The Effects of Low Cost 3D Printers on Product Development in the Industries

Dararat Tathong*

Jarunee Wonglimpiyarat**

Received: May 17, 2017 / Accepted: January 11, 2019

Abstract

This research studies the effects of low cost 3D printers on product development process in Thailand's industries. In particular, the research explores the dimensions of time effects and cost effects associated with the use of low cost 3D printers. This study also analyses the factors influencing the adoption of 3D printing technology and low cost 3D printers. The analysis is based on the innovation diffusion model. This research integrates quantitative and qualitative approaches and involves the use of questionnaire survey as well as the conduct of in-depth interviews. A sampling group includes the industries of electricity, electronics, automotive, architecture and design, gems and jewelry, pharmaceutical and medicine manufacturing and others.

The findings reveal that the use of low cost 3D printers has effects on the product development process. The ranking factors influencing such process from high to low are: 1. Time effects which include 1.1 Communication 1.2 Personnel 1.3 Cross functional work; 2. Cost effects which include 2.1 Risks 2.2 Cost of product development 2.3 Personnel. The analyses of findings have shown that the factors affecting the adoption of low cost 3D printers are 1) Top management 2) Alternative technology 3) Design complexity 4) Technical complexity. The study reflects the perspective and trend in using innovation to improve efficiency and performance of the product development process. Rapid prototyping technology has been used to reduce time and costs of product development. These attributes affect the rate of low cost 3D printers' adoption.

Keywords: New product development, 3D printing technology, 3D printers, Rapid prototyping technology, Adoption and diffusion of innovation

* Master of Science in Technology Management, College of Innovation, Thammasat University
** Corresponding Author, Lecturer, College of Innovation, Thammasat University

ISSN 1905-6826
Journal Homepage : http://mba.nida.ac.th
The Effects of Low Cost 3D Printers on Product Development in the Industries, P.123-155

ผลกระทบจากเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม

ดารารัตน์ ทาทอง*
จารุณี วงศ์ลิมปิยะรัตน์**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบจากเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมของประเทศไทย ได้แก่ ผลกระทบด้านเวลา ผลกระทบด้านต้นทุน กรณีการทำงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ (Low Cost 3D Printer) รวมถึงการศึกษาปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติบนกรอบแนวคิดการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation) ด้วยรูปแบบการวิจัยแบบผสมผสาน ผ่านแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึกจากกลุ่มอุตสาหกรรม ประกอบด้วย กลุ่มไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มยานยนต์ กลุ่มสถาปัตยกรรมและการออกแบบ กลุ่มอัญมณีและเครื่องประดับ ด้านการแพทย์ และกลุ่มอื่นๆ ผลพบว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เรียงลำดับปัจจัยมากไปน้อย ดังนี้ 1. ด้านเวลา คือ 1.1 การสื่อสาร 1.2 บุคลากร 1.3 การทำงานข้ามสายงาน 2. ด้านต้นทุน คือ 2.1 ความเสี่ยง 2.2 ค่าใช้จ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 2.3 บุคลากร เมื่อศึกษาปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ พบว่าผู้บริหารคือปัจจัยสำคัญ รองลงมาคือ ทางเลือกเทคโนโลยี ความซับซ้อนด้านการออกแบบและด้านเทคนิค ผลการศึกษาแสดงถึงแนวโน้มการเลือกใช้นวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ เสริมประสิทธิภาพการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยการสร้างต้นแบบเร็ว เพื่อลดเวลา ลดค่าใช้จ่าย นำไปสู่การยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่, เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ, เครื่องพิมพ์ 3 มิติ, การสร้างต้นแบบเร็ว, การแพร่กระจายและการยอมรับนวัตกรรม

* มหาบัณฑิตสาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
** ผู้ดำเนินการหลัก (Corresponding Author) อาจารย์ประจำ วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. บทนำ (Introduction)

ในสภาวะที่การดำเนินธุรกิจต้องเผชิญกับการแข่งขันอย่างรุนแรง สิ่งที่ทำให้องค์กรคงความสามารถในการแข่งขันได้อย่างยั่งยืนคือ การปรับตัวให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามสถานการณ์โลก ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ความรู้แขนงต่างๆ ก่อให้เกิดการสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือสร้างวิธีการทำงานใหม่ให้ดีกว่าเดิม สำหรับประเทศไทยมีศักยภาพและความพร้อมเพียงพอต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการผลิต ซึ่งการส่งออกของประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับต้นๆ ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงการเป็นศูนย์กลางด้านการผลิต ซึ่งถือว่าเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่สำคัญ และควรพยายามรักษาสถานภาพอันดับการส่งออก แต่เมื่อศึกษาการวิเคราะห์เชิงลึกในภาคการผลิตกลับพบว่ามีปัญหาซึ่งสร้างผลกระทบด้านเวลาและต้นทุนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งยังคงเป็นปัญหาหลักที่ควรได้รับการแก้ไข

สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมของประเทศไทย ผู้วิจัยเห็นว่าการศึกษาผลกระทบด้านการนำเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือการสร้างต้นแบบเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และสร้างความได้เปรียบให้กับองค์กร โดยเฉพาะการแก้ปัญหาด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ตั้งใจนำเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำและการสร้างต้นแบบเร็ว (Rapid Prototype) ศึกษาร่วมกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผ่านรูปแบบจำลองสเตจเกจ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยม โดยพบผลกระทบและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แต่เลือกพิจารณาเฉพาะบางปัจจัยเท่านั้น เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำนั้นมีบทบาทด้านการพัฒนาต้นแบบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเปรียบเสมือนนวัตกรรมใหม่ ดังนั้นจึงศึกษาร่วมกับทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมและการยอมรับนวัตกรรม เพื่อมุ่งลดช่องว่าง (Gap of Knowledge) ทางด้านการแพร่กระจายนวัตกรรมโดยพิจารณาผลกระทบ ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบและการยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำในอุตสาหกรรมของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมของประเทศไทย ประกอบด้วย ผลกระทบด้านเวลา ผลกระทบด้านต้นทุน ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อมีการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสร้างต้นแบบในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2) เพื่อศึกษาปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมและการยอมรับเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ บนกรอบแนวคิดการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลของการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมประเด็นของการลดเวลา ลดต้นทุน กรณีนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำร่วมกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาด้านการยอมรับนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ยังสามารถนำไปปรับใช้กับการศึกษาด้านเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมประเภทอื่นในอนาคต

2. ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม (Review of the Literature)

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาแบบจำลองสเตจเกจ ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังศึกษาและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการยอมรับนวัตกรรมใหม่ เพื่อศึกษาปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับ เมื่อนำเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติใช้สร้างต้นแบบ แบ่งการศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมดังนี้

2.1 ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบจำลองสเตจเกจ (Stage-Gate Model) ของ Robert G. Cooper (1980) เริ่มต้นจากการพัฒนาแนวความคิดจนกระทั่งการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นสามารถออกสู่ตลาดเพื่อจำหน่ายครั้งแรก (Idea-to-Launch) (Cooper & Kleinschmidt, 1993; Cooper, 1994; Griffin, 1997; Cooper, Edgett, & Kleinschmidt, 2005) เมื่อศึกษากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development: NPD) ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นหลายขั้นตอน (Stages) ระหว่างขั้นมีประตูประเมินสถานการณ์ (Gates) เพื่อตรวจสอบว่าแต่ละขั้นของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรดำเนินการต่อหรือล้มเลิกโครงการ (Go/Kill) (Cooper & Kleinschmidt, 1986) เมื่อศึกษากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วมกับการพัฒนาต้นแบบ (Protwotype Development) พบว่า ความคิดและจินตนาการถูกทดสอบแนวคิด (Idea) ได้ด้วยการสร้างต้นแบบ (Weick, 1989) ผ่านการพิจารณาจากผู้เกี่ยวข้อง และต้นแบบยังมีส่วนช่วยให้เกิดการสื่อสารที่มีความชัดเจน แต่อาจเกิดค่าใช้จ่ายซ้ำซ้อนเมื่อพบการปรับปรุงแก้ไข

การทบทวนวรรณกรรมพบว่า การพัฒนาผลิตภัณฑ์มักประสบปัญหาและพบปัจจัยที่สร้างผลกระทบด้านเวลาและต้นทุนอยู่เสมอ เวลากับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงและพึงปฏิบัติก่อน (Afonso, Nunes, Paisana, & Braga, 2008) ซึ่งหากองค์กรใดมีรอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) สั้น และสามารถแนะนำผลิตภัณฑ์สู่ตลาดได้เร็วกว่า (Time to Market) ย่อมได้เปรียบคู่แข่ง (Gupta & Souder, 1998) เนื่องจากการกำหนดราคาและการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี เป็นเหตุให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์ง่ายขึ้น Zirger and Hartley (1996) แสดงให้เห็นว่าความสำเร็จของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่ใช่เพียงการลดชิ้นส่วน หรือการปรับปรุงเพียงเล็กน้อย (Incremental Development) แต่ควรพิจารณาองค์ประกอบของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และโครงสร้างการทำงานขององค์กร ซึ่งช่วยเร่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น (Acceleration Development Techniques) และ ต้นทุนกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เป็นปัจจัยที่สร้างผลกระทบเช่นกัน การวิจัยของ Hopkinson and Dickens (2001) ได้ศึกษาค่าใช้จ่าย (ต้นทุน) โดยเปรียบเทียบระหว่างการสร้างต้นแบบเร็ว (Rapid Prototype) และการสร้างต้นแบบรูปแบบเดิม เช่น การฉีดขึ้นรูป (Injection Molding) ผลการวิเคราะห์ด้านต้นทุนแสดงให้เห็นว่า การสร้างต้นแบบเร็วให้จุดคุ้มทุนดีกว่าเมื่อสร้างชิ้นงานขนาดเล็กจำนวนมากและไม่ต้องการความละเอียด ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิต สร้างต้นแบบได้หลากหลายแม้กระทั่งต้นแบบที่ซับซ้อน ซึ่งการสร้างต้นแบบรูปแบบเดิมอาจจะสร้างได้ยากกว่า ด้วยเหตุนี้เครื่องสร้างต้นแบบเร็วจึงมีโอกาสเป็นที่นิยมในอนาคต

ผลกระทบด้านเวลา

การทำงานข้ามสายงาน (Cross Functional Work)

งานวิจัยของ Zirger and Hartley (1996) และ Sherman, Souder, and Jenssen (2000) แสดงให้เห็นว่า การมีส่วนร่วมวิเคราะห์ ป้องกัน และแก้ไขปัญหา มีอิทธิพลต่อการลดเวลาในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างฝ่ายที่สัมพันธ์กัน (Meyer, 1993) การประสานงานเพิ่มมากขึ้นระหว่างฝ่ายการตลาด ฝ่ายวิจัยและพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ ช่วงการกลั่นกรองความคิด/การป้อนความต้องการในกระบวนการ (Input) การออกแบบ (Design) และการประเมินผล (Evaluation) พบว่าช่วยส่งเสริมให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Hise, O'Neal, Parasuraman, & McNeal, 1990) เช่นเดียวกับ Swink and Song (2007) ชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการระหว่างฝ่ายการตลาดและผู้ผลิตทุกขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลา ดังนั้นการบูรณาการข้ามสายงานมีความสำคัญต่อการจัดการความทับซ้อนในกิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Gerwin & Barrowman, 2002)

การสื่อสารกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Communication)

โดยศึกษาการสื่อสารระหว่างบุคคลภายในองค์กร (Ebrahim, Ahmed, Rashid, & Taha, 2011) และภายนอกองค์กร (Mclvor, Humphreys, & Huang, 2000; Paasivaara & Lassenius, 2001) พบว่าความสำเร็จจากการแลกเปลี่ยนการสื่อสารของสมาชิกในทีมระหว่างองค์กร (Inter-Organizational) และภายในองค์กร (Intra-Organizational) ช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำเร็จอย่างราบรื่น ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและได้รับความนิยมจากลูกค้า ซึ่งงานวิจัยของ Monczka & Trent (1997) และ Primo & Amundson (2002) ชี้ให้เห็นถึงปัญหาและอุปสรรคระหว่างผู้ผลิตกับ Supplier กรณีการเผยแพร่ข้อมูลการออกแบบ และความไม่เชี่ยวชาญของ Supplier เมื่อได้รับโครงการซับซ้อน ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านคุณภาพ ด้านเวลา และค่าใช้จ่ายของโครงการ นอกจากนี้ Eisenhardt and Tabrizi (1995) ได้ศึกษาเรื่องการมีส่วนร่วมพัฒนาผลิตภัณฑ์ระหว่าง Supplier (Supplier Involvement) และผู้ผลิต พบว่าการร่วมมือกันภายในอุตสาหกรรมช่วยให้ปฏิบัติได้ตามเป้าหมาย ลดเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ลดค่าใช้จ่ายการออกแบบใหม่ เป็นผลให้ปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น สร้างความน่าเชื่อถือและได้รับความพึงพอใจจากลูกค้า ปัจจุบันการมีส่วนร่วมยังรวมถึงการแบ่งปันเทคโนโลยีใหม่เพื่อลดค่าใช้จ่าย (Handfield, 1993)

บุคลากรกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Personnel)

บ่อยครั้งที่หลายองค์กรพบความไม่ต่อเนื่องของการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีสาเหตุมาจากบุคลากรผู้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทั้งในระดับปฏิบัติการจนถึงระดับความเชี่ยวชาญ อาทิเช่น วิศวกร นักการตลาด ที่ปรึกษาด้านการขาย ผู้บริหารฝ่ายต่างๆ เมื่อศึกษาความเชี่ยวชาญและการขาดแคลนบุคลากรพบว่าส่งผลกระทบต่อภาคเศรษฐกิจ (Katz, 1986) ขณะที่ประสบการณ์และความชำนาญของบุคลากรนั้นนำไปสู่การสร้างสรรค์ความคิดใหม่ๆ สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการวิเคราะห์แก้ไขปัญหา (O'Reilly, Caldwell, & Barnett, 1989; Turner & Kalman, 2015) ถึงแม้ว่ามีการสรรหาบุคลากรใหม่ หรือการนำเครื่องจักรและเทคโนโลยีใช้ทดแทนจะช่วยผ่อนปรนปัญหา แต่ต้องอาศัยเวลาเพื่อเรียนรู้และฝึกฝนให้เกิดความเชี่ยวชาญซึ่งปัญหาด้านแรงงานยังคงถูกกล่าวถึงอยู่เสมอในตลาดแรงงานของประเทศไทย

ผลกระทบด้านต้นทุน

ค่าใช้จ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Cost of Product Development)

เป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างองค์กรให้คงอยู่อย่างยั่งยืน การวิเคราะห์งบการเงินก่อให้เกิดกำแพงขวางกั้นทางความคิดและการแสดงศักยภาพขององค์กร โดยเฉพาะเมื่อผู้บริหารระดับสูงให้ความสำคัญกับการเงินมากจนเป็นเหตุให้ไม่เกิดการลงทุน องค์กรจึงไม่เกิดการสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ หรือนวัตกรรมกระบวนการ ที่ผ่านมากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ถูกกล่าวถึงประเด็นค่าใช้จ่ายและการลงทุนเสมอ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการประเมินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกขั้นตอน เพื่อลดการปรับปรุงแก้ไขและลดค่าใช้จ่ายซ้ำซ้อน เพื่อป้องกันมิให้เกิดการลงทุนสูญเปล่า (Gagne & Discenza, 1995) และเมื่อศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ซึ่งก่อให้เกิดการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เช่น การเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร การเรียนรู้ การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Merrow, 1989) ยังพบว่าการรับเทคโนโลยีจากภายนอก

อาจจะไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป (Green, Welsh, & Dehler, 1996)

ความเสี่ยง (Risk)

การลงทุนและความเสี่ยงเป็นของคู่กัน องค์กรควรให้ความสำคัญกับการพิจารณาความเสี่ยงทุกครั้งเมื่อเกิดการตัดสินใจ โดยเฉพาะสำหรับโครงการใหม่ ควรบริหารความเสี่ยงในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ (Crawford, 1986; De Brentani, 1986; Kuczmarski, 1988; O' Connor, 1998) ประกอบด้วย การระบุความเสี่ยง (Risk Identification) การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) และการควบคุมความเสี่ยง (Risk Control) ทั้ง 4 ขั้นตอนมีความยากตามที่ Jarrett (2000) ได้เคยกล่าวไว้ว่า *"ความเสี่ยงไม่ได้เป็นเพียงแค่ความน่าจะเป็นของความสำเร็จ แต่อนาคตขององค์กรขึ้นอยู่กับการจัดการความเสี่ยงที่มีทั้งหมดได้อย่างเรียบร้อย"*

บุคลากร (Personnel)

การลาออกของบุคลากรส่งผลต่อการทำงานและต้นทุนการว่าจ้างแรงงาน การขาดบุคลากรผู้มีความชำนาญส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายเมื่อมีการรับบุคลากรใหม่ Turner and Kalman (2015) ชี้ให้เห็นว่าก่อนดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรดำเนินการพัฒนาบุคลากรในองค์กรเสียก่อน เนื่องจากการมีบุคลากรผู้ชำนาญและมีความพร้อมทางด้านทักษะ ถือเป็นคุณค่าและสร้างความได้เปรียบให้กับองค์กร แม้ว่าปัจจุบันคือยุคที่มีการนำหุ่นยนต์และเครื่องจักรอัตโนมัติทดแทนแรงงานมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามความสามารถและศักยภาพของแรงงานมนุษย์ยังคงเป็นที่ต้องการอยู่เสมอ

ผลกระทบด้านเวลาและต้นทุนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นสามารถกำหนดสมมติฐานเพื่อศึกษา ดังนี้

สมมติฐานที่ 1 (H_1) : การทำงานข้ามสายงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำส่งผลให้เวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 2 (H_2) : การสื่อสารร่วมกับการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติส่งผลให้เวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 3 (H_3) : เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำกับบุคลากรส่งผลกระทบด้านเวลาและต้นทุนของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 4 (H_4) : ค่าใช้จ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำจำลองต้นแบบ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 5 (H_5) : ความเสี่ยงของการลงทุนลดลงเมื่อเพิ่มเครื่องพิมพ์ 3 มิติในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

2.2 ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี

"นวัตกรรม" หมายถึง ความคิด การปฏิบัติ หรือการได้มาซึ่งวัตถุใหม่ ถูกรับรู้และยอมรับว่าเป็นสิ่งใหม่ (Rogers, 1983) เป็นการนำวิธีการใหม่ๆ มาปฏิบัติโดยผ่านการพัฒนาเป็นลำดับขั้นตอน เริ่มจากการประดิษฐ์คิดค้น (Invention) จนกระทั่งการพัฒนาสิ่งนั้นได้รับการทดลองหรือทดสอบ ก่อนนำไปใช้จริง (Hughes, 1987) เปรียบเสมือนเครื่องมือของผู้ประกอบการสำหรับการแสวงหาโอกาสในการเปลี่ยนแปลง (Drucker, 1985) และเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้บริษัทมีศักยภาพในการแข่งขัน (Porter, 1980) โดยรวมเทคโนโลยีใหม่และแนวทางใหม่เข้าไว้ด้วยกัน เมื่ออยู่ในบริบทของประเทศไทย สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (2547) ให้คำจำกัดความ นวัตกรรม คือ *"สิ่งใหม่ซึ่งเกิดจากการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม"* แต่ความสำคัญของนวัตกรรมคือการคิดอย่างสร้างสรรค์สำหรับการนำสิ่งใหม่มาใช้

ในกระบวนการให้เหมาะสมกับบริบทเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ สามารถเพิ่มคุณค่าให้กับองค์กร เศรษฐกิจ และสังคม ในรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่หรือรูปแบบของกระบวนการใหม่ที่สนับสนุนซึ่งกันและกันแล้วสร้างคุณค่าให้กับองค์กร นำไปสู่การพัฒนาและสร้างผลิตภัณฑ์ให้มีความโดดเด่น

ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรม (Diffusion of Innovation) หรือทฤษฎีการแพร่กระจายเทคโนโลยี (Diffusion of Technology) ของศาสตราจารย์ Rogers ถูกคิดค้นตั้งแต่ปี 1962 และได้ให้คำนิยามการแพร่กระจายนวัตกรรม หมายถึง "กระบวนการที่นวัตกรรมถูกสื่อสารผ่านช่องทางใดช่องทางหนึ่งท่ามกลางกลุ่มสมาชิกในระบบสังคม" (Rogers, 1983) Katz, Levin, & Hamilton (1963) ให้ความหมายเพิ่มเติมว่า "การแพร่กระจายเป็นการยอมรับแนวความคิดและข้อปฏิบัติของบุคคล โดยอาศัยสื่อหรือช่องทางการสื่อสาร ขึ้นอยู่กับปัจจัยโครงสร้างทางสังคม ระบบวัฒนธรรม และค่านิยมทางสังคม"

ผู้บริหารหรือผู้นำ (Top Management)

การทบทวนวรรณกรรมด้านการแพร่กระจายนวัตกรรม กรณีการเปลี่ยนแปลงในองค์กร พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับวิสัยทัศน์ของผู้บริหารหรือผู้นำ John P. Kotter กล่าวไว้ว่า *"การเปลี่ยนแปลงต้องเริ่มต้นจากพื้นฐานของผู้นำ สิ่งที่ผู้นำต้องปฏิบัติคือ การสร้างระบบและองค์กรตามที่ผู้บริหารต้องการ และต้องถูกยกระดับขึ้นใหม่ทั้งหมด...เพื่อการเปลี่ยนแปลงบางอย่างอันเป็นหนทางการนำไปสู่โอกาสใหม่"* Kotter and Cohen (2012) ได้แนะนำโมเดลการบริหารการเปลี่ยนแปลงเพื่อความสำเร็จ 8 ขั้นตอน ประกอบด้วย

(1) การสร้างบรรยากาศให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Creating a Climate for Change) ได้แก่ การเพิ่มความเร่ง (Increasing Urgency) การสร้างทีมนำการเปลี่ยนแปลง (Building the Guiding Team) การกำหนดทิศทาง (Getting the Right Vision)

(2) การมีส่วนร่วมในองค์กร (Engaging and Enabling the Organization) ได้แก่ การสื่อสารให้ชัดเจน (Communicate for Buy-In) การใช้อำนาจเพื่อการเปลี่ยนแปลง (Empower Action) การสร้างชัยชนะด้วยวลาระยะสั้น (Create Short-Term Wins)

(3) การดำเนินการเปลี่ยนแปลงอย่างยั่งยืน (Implementing and Sustaining Change) ได้แก่ การสร้างความต่อเนื่อง (Don't Let Up) การรักษาการเปลี่ยนแปลง (Make it Stick)

ภาพลักษณ์และความสำเร็จขององค์กรขึ้นอยู่การขับเคลื่อนทางความคิดและทัศนคติของผู้บริหาร ซึ่งมีบริบทแตกต่างกันและต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถพิเศษ (House, 1976) มีคุณลักษณะมุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงและการสร้างนวัตกรรม (Bass, 1985) โดยเฉพาะผู้บริหารด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ เนื่องจากเป็นผู้ที่มีบทบาทและอิทธิพลต่อความสำเร็จ (Jassawalla & Sashittal, 2000) นอกจากนี้ Golding (1993) แสดงความเห็นว่า ผู้บริหารระดับสูงต้องตกอยู่ในภาวะกดดันทุกครั้งเมื่อต้องปล่อยผลิตภัณฑ์ใหม่ (Launch Product) หรือการกำหนดส่งงาน (Dead Line) หลายงานวิจัยสนับสนุนการเสริมสร้างประสิทธิภาพด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งที่ผู้บริหารควรมุ่งเน้นและให้ความสำคัญ (Sherman et al., 2000; Wang & Lee, 2011) Wiersema and Bantel (1992) ศึกษาบริษัทชั้นนำจาก Fortune พบว่าผู้บริหารระดับสูงที่มีช่วงอายุน้อยมีส่วนสำคัญในการกำหนดทิศทางและการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ขององค์กร แม้ว่าประสบการณ์การดำรงตำแหน่งน้อยแต่ส่วนใหญ่มีความเข้าใจความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีวิสัยทัศน์นำไปสู่การสร้างองค์กรด้วยความคิดสร้างสรรค์

ทางเลือกเทคโนโลยี (Alternative Technology)

ปัจจุบันพบว่านวัตกรรมหรือเทคโนโลยีรอบตัวเราต้องผ่านการยอมรับจากกลุ่มประชากรส่วนหนึ่งและนำไปสู่การแพร่กระจาย เทคโนโลยีในอุตสาหกรรมของประเทศไทยส่วนใหญ่รับมาจากต่างประเทศ (Acquisition Technology) เนื่องจากมีความสะดวกสำหรับการนำมาใช้ แต่มีข้อเสียเมื่อพบว่าผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง มีค่าใช้จ่ายเพื่อซ่อมแซมและบำรุงรักษา ที่สำคัญการรับเทคโนโลยีเป็นเหตุให้ไม่เกิดการพัฒนาต่อยอดจากเทคโนโลยีเดิม และไม่เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ยกตัวอย่างงานวิจัยด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีของ Cusumano and Elenkov (1994) ชี้ให้เห็นว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีของบริษัทเดียวกันแต่อยู่คนละภูมิประเทศ ไม่สามารถให้ประสิทธิภาพดีพอเมื่อเทียบกับการถ่ายโอนจากประเทศเดียวกัน เนื่องจากมีระบบสังคมและวัฒนธรรมเข้ามาเกี่ยวข้อง

2.3 ทฤษฎีการยอมรับนวัตกรรม

Rogers and Shoemakers (1971) กล่าวสรุปถึงคุณลักษณะของนวัตกรรมที่มีผลต่อการยอมรับของคนในสังคมนั้น ประกอบด้วย

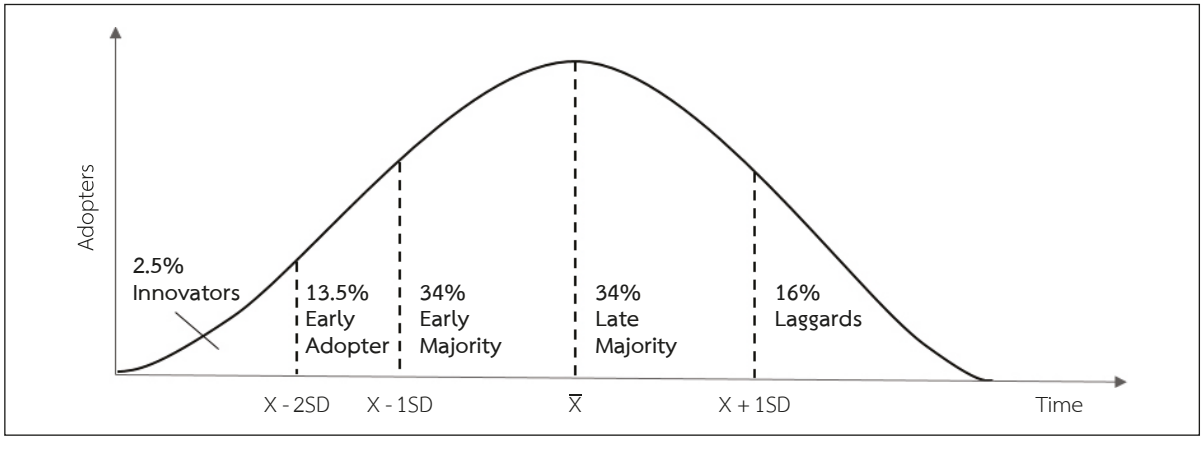
1) ความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบ (Relative Advantage) หมายถึง ผู้ยอมรับนวัตกรรมมองว่านวัตกรรมนั้นดีและมีประโยชน์เมื่อนำมาแทนที่ของเดิม

2) ความเข้ากันได้ (Compatibility) หมายถึง การที่ผู้ยอมรับนวัตกรรมรู้สึกว่านวัตกรรมนั้นมีความเหมาะสมและเข้ากันได้กับตนเอง ในด้านต่างๆ อาทิเช่น ความจำเป็นและความสอดคล้องระหว่างตนเองกับนวัตกรรม ค่านิยม หรือวัฒนธรรม

3) ความซับซ้อน (Complexity) หมายถึง ความสลับซับซ้อนของนวัตกรรมที่บางครั้งยากแก่การเข้าใจ ในขณะที่บางครั้งมีความง่ายและเหมาะสมกับการนำนวัตกรรมนั้นไปใช้

4) การทดลอง (Trial Ability) หมายถึง การที่นวัตกรรมถูกนำออกมาให้ผู้ใช้ได้ทดลองก่อน เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงสำหรับการยอมรับนวัตกรรมของกลุ่มเป้าหมาย

5) การสังเกต (Observability) หมายถึง การที่ผลลัพธ์ของนวัตกรรมนั้นเป็นสิ่งที่สามารถรับรู้ได้โดยสมาชิกในระบบสังคม



ภาพที่ 1 ประเภทของกลุ่มผู้รับนวัตกรรม (Adopter Categories)

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Rogers (2003)

บทสรุปความสำเร็จหรือความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์นวัตกรรมวัดได้จากการยอมรับของคนในสังคม Rogers (2003) กล่าวถึง การยอมรับสิ่งใหม่มาจากกลุ่มคน 5 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มล้ำสมัยหรือกลุ่มนักริเริ่ม (Innovator) กลุ่มนำสมัยหรือกลุ่มยอมรับเร็ว (Early Adopters) กลุ่มทันสมัย (Early Majority) กลุ่มตามสมัย (Late Majority) กลุ่มยอมรับหลังสุดหรือกลุ่มล้าสมัย (Laggards) แสดงสัดส่วนดังภาพที่ 1 การยอมรับนวัตกรรมแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จ แต่ถ้าเกิดอุปสรรคจนนวัตกรรม/เทคโนโลยี รวมถึงผลิตภัณฑ์ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ ย่อมนำพาไปสู่ความล้มเหลว เรียกว่า **"หุบเหวนวัตกรรม หรือ Chasm"** (Wonglimpiyarat & Yuberk, 2005; Burgelmani, Christensen, & Wheelwright, 2009)

จากทบทวนวรรณกรรมพบว่าการยอมรับนวัตกรรม/เทคโนโลยีขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพ การตัดสินใจเลือกนำเทคโนโลยีมาใช้ต้องพิจารณาถึงความสามารถขององค์กรกับความเหมาะสมของเทคโนโลยี (Appropriate Technology) ทั้งในระดับชุมชนหรือระดับประเทศ โดยปกติแล้วองค์กรนำแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาและรูปแบบการพัฒนาตามความเหมาะสมในระยะยาวมาจากประเทศกำลังพัฒนา (Hubbe, 2007) และบ่อยครั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประสบปัญหาด้านการออกแบบที่ซับซ้อน (Complexity) ผู้บริหารต้องพยายามจัดการให้เกิดความเป็นระเบียบ เพื่อลดความซับซ้อนเหล่านั้น Suh (1999) ให้คำนิยามความซับซ้อนทางการออกแบบวิศวกรรม คือ การวัดความไม่แน่นอนของความสำเร็จที่เกิดจากการออกแบบที่ไม่ตรงตามความต้องการ เช่น ในบางครั้งการออกแบบชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการแบบเดิมอาจไม่เพียงพอ ต้องมีการปรับปรุงรูปแบบตามที่ Thompson (2003) ได้กล่าวถึงกระบวนการที่ไม่เป็นมาตรฐาน มีปัจจัยการผลิตและผลของการผลิตที่ไม่ซ้ำกัน ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเฉพาะด้านและมุ่งเน้นการประสานงานระหว่างผู้เชี่ยวชาญ เพื่อสร้างผลลัพธ์เฉพาะโดยการอาศัยเทคโนโลยีแบบเข้มข้น (Incentive Technology)

ความซับซ้อนด้านการออกแบบ (Design Complexity)

เป็นการสร้างจินตนาการโดยปราศจากข้อจำกัดใดๆ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลนำมาวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบหรือทางออกที่เหมาะสม (Jones, 1970) ด้วยเหตุนี้จึงต้องอาศัยกระบวนการช่วยจัดการความซับซ้อนที่เกิดขึ้นจากจินตนาการอันไร้ขีดจำกัด ด้วยการนำอุปกรณ์ เครื่องมือ หรือซอฟต์แวร์เข้ามาเสริมในกระบวนการเพื่อแก้ไขปัญหา (Pimmler & Eppinger, 1994)

ความซับซ้อนด้านเทคนิค (Technical Complexity)

จากการทบทวนวรรณกรรม Robbins (1990) และ Thompson (2003) โดยพิจารณาปัญหาและสาเหตุของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งมาจากความซับซ้อนด้านเทคนิคและกระบวนการต่างๆ เห็นได้ชัดเจนในขั้นตอนการสร้างต้นแบบอาทิเช่น การจำลองต้นแบบจาก โฟม ไม้ กระดาษ แม้ว่าค่าใช้จ่ายการสร้างต้นแบบน้อยแต่ประสิทธิภาพต้นแบบอาจไม่ดีพอ และถ้าเป็นงานที่มีความซับซ้อนมากยิ่งใช้เวลานานมักมีการปรับแก้เสมอ เป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียเวลาและค่าใช้จ่าย

จากทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการแพร่กระจายและการยอมรับนวัตกรรมดังที่กล่าวมาข้างต้น กำหนดเป็นสมมติฐานได้ดังนี้

สมมติฐานที่ 6 (H_6) : ผู้บริหารหรือผู้นำที่มีวิสัยทัศน์การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี ส่งผลให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดีขึ้น โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 7 (H_7) : ทางเลือกเทคโนโลยี ส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 8 (H_8) : ความซับซ้อนด้านการออกแบบ ส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานที่ 9 (H_9) : ความซับซ้อนด้านเทคนิค/กระบวนการ ส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน

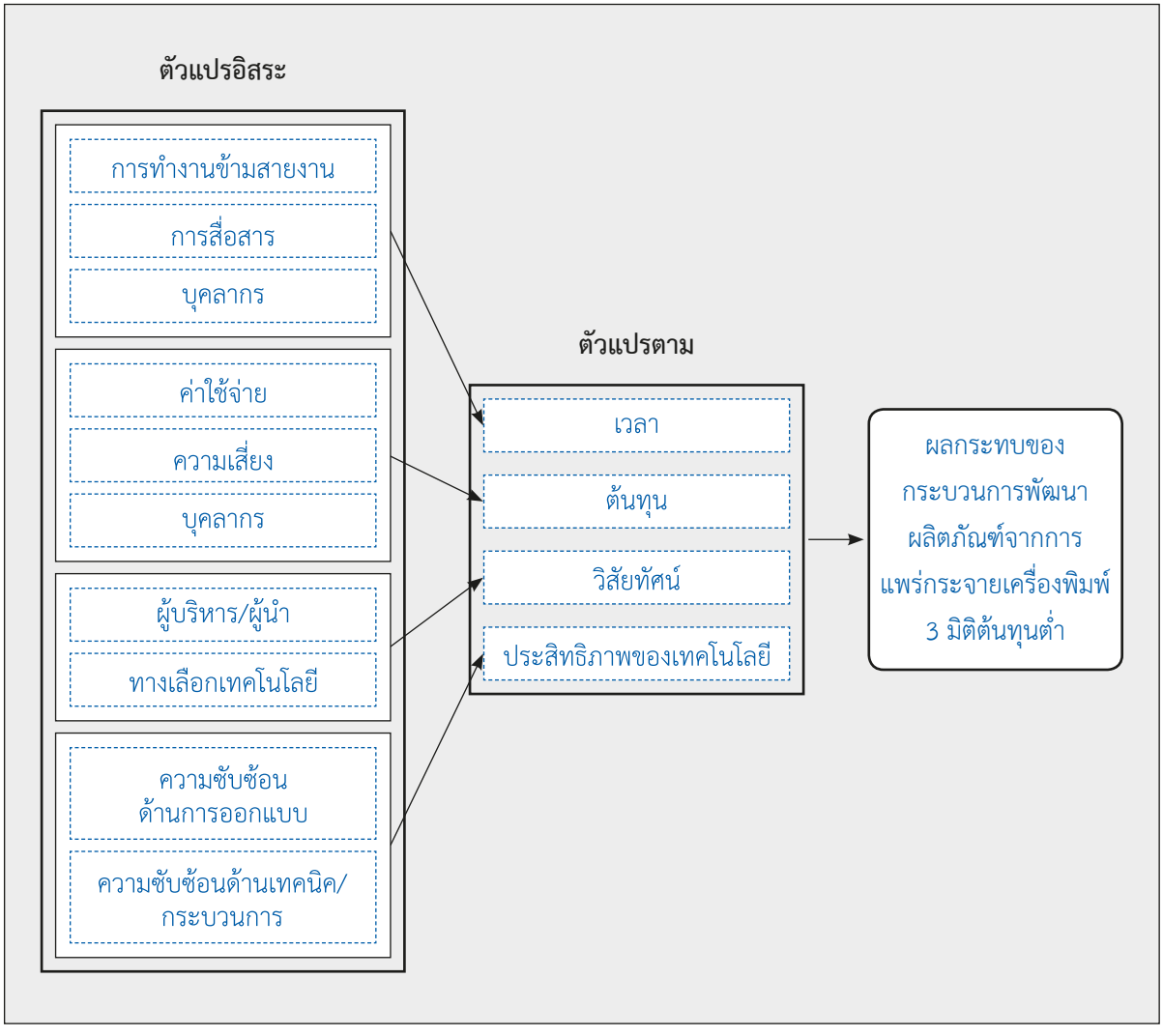
3. ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodologies)

การศึกษาครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method) โดยเลือกศึกษากลุ่มตัวอย่างที่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการสร้างต้นแบบ ประกอบด้วย อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มสถาปัตยกรรมและการออกแบบ อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ อุตสาหกรรมด้านการแพทย์ และกลุ่มอื่นๆ ซึ่งเป็นประชากร บุคคลทั่วไป แบ่งวิธีการประเมิน ดังนี้

1) การวิจัยเชิงปริมาณ เก็บข้อมูลเพื่อประเมินผลผ่านแบบสอบถามจากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นการศึกษาเรื่องที่มีลักษณะเฉพาะ โดยเลือกเฉพาะผู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำนวน 145 ข้อมูล **วิเคราะห์ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)** ประกอบด้วย ข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา ด้านต้นทุน และปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรม และการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา ด้านต้นทุน และปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรม โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ จากนั้นใช้**การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistic)** เพื่อศึกษาข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ดำเนินการทดสอบ ดังนี้ (1) การทดสอบสมมติฐานสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient: r) เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยซึ่งเป็นตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันหรือตรงข้าม (2) วิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม เลือกใช้วิธี Stepwise ในการวิเคราะห์ตัวแปรเข้าสมการและเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (3) การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของอุตสาหกรรมกรณีปัจจัยที่กระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) โดยใช้สถิติ F-Test และหากวิเคราะห์ความแปรปรวนพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จะดำเนินการทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Scheffe ต่อไป

2) การวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) กำหนดผู้ให้สัมภาษณ์แบบเจาะจง ประกอบด้วย ผู้บริหาร ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีประสบการณ์และเกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีอำนาจพิจารณา/ตัดสินใจนำเทคโนโลยีใช้ร่วมกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำนวน 5 องค์กร จาก 5 อุตสาหกรรม ประกอบด้วย กลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มสถาปัตยกรรมและการออกแบบ กลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ และกลุ่มอุตสาหกรรมด้านการแพทย์ นำข้อมูลไปวิเคราะห์เนื้อหาและประมวลผลร่วมกับแนวคิดทฤษฎี ซึ่งประเด็นคำถามประกอบด้วย ภาพรวมปัญหาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การวางแนวทางการแก้ไขรองรับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในอนาคต การแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำในแง่ผลกระทบและประโยชน์

3.1 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ที่มา: ผู้วิจัย

จากทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบจำลองสเตจเกจ ทฤษฎีการแพร่กระจายนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี ทฤษฎีการยอมรับนวัตกรรม โดยศึกษาการแบ่งกลุ่มผู้ยอมรับนวัตกรรมของศาสตราจารย์ Rogers ศึกษาแนวคิดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์หรือวงจรชีวิตอุตสาหกรรม (Industrial Life Cycle) ของ Porter และแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของ Schumpeter (1961) นำมาสู่การสร้างกรอบงานวิจัยและการตั้งสมมติฐาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ผู้วิจัยนำเสนอกรอบแนวคิดการวิจัย โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 ตัวแปรส่งผลด้านเวลา เพื่อใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

- การทำงานข้ามสายงาน - การสื่อสาร - บุคลากร

3.2 ตัวแปรส่งผลด้านต้นทุน เพื่อใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

- ค่าใช้จ่าย - ความเสี่ยง - บุคลากร

3.3 ปัจจัยนำไปสู่การยอมรับนวัตกรรม เพื่อใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.3.1 วิสัยทัศน์

- ผู้บริหาร/ผู้นำ - ทางเลือกเทคโนโลยี

3.3.2 ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี

- ความซับซ้อนด้านการออกแบบ - ความซับซ้อนด้านเทคนิค/กระบวนการ

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล (Results and Discussion)

วิเคราะห์ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยสถิติเชิงพรรณนาผลในตารางที่ 1 และ 3 มีเกณฑ์การให้คะแนนตามระดับความคิดเห็น (Likert Scale) ดังนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายความว่า มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด แสดงว่าปัจจัยด้านนั้นมีผลกระทบมากที่สุด

ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายความว่า มีระดับความคิดเห็นมาก

ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายความว่า มีระดับความคิดเห็นปานกลาง

ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายความว่า มีระดับความคิดเห็นน้อย

ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายความว่า มีระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด แสดงว่าปัจจัยด้านนั้นมีผลกระทบน้อยที่สุด

4.1 ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 การวิจัยเชิงปริมาณประเด็นผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลาและต้นทุน

กรณีศึกษา	ปัจจัยที่สร้างผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	กลุ่มอุตสาหกรรม						รวม	ปัจจัยที่สร้างผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ	กลุ่มอุตสาหกรรม						รวม
		ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ยานยนต์	สถาปัตยกรรมและการออกแบบ	อัญมณีและเครื่องประดับ	ด้านการแพทย์	กลุ่มอื่นๆ			ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	ยานยนต์	สถาปัตยกรรมและการออกแบบ	อัญมณีและเครื่องประดับ	ด้านการแพทย์	กลุ่มอื่นๆ	
ด้านเวลา	การทำงานข้ามสายงาน	3.7	3.49	3.00	3.43	4.08	3.70	**3.62**	การทำงานข้ามสายงาน	3.87	3.84	3.57	3.86	4.58	4.20	**3.95**
	การสื่อสาร	4.44	4.33	4.57	4.57	4.75	4.60	**4.47**	การสื่อสาร	4.15	4.22	4.14	4.14	4.58	4.55	**4.26**
	บุคลากร	4.26	4.11	4.43	4.29	4.75	4.70	**4.32**	บุคลากร	3.83	3.73	3.71	3.14	4.17	3.90	**3.80**
ด้านต้นทุน	ค่าใช้จ่าย	3.80	3.82	4.14	3.86	4.58	4.10	**4.93**	ค่าใช้จ่าย	3.80	3.98	3.86	4.00	4.33	4.60	**4.02**
		4.00	3.96	4.57	3.86	4.33	4.25	**4.07**		3.98	3.84	3.86	3.71	4.58	4.35	**4.02**
	ความเสี่ยง	3.74	3.82	4.43	3.57	4.92	4.00	**3.84**	ความเสี่ยง	3.93	3.89	3.86	3.86	4.25	4.15	**3.97**
		4.13	4.44	4.57	4.00	4.75	4.15	**4.30**		3.96	3.89	4.29	3.86	4.17	4.25	**4.01**
	บุคลากร	3.89	4.13	4.14	3.86	4.17	4.30	**4.06**	บุคลากร	3.67	3.93	3.57	3.43	3.67	3.80	**3.75**
										3.56	3.91	3.43	2.86	3.25	3.45	**3.59**
การยอมรับนวัตกรรม	ความเหมาะสมเทคโนโลยี	3.76	3.67	4.00	4.00	3.92	4.15	**3.82**	ความเหมาะสมเทคโนโลยี	3.85	4.09	3.71	3.57	3.92	4.00	**3.93**
	เวลาส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	4.13	4.29	4.57	3.86	4.33	4.55	**4.26**	เวลาส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	3.69	3.82	3.86	3.14	3.92	4.15	**3.79**
	ต้นทุนส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	4.06	3.96	4.43	3.57	4.33	4.25	**4.07**	ต้นทุนส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	3.56	3.67	3.86	2.86	4.00	3.95	**3.66**
	ต้องการทดลองนวัตกรรม	4.19	4.40	4.57	4.57	4.42	4.80	**4.40**	ต้องการทดลองนวัตกรรม	3.89	4.16	3.57	3.71	4.00	4.11	**3.99**
สร้างต้นแบบ	มีการสร้างต้นแบบ	38	34	7	5	7	16	**108**	มีการสร้างต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ/เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ	5	1	1	0	1	10	**18**

ที่มา: จากการรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยผู้วิจัย

ผลการวิจัยเชิงปริมาณในตารางที่ 1 พบว่า การสื่อสารส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลามากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม 4.47) เมื่อได้รับรู้และเห็นประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ พบว่าการสื่อสารส่งผลกระทบด้านเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม 4.26) กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านการแพทย์ และกลุ่มอื่นๆ แสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนน-เห็นด้วยมากที่สุด ขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสถาปัตยกรรมและการออกแบบ กลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ แสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนน-เห็นด้วยมาก ความเสี่ยงส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุนมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยรวม 4.30) เมื่อรับรู้และเห็นประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ผลมีการเปลี่ยนแปลงโดยค่าใช้จ่ายมีค่าเฉลี่ยรวมมากที่สุด (4.02) แบ่งเป็น 2 กรณี (1) ค่าใช้จ่ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ โดยกลุ่มตัวอย่างแสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนน-เห็นด้วยมากที่สุด มี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านการแพทย์ และกลุ่มอื่นๆ ขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มสถาปัตยกรรมและการออกแบบ กลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ แสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนน-เห็นด้วยมาก (2) ค่าใช้จ่ายกรณีการสร้างต้นแบบและปัญหาการออกแบบลดลงเมื่อนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสร้างต้นแบบ โดยกลุ่มอุตสาหกรรมด้านการแพทย์และกลุ่มอื่นๆ แสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนน-เห็นด้วยมากที่สุด กลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์ กลุ่มสถาปัตยกรรมและการออกแบบ กลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ แสดงความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแต่ละกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คะแนน-เห็นด้วยมาก

ตารางที่ 2 การวิจัยเชิงคุณภาพประเด็นผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลาและต้นทุน

กลุ่มอุตสาหกรรม	มีการสร้างต้นแบบ	มีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ/เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ	ผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์						ผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ					
			ด้านเวลา			ด้านต้นทุน			ด้านเวลา			ด้านต้นทุน		
			การทำงานข้ามสายงาน	การสื่อสาร	บุคลากร	ค่าใช้จ่าย	ความเสี่ยง	บุคลากร	การทำงานข้ามสายงาน	การสื่อสาร	บุคลากร	ค่าใช้จ่าย	ความเสี่ยง	บุคลากร
สถาปัตยกรรมและการออกแบบ	มี	มี	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
อัญมณีและเครื่องประดับ	มี	มี	●	●	●	●		●	●	●		●	●	●
ด้านการแพทย์	มี	ไม่มี	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	มี	ไม่มี	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ยานยนต์	มี	ไม่มี	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●

ที่มา: จากการรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยผู้วิจัย

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ ● แสดงถึงประเด็นที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลาและต้นทุน

ผลการวิจัยเชิงคุณภาพประเด็นผลกระทบการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลาและต้นทุนในตารางที่ 2 พบว่า ส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าการทำงานข้ามสายงานและการสื่อสารเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ค่าใช้จ่ายและบุคลากรส่งผลกระทบด้านต้นทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เมื่อได้รับรู้ถึงประสิทธิภาพและการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ การทำงานข้ามสายงานและการสื่อสารส่งผลกระทบด้านเวลาในลักษณะดีขึ้น ช่วยลดเวลาโดยที่ทุกกลุ่มอุตสาหกรรมเห็นด้วยกับ 2 ปัจจัยนี้ สำหรับปัจจัยด้านความเสี่ยงและบุคลากรส่งผลกระทบด้านต้นทุนในลักษณะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น สามารถลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นไปในทางเห็นด้วย มีเพียงกลุ่มอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับที่แสดงความเห็นไม่มั่นใจกรณีเรื่องค่าใช้จ่ายลดลง

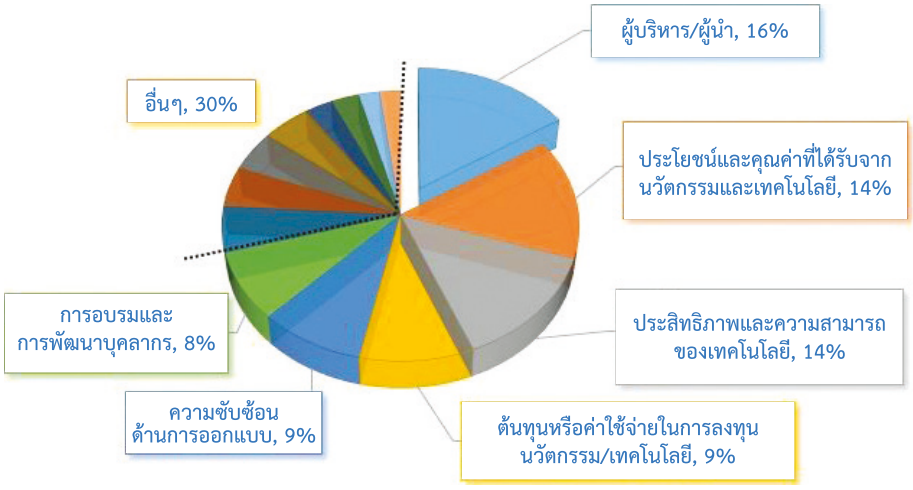
ตารางที่ 3 การวิจัยเชิงปริมาณประเด็นการยอมรับนวัตกรรม

กลุ่มอุตสาหกรรม	การยอมรับนวัตกรรม				การยอมรับนวัตกรรม กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ			
	ความเหมาะสมของเทคโนโลยี	เวลาส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ต้นทุนส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ความต้องการทดลองนวัตกรรม	ความเหมาะสมของเทคโนโลยี	เวลาส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ต้นทุนส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ความต้องการทดลองนวัตกรรม
ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	3.76	4.13	4.06	4.19	3.85	3.69	3.56	3.89
ยานยนต์	3.67	4.29	3.96	4.40	4.09	3.82	3.67	4.16
สถาปัตยกรรมและการออกแบบ	4.00	4.57	4.43	4.57	3.71	3.86	3.86	3.57
อัญมณีและเครื่องประดับ	4.00	3.86	3.57	4.57	3.57	3.14	2.86	3.71
ด้านการแพทย์	3.92	4.33	4.33	4.42	3.92	3.92	4.00	4.00
กลุ่มอื่นๆ	4.15	4.55	4.25	4.80	4.00	4.15	3.95	4.11
รวม	**3.82**	**4.26**	**4.07**	**4.40**	**3.93**	**3.79**	**3.66**	**3.99**

ที่มา: จากการรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยผู้วิจัย

สำหรับประเด็นการยอมรับนวัตกรรม แสดงให้เห็นว่าองค์กรส่วนใหญ่มีความต้องการทดลองนวัตกรรมใหม่ (ค่าเฉลี่ยรวม 4.40) โดยเฉพาะกลุ่มอื่นๆ (ค่าเฉลี่ย 4.80) เมื่อกลุ่มตัวอย่างเห็นประสิทธิภาพการสร้างต้นแบบ ความต้องการอยากทดลองนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีค่าเฉลี่ยรวมมากที่สุดเช่นกัน (ค่าเฉลี่ยรวม 3.99) อุตสาหกรรมยานยนต์เห็นด้วยมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.16) สำหรับการขับเคลื่อนองค์กรด้วยเทคโนโลยีไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากขาดวิสัยทัศน์ของผู้บริหารขององค์กร ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากการวิจัยเชิงปริมาณแสดงสัดส่วนได้ดังภาพที่ 3 โดยแสดงให้เห็นถึงปัจจัยด้านผู้บริหาร/ผู้นำเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรม และผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการแสดงความคิดเห็นของผู้บริหาร หรือผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสร้างต้นแบบเบื้องต้นแม้ว่าจะได้รับต้นแบบที่ไม่แข็งแรงมาก แต่การสัมผัสชิ้นงาน

ได้ก่อนช่วยลดความเสี่ยงหรือข้อผิดพลาดอื่นๆ ซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำไม่ได้ก่อให้เกิดความเสียหายแต่ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกับการทำงาน โดยเฉพาะการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 3 ปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรม

ที่มา: จากการรวบรวมข้อมูลภาคสนามโดยผู้วิจัย

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นของปัจจัยที่ส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อนรับรู้และหลังรับรู้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

ผลกระทบ	ปัจจัย	ก่อนรับรู้		หลังรับรู้		t	Sig. (2-tailed)
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ด้านเวลา	การทำงานข้ามสายงาน	3.62	0.94	3.95	0.89	-4.439	0.000
	การสื่อสาร	4.47	0.64	4.26	0.88	2.624	0.010
	บุคลากร	4.32	0.79	3.80	0.99	5.408	0.000
ด้านต้นทุน	ค่าใช้จ่าย (ข้อคำถาม 1)	3.93	0.87	4.02	0.97	-1.112	0.268
	ค่าใช้จ่าย (ข้อคำถาม 2)	4.07	0.82	4.02	0.91	0.576	0.566
	ค่าใช้จ่าย	4.00	0.74	4.02	0.86	-0.304	0.762
	ความเสี่ยง (ข้อคำถาม 1)	3.84	0.81	3.97	0.91	-1.575	0.118
	ความเสี่ยง (ข้อคำถาม 2)	4.30	0.76	4.00	0.95	3.514	0.001
	ความเสี่ยง	4.07	0.65	3.99	0.84	1.220	0.224
	บุคลากร	4.06	0.84	3.67	0.82	4.796	0.000
	รวม	**4.09**	**0.77**	**3.95**	**0.88**	**0.028**	

ที่มา: จากการประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรม

ผลการเปรียบเทียบระดับความคิดเห็นเฉลี่ยของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมก่อนการรับรู้และหลังการรับรู้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ พบว่า (1) ผลกระทบด้านเวลา ประกอบด้วย การทำงานข้ามสายงาน การสื่อสาร บุคลากร ความคิดเห็นเฉลี่ยก่อนรับรู้และหลังรับรู้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 หมายความว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 (2) ผลกระทบด้านต้นทุน ประกอบด้วย บุคลากร ความคิดเห็นเฉลี่ยก่อนรับรู้และหลังรับรู้มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และค่า Sig. น้อยกว่า 0.05 แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05 ยกเว้นปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย และความเสี่ยง ที่ความคิดเห็นเฉลี่ยก่อนรับรู้และหลังรับรู้มีความสัมพันธ์กันและไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 5 การทดสอบความสัมพันธ์ความคิดเห็นของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา และด้านต้นทุน กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำโดยปราศจากการควบคุมตัวแปร

ผลกระทบ	โมเดล	ปัจจัย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	R	R Square	Adjust R Square	t	Sig.	Collinearity Statistics	
			B	Std. Error	Beta						Tolerance	VIF
ด้านเวลา	1	ค่าคงที่	.907	.361		.563[1]	.317	.313	2.511	.013		
		การสื่อสาร	.677	.083	.563				8.156	.000	1.000	1.000
		F-ratio	66.516 Sig. (0.000)									
	2	ค่าคงที่	.451	.384		.597[2]	.357	.348	1.172	.243		
		การสื่อสาร	.580	.087	.482				6.634	.000	.857	1.167
		บุคลากร	.230	.078	.214				2.950	.004	.857	1.167
		F-ratio	39.399 Sig. (0.000)									

ตารางที่ 5 การทดสอบความสัมพันธ์ความคิดเห็นของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา และด้านต้นทุน กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำโดยปราศจากการควบคุมตัวแปร (ต่อ)

ผลกระทบ	โมเดล	ปัจจัย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	R	R Square	Adjust R Square	t	Sig.	Collinearity Statistics	
			B	Std. Error	Beta						Tolerance	VIF
ด้านต้นทุน	3	ค่าคงที่	1.194	.306		.569[3]	.324	.319	3.904	.000		
		ค่าใช้จ่าย	.614	.074	.569				8.274	.000	1.000	1.000
		F-ratio	68.463 Sig. (0.000)									
	4	ค่าคงที่	.791	.319		.611[4]	.374	.365	2.482	.014		
		ค่าใช้จ่าย	.421	.092	.390				4.590	.000	.610	1.640
		ความเสี่ยง	.294	.087	.286				3.360	.001	.610	1.640
		F-ratio	42.341 Sig. (0.000)									
	5	ค่าคงที่	.525	.331		.632[5]	.400	.387	1.588	.114		
		ค่าใช้จ่าย	.360	.093	.334				3.851	.000	.567	1.763
		ความเสี่ยง	.233	.089	.227				2.611	.010	.564	1.773
		บุคลากร	.201	.081	.193				2.486	.014	.707	1.415
		F-ratio	31.317 Sig. (0.000)									

ที่มา: จากการประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรม

[1] Predictors: (Constant), การสื่อสาร
[2] Predictors: (Constant), การสื่อสาร, บุคลากร
[3] Predictors: (Constant), ค่าใช้จ่าย
[4] Predictors: (Constant), ค่าใช้จ่าย, ความเสี่ยง
[5] Predictors: (Constant), ค่าใช้จ่าย, ความเสี่ยง, บุคลากร
ตัวแปรตาม คือ ผลกระทบด้านเวลา และผลกระทบด้านต้นทุน

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) โดยปราศจากการควบคุมตัวแปรใดๆ ซึ่งเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการด้วยวิธี Stepwise เป็นเหตุให้โมเดลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านเวลาประกอบด้วย โมเดลที่ 1 และโมเดลที่ 2 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) พบว่า โมเดลที่ 2 มีค่า 0.357 หรือ 35.7% และผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีค่า F เท่ากับ 39.399 Sig. มีค่า 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (Unstandardized) แสดงให้เห็นว่าผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำขึ้นอยู่กับปัจจัยการสื่อสาร (0.580) และบุคลากร (0.230) พิจารณาปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย โมเดลที่ 3 โมเดลที่ 4 และโมเดลที่ 5 เมื่อพิจารณาผลกระทบด้านต้นทุนจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R Square) พบว่า โมเดลที่ 5 มีค่า 0.411 หรือ 41.1% ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีค่า F เท่ากับ 32.809 Sig. มีค่า 0.000 ซึ่งน้อยกว่า

ระดับนัยสำคัญ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอยแสดงให้เห็นว่าผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุน กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (0.360) ปัจจัยด้านบุคลากร (0.233) และปัจจัยความเสี่ยง (0.201) โดยที่ทั้ง 5 โมเดลไม่เกิดปัญหา Multicollinearity

ตารางที่ 6 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา และด้านต้นทุน กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำโดยมีตัวแปรควบคุม

ผลกระทบ	โมเดล	ปัจจัย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	R	R Square	Adjust R Square	t	Sig.	Collinearity Statistics	
			B	Std. Error	Beta						Tolerance	VIF
ด้านเวลา	1	ค่าคงที่	.907	.361		.563[1]	.317	.313	2.511	.013		
		การสื่อสาร	.677	.083	.563				8.156	.000	1.000	1.000
		F-ratio	66.516 Sig. (0.000)									
	2	ค่าคงที่	.451	.384		.597[2]	.357	.348	1.172	.243		
		การสื่อสาร	.580	.087	.482				6.634	.000	.857	1.167
		บุคลากร	.230	.078	.214				2.950	.004	.857	1.167
		F-ratio	39.399 Sig. (0.000)									
ด้านต้นทุน	3	ค่าคงที่	1.194	.306		.569[3]	.324	.319	3.904	.000		
		ค่าใช้จ่าย	.614	.074	.569				8.274	.000	1.000	1.000
		F-ratio	68.463 Sig. (0.000)									
	4	ค่าคงที่	.791	.319		.611[4]	.374	.365	2.482	.014		
		ค่าใช้จ่าย	.421	.092	.390				4.590	.000	.610	1.640
		ความเสี่ยง	.294	.087	.286				3.360	.001	.610	1.640
		F-ratio	42.341 Sig. (0.000)									
	5	ค่าคงที่	.525	.331		.632[5]	.400	.387	1.034	.303		
		ค่าใช้จ่าย	.360	.093	.334				2.567	.011	.567	1.763
		ความเสี่ยง	.233	.089	.227				2.404	.018	.564	1.773
		บุคลากร	.201	.081	.193				2.365	.019	.707	1.415
		F-ratio	31.317 Sig. (0.000)									

ตารางที่ 6 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเห็นของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา และด้านต้นทุน กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำโดยมีตัวแปรควบคุม (ต่อ)

ผลกระทบ	โมเดล	ปัจจัย	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	R	R Square	Adjust R Square	t	Sig.	Collinearity Statistics	
			B	Std. Error	Beta						Tolerance	VIF
ด้านต้นทุน	6	ค่าคงที่	.610	.329		.647[6]	.419	.402	1.853	.066		
		ค่าใช้จ่าย	.349	.092	.324				3.780	.000	.566	1.768
		ความเสี่ยง	.239	.088	.232				2.705	.008	.564	1.774
		บุคลากร	.192	.080	.184				2.401	.018	.705	1.419
		F-ratio	25.223 Sig. (0.000)									

ที่มา: จากการประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรม

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณโดยการควบคุมตัวแปรกลุ่มอุตสาหกรรม เป็นเหตุให้โมเดลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านเวลา ประกอบด้วยโมเดลที่ 1 และ 2 พบค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R Square) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และสัมประสิทธิ์ความถดถอย (Unstandardized) มีค่าเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณโดยปราศจากการควบคุมตัวแปร แต่สำหรับการพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลกระทบด้านต้นทุนสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการควบคุมตัวแปรกลุ่มอุตสาหกรรมมีความแตกต่างจากการไม่ควบคุมตัวแปร โดยประกอบด้วยโมเดลที่ 3 ถึง 6 และเมื่อพิจารณาโมเดลที่ 6 พบผลกระทบด้านต้นทุนจากค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R Square) มีค่า 0.419 หรือ 41.9% ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีค่า F เท่ากับ 25.223 Sig. มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงให้เห็นว่าผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุน กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านค่าใช้จ่าย (0.349) ปัจจัยด้านบุคลากร (0.239) และปัจจัยความเสี่ยง (0.192)

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) กรณีความคิดเห็นเฉลี่ยปัจจัยที่เกี่ยวกับผลกระทบการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยอมรับนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ

ปัจจัย			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ผลกระทบด้านเวลา	ทำงานข้ามสายงาน	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	7.970/106.692	5/139	1.594 /0.768	2.077	.072
		รวม	114.662	144			
	การสื่อสาร	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	3.868/108.174	5/139	0.774/0.778	.994	.424
		รวม	112.041	144			
	บุคลากร	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	5.148/136.052	5/139	1.030/0.979	1.052	.390
		รวม	141.200	144			
ผลกระทบด้านต้นทุน	ค่าใช้จ่าย 1	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	10.877/124.061	5/139	2.175/0.893	2.437	.038
		รวม	134.938	144			
	ค่าใช้จ่าย 2	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	8.293/110.645	5/139	1.659/0.796	2.084	.071
		รวม	118.938	144			
	ความเสี่ยง 1	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	2.165/116.662	5/139	0.433/0.839	.516	.764
		รวม	118.828	144			
	ความเสี่ยง 2	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	2.920/128.073	5/139	0.584/0.921	.634	.674
		รวม	130.993	144			
	บุคลากร 1	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	2.967/124.095	5/139	0.593/0.893	.665	.651
		รวม	127.062	144			
	บุคลากร 2	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	10.423/128.749	5/139	2.085/0.926	2.251	.053
		รวม	139.172	144			
การยอมรับ	ความเหมาะสมของเทคโนโลยี	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	2.792/136.519	5/139	0.558/0.982	.568	.724
		รวม	139.310	144			
	ผลกระทบต่อเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	6.386/155.407	5/139	1.277/1.118	1.142	.341
		รวม	161.793	144			
	ผลกระทบต่อต้นทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	8.444/129.998	5/139	1.689/0.935	1.806	.116
		รวม	138.441	144			
	ความต้องการทดลองเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ	ระหว่างกลุ่ม/ภายในกลุ่ม	3.785/108.187	5/139	0.757/0.778	.973	.437
		รวม	111.972	144			

ที่มา: จากการประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรม

ผลการทดสอบความแปรปรวนทางเดียวโดยใช้สถิติ F-Test ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยอมรับนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ศึกษาความแตกต่างรายกลุ่มอุตสาหกรรม พบปัจจัยค่าใช้จ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดลง มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 F-Prob 2.437 Sig. มีค่า 0.038 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทดสอบขั้นต่อไปด้วยการเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ (Post Hoc) ด้วยวิธี Scheffe พบความแตกต่างมากที่สุด คือ กลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กับกลุ่มอื่น แต่เมื่อพิจารณาผลทางสถิติของตัวแปรกลับไม่พบคู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

4.2 การอภิปรายผล

1) ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา ด้านต้นทุน โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ

จากการศึกษาผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำพบว่า ปัจจัยการสื่อสารส่งผลกระทบต่อเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุด หากสื่อสารไม่ถูกต้องย่อมก่อให้เกิดความผิดพลาด ปัจจัยด้านบุคลากรส่งผลกระทบเมื่อเกิดภาวะการขาดบุคลากรเป็นเหตุให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขาดความต่อเนื่อง และเมื่อศึกษาผลกระทบด้านต้นทุนพบว่า ปัจจัยด้านความเสี่ยงส่งผลกระทบต่อต้นทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์มากที่สุด เนื่องจากหากไม่ดำเนินการประเมินความเสี่ยงระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาจทำให้เกิดความผิดพลาดและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งผลรองลงมา ขณะที่ปัจจัยด้านการขาดบุคลากรมีส่วนสำคัญมากเช่นกัน แต่สำหรับกลุ่มตัวอย่างบางท่านมองว่าปัจจัยบุคลากรยังไม่ใช่ปัจจัยหลัก เนื่องจากลักษณะเฉพาะของบุคลากรในอุตสาหกรรมนั้นๆ มีความชำนาญและสามารถดำเนินงานอย่างต่อเนื่องแทนกันได้ อาทิเช่น อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ อุตสาหกรรมด้านการแพทย์ แต่สำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาปัตยกรรมและการออกแบบค่อนข้างเห็นด้วยกับการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติใช้สร้างต้นแบบ เนื่องจากอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการสร้างต้นแบบอยู่อย่างสม่ำเสมอ ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน แต่หลังจากได้เรียนรู้และเห็นประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ผลการศึกษาได้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางสร้างผลกระทบเชิงบวกมากกว่าเชิงลบ โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับทฤษฎีกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบจำลองสเตจเกจ (Stage-Gate Model) (Cooper, 1980) ด้วยการประเมินทุกขั้นตอนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างโอกาสให้ผลิตภัณฑ์นั้นสามารถดำเนินการต่อไป ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและสมมติฐานทางการวิจัยให้ผลการสื่อสารร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติส่งผลต่อเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน และไม่พบความแตกต่างรายคู่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุตสาหกรรม แสดงให้เห็นว่าการสัมผัสชิ้นงานต้นแบบย่อมทำให้การสื่อสารมีความชัดเจนมากขึ้น การสื่อสารระหว่างผู้เกี่ยวข้อง การเจรจากับลูกค้าเป็นไปในทางที่ดี นั่นเป็นเพราะการสัมผัสช่วยให้เห็นภาพชัดเจนและสามารถสร้างความเข้าใจให้ตรงกัน สอดคล้องกับการวิจัยของ Mclvor et al. (2000) และ Paasivaara and Lassenius (2001) ได้พยายามชี้ให้เห็นความสำเร็จจากการแลกเปลี่ยนการสื่อสารระหว่างองค์กรการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และตรงกับแนวคิดเรื่องการสร้างต้นแบบเพื่อทดสอบตามแนวคิดของ Weick (1989) ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยให้การทำงานข้ามสายงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติส่งผลกระทบด้านเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่นำมาศึกษามีความคิดเห็นต่อปัจจัยแตกต่างกัน แต่ไม่พบความแตกต่างค่าเฉลี่ยรายคู่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุตสาหกรรม แม้ว่าผลการวิจัยเชิงปริมาณแสดงให้เห็นว่าการทำงานข้ามสายงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำไม่ส่งผลกระทบด้านเวลาของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งขัดแย้ง

กับงานวิจัยของ Zirger & Hartley (1996) และ Sherman et al. (2000) แต่สอดคล้องกับการศึกษาของ Gerwin and Barrowman (2002) และ Swink and Song (2007) นั่นเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างจากอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ขาดประสบการณ์การทำงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ทำให้ไม่มั่นใจว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำกับปัจจัยการทำงานข้ามสายงานจะเอื้อประโยชน์ต่อกัน แต่สำหรับผลการวิจัยเชิงคุณภาพโดยผู้บริหารบางท่านกลับมองว่าการทำงานข้ามสายงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำส่งผลกระทบต่อเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์การสร้างต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างเร็วขึ้น การสัมผัสชิ้นงานช่วยให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายด้วยความละเอียดและความแม่นยำของชิ้นงานเพียงพอต่อการพิจารณาอนุมัติตามแบบที่ร่างไว้ โดยเฉพาะงานต้นแบบที่ต้องอาศัยความประณีต ความละเอียดอ่อนและสื่ออารมณ์ อาทิเช่น เครื่องประดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hise et al. (1990) แต่อย่างไรก็ตามการสร้างต้นแบบด้วยตนเองจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมด้านความรู้และทักษะของบุคลากรเพื่อความชำนาญ นอกจากนี้ ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยความเสี่ยงลดลงเมื่อเพิ่มเครื่องพิมพ์ 3 มิติในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ต้นทุนและค่าใช้จ่ายลดลง โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกันและไม่พบความแตกต่างรายคู่เมื่อเทียบระหว่างอุตสาหกรรม ซึ่งหากขาดการประเมินความเสี่ยงอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วมกับการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำเป็นเหตุให้ปัจจัยด้านความเสี่ยงส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าต้นแบบที่ได้รับจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสามารถช่วยประเมินความเป็นไปได้ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นได้ สอดคล้องกับแนวคิด Jarrett (2000) และการศึกษาปัจจัยความเสี่ยงของ Crawford, (1986), De Brentani (1986), Kuczmarski (1988) และ O' Connor (1998) เพื่อป้องกันความผิดพลาดซึ่งอาจเกิดขึ้นและนำผลเสียด้านค่าใช้จ่ายมาสู่องค์กร แต่สำหรับบางอุตสาหกรรมกลับไม่เห็นด้วย โดยมองว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติไม่ได้ช่วยประเมินความเสี่ยงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น ดังนั้นความเสี่ยงการลงทุนลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องต้นทุนการสร้างต้นแบบเร็ว "Rapid Prototyping for Direct Manufacture" ของ Neil Hopkinson และ Phill Dickens (Hopkinson & Dickens, 2001) ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยสามารถยืนยันว่าค่าใช้จ่ายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ลดลงเมื่อใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำจำลองต้นแบบ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยแตกต่างกัน กรณีศึกษาร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำพบว่า เมื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ร่วมกับการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ไม่สามารถยืนยันได้ว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุนลดลงได้หรือไม่ เช่นเดียวกับ Green et al. (1996) อาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างขาดประสบการณ์และความคุ้นเคยเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ และมีปัจจัยด้านอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง อาทิเช่น วัสดุสำหรับใช้กับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ในแง่ของความสะดวกในการจัดหาวัสดุและราคา ถึงอย่างไรก็ตามการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสร้างต้นแบบนอกจากจะช่วยให้เกิดการสร้างต้นแบบภายในองค์กรโดยที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายว่าจ้างสร้างต้นแบบจากภายนอกแล้ว ยังสามารถปรับเปลี่ยน แก้ไขแบบเพื่อทดลองให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมบูรณ์ การสร้างต้นแบบได้เองก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักออกแบบเพราะไม่มีข้อจำกัดหรือปัจจัยด้านอื่น ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษา Gagne and Discenza (1995) ว่าขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ก่อให้เกิดการเสียค่าใช้จ่ายได้ตลอดเวลา ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติสามารถยืนยันได้ว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำกับบุคลากรส่งผลกระทบด้านเวลาและต้นทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยผลกระทบด้านเวลาพบอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นแตกต่างกันและพบความแตกต่างรายคู่ได้แก่ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กับอุตสาหกรรมอื่น ในขณะที่ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยให้ผลเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำกับบุคลากรส่งผลกระทบด้านเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยแตกต่างกัน

พบความแตกต่างกันมากที่สุด ได้แก่ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์กับอุตสาหกรรมอื่น สำหรับผลกระทบด้านต้นทุน พบผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติยืนยันได้ว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำกับบุคลากรส่งผลกระทบด้านต้นทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกันและไม่พบความแตกต่างรายคู่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอุตสาