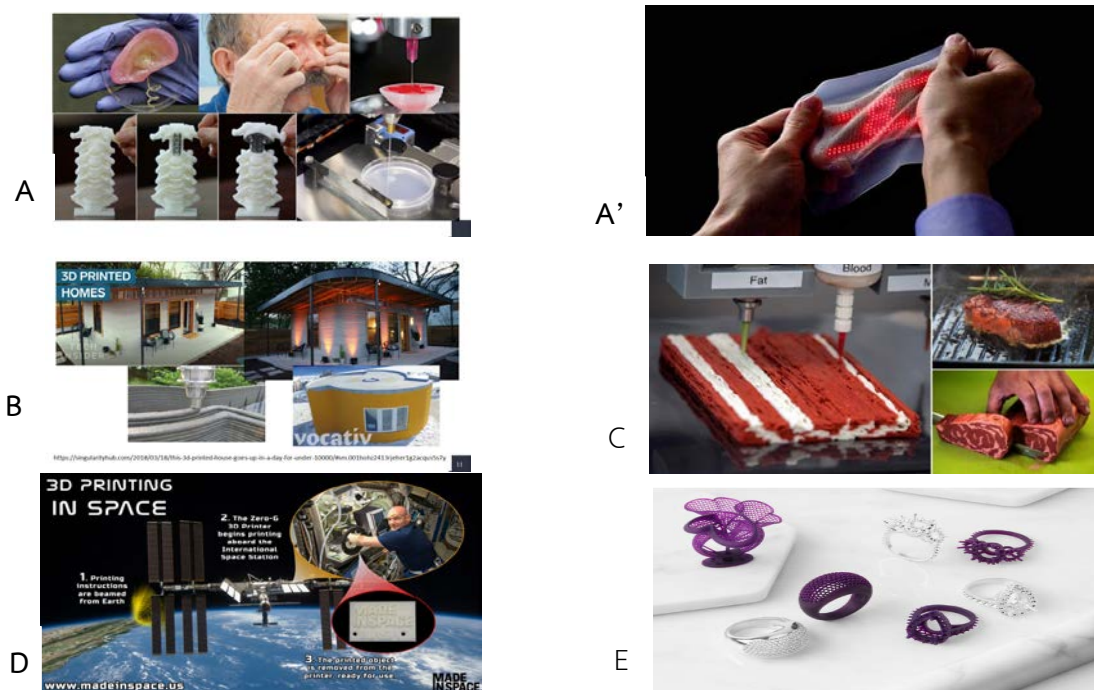
ภาพที่ ๒ การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างการพิมพ์ ๓ มิติ กับ ๔ มิติ (ที่มา Ge et al., 2014)

อุตสาหกรรมการผลิตหลักที่กำลังพัฒนาไปสู่การเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิต

ด้วยเหตุที่โลกการผลิตได้เปลี่ยนไปสู่ยุคการผลิตแบบดิจิทัล มนุษย์ทุกคนก็ต้องเปลี่ยนตามเพื่อความ อยู่รอดและมีความสุขอย่างพอเพียง สำหรับรัฐบาลไทยได้มีการวางแผนเพื่อพัฒนางานวิจัยและพัฒนาในระดับ ห้องปฏิบัติการวิจัยไปสู่การผลิตในระดับสากลที่ใหญ่ขึ้น เพื่อหาความเป็นไปได้ในระดับอุตสาหกรรมที่ประเทศ ที่พัฒนาแล้วได้ก้าวหน้าไปแล้วและประเทศไทยที่ยังอยู่ในระดับเริ่มต้นเหมือนประเทศอื่น ๆ จำนวนมากที่ยัง ตามเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปทั่วโลก ตัวอย่างที่นำมาเสนอนี้มีความก้าวหน้าที่ชัดเจนมาก ดังนี้

๑. การแพทย์ (medical applications) เพื่อพัฒนาด้านการพิมพ์เซลล์และเนื้อเยื่อแทนการทดลองใช้ชีวิตสัตว์ทดลอง งานวิจัยด้านการผลิตอวัยวะเทียม เช่น พิมพ์ไต พิมพ์หัวใจ เพื่อศึกษาก่อนการผ่าตัดจริงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ส่วนการพิมพ์ชิ้นส่วนของร่างกาย เช่น ในด้านออร์โทพีดิกส์ ศัลยกรรมตกแต่งจากความพิการ รากฟันเทียม การพิมพ์ฟันในทันตกรรม รองเท้าสำหรับผู้ป่วยหลากหลายโรค การพิมพ์เซลล์ ผิวหนัง อีเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมสภาพร่างกาย (ภาพที่ ๓A และ ๓A')

๒. อุตสาหกรรมยานยนต์ (automotive industry) เพื่อผลิตชิ้นส่วนของรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้วัสดุที่มาจากธรรมชาติแทนวัสดุที่มาจากปิโตรเลียมและปิโตรเคมี เพื่อลดภาวะโลกร้อนจากการปล่อยแก๊สอันตรรายต่าง ๆ เพื่อให้คุณภาพชีวิตของชาวโลกดีขึ้น นอกจากนี้ ยังสามารถพิมพ์พลาสติกวิศวกรรมผสมโลหะ หรือพอลิคอมพอสิต รูปแบบของรถยนต์ไฟฟ้าที่ผลิตจากระบบการพิมพ์ ๓ มิติ ยังไม่ได้ทำเต็มทุกชิ้นส่วนของรถทั้งคันและอยู่ในระหว่างการพัฒนา



ภาพที่ ๓ ตัวอย่างของผลงานแต่ละประเภทงานจากระบบการพิมพ์ ๓ มิติ

(ที่มา Panichkriangkrai et al., 2020)

๓. วิศวกรรมก่อสร้าง (construction engineering) เพื่อพิมพ์บ้านด้วยวัสดุที่ใกล้เคียงกับที่ใช้สร้างอาคารหรือบ้านที่มีราคาถูกลง นอกจากนี้ ยังใช้เทคนิคการพิมพ์ ๓ มิติ ผลิตสาธารณูปโภคอื่น ๆ เช่น สะพานทางข้ามคลอง ป้อมยามสำหรับผู้รักษาความปลอดภัยในหมู่บ้าน หรือพิพิธภัณฑ์ในรูปแบบและสไตล์ต่าง ๆ (ภาพที่ ๓B) (Panichkriangkrai et al., 2020)

๔. การพิมพ์อาหารตรงเหตุ อาหารเฉพาะบุคคล (precision or personalized food) เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของบุคคลหลายระดับโดยเฉพาะผู้ป่วย ตั้งแต่การบริการอาหารสดตรงดงามในภัตตาคารหรู อาหารสำหรับผู้บกพร่องการเคี้ยวการกลืน ผู้สูงอายุ หรือ สำหรับเด็กเล็กสอนให้ทานผักโดยการ

พิมพ์อาหารเป็นตัวการ์ตูนที่ชื่นชอบ นอกจากนี้ วงการผลิตอาหารได้สร้างเมนูอาหารโปรตีนจากผักหรือการผลิตเนื้อสัตว์เทียมจากเซลล์ ๒ ชนิดจากสัตว์ (ภาพที่ ๓C) เช่น เนื้อวากิว หรือ สัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยไม่ต้องฆ่าตัว แต่โดยการเพาะปลูกเนื้อสัตว์เนื้ออริบอวย โดยใช้ ‘การพิมพ์ไบโอ’ แบบ ๓ มิติ และใช้เซลล์วัวจริงเป็นจุดตั้งต้น ฟาร์มของอิสราเอลทำงานร่วมกับคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่สถาบันเทคโนโลยี Technion-Israel ก่อนจะออกมาเป็น “เนื้อสัตว์เนื้ออริบอวย” ที่ปราศจากการฆ่าครั้งแรกของโลก (ภาพที่ ๓C)

๕. อุตสาหกรรมการบิน อวกาศ และการป้องกัน (aerospace and defense industry) เป็นการปฏิบัติงานด้านการพิมพ์วัสดุที่ทดแทนที่ต้องใช้ในเที่ยวบินกลับมาสู่โลก ได้มีการใช้งานในสถานีอวกาศขององค์การนาซา เป็นต้น (ภาพที่ ๓D) สำหรับการป้องกันนั้นเป็นการพิมพ์ชิปนาฬิกาพิเศษที่ใช้เฉพาะในกองทัพ เช่น จรวดข้ามทวีป

๖. อุตสาหกรรมการออกแบบอัญมณีและแฟชั่น (jewelry and fashion) เป็นอุตสาหกรรมที่ได้เริ่มต้นออกแบบในแบบขึ้นฝั่งและนำไปใช้ผลิตในขั้นตอนของการพิมพ์ ๓ มิติ เช่น แหวนแพลนซี แหวนมีสไตล์ (ภาพที่ ๓E)

ส่วนการพิมพ์ ๔ มิติ มักได้รับความนิยมในการออกแบบเสื้อผ้าหลากหลายสไตล์ ตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงสีเส้นตามอุณหภูมิของอากาศในแต่ละวัน หรืออาจใช้การทอเส้นใยอ่อนอุปกรณ์ถ่ายภาพขนาดจิ๋ว หรือติดเซนเซอร์สำหรับปรับอุณหภูมิของร่างกายให้มีความสบายตามสภาพอากาศภายนอก และยังมีงานนวัตกรรมอีกจำนวนมากที่อยู่ในระหว่างการวิจัยเพื่อนำสู่ความเป็นไปได้ในการผลิตทางอุตสาหกรรมต่อไป ดังนั้นสิ่งสำคัญมากของการพิมพ์ ๓ มิติ-๔ มิติ มีการวิจัยเพื่อให้ใช้งานได้หลากหลายรูปลักษณะ รวมทั้งความต้องการที่แตกต่างกันตามชนิด คุณภาพ และวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ จึงเป็นโอกาสทองของผู้ที่มีความรู้เรื่องเทคโนโลยีวัสดุ การออกแบบ การมีความรู้ด้านดิจิทัล พร้อมการเลือกใช้เครื่องพิมพ์ที่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุที่เลือก จึงเปิดโอกาสให้มีการสร้างสรรค์พัฒนาต่อไปอย่างต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ เพื่อการผลิตทั้งแบบเฉพาะบุคคลและชนิดอุตสาหกรรม นอกเหนือจากด้านเทคโนโลยี ผู้ที่เข้ามาในตลาดเทคโนโลยีดิจิทัลการพิมพ์ ๓ มิติ-๔ มิติ ต้องมีความรู้เรื่องการตลาดด้วย

บทสรุป

บทความปริทัศน์แบบย่อนี้เสนอการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีการผลิตจากการปฏิบัติอุตสาหกรรม ๓ ครั้ง มาถึงครั้งที่ ๔ นี้ เป็นการปฏิบัติด้านดิจิทัลอย่างมากชนิดที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ผู้ที่จะเข้ามาในตลาดงานและในอุตสาหกรรมเรื่องการพิมพ์ ๓ มิติ และ ๔ มิติ จึงจำเป็นต้องตามเทคโนโลยีอย่างระมัดระวังและทันสมัย ต้องศึกษาหาความรู้ด้านดิจิทัล และตามให้ทันการเปลี่ยนแปลงด้านโปรแกรมและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในอุปกรณ์หลากหลายชนิดที่เกี่ยวข้องการผลิตระบบนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องพิมพ์ที่มีความหลากหลายต้องมีคุณภาพที่สอดคล้องกับวัสดุที่เลือกใช้ รวมทั้งต้องเลือกสแกนเนอร์ที่เหมาะสมกับชนิดของงานเพื่อให้เก็บรายละเอียดของชิ้นงานอย่างครบถ้วนและสมบูรณ์ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Gao, Y., Li, B., Wang, W., Xu, W., Zhou, C. and Jin, Z. (2018) Watching and Safeguarding Your 3D Printer: Online Process Monitoring Against Cyber-Physical Attacks. in: Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technology, 2(3), Article 108, pp. 1-27.
- Ge, Q., Dunn, C.K., Qi, H.J. and Dunn, M.L. (2014) Active Origin by 4D Printing. Smart Mater. Struct. 23(9), 094007. DOI:10.1088/0964-1726/23/9/094007
- Panichkriangkrai, C., Silapasuphakornwong, P. and Kiatkamjornwong, S. (2020) From 3D Printing to 4D printing and Applications of Digital Technologies: A Brief Literature Review. KMUTT Res. Dev. J. 45(4), 385-423.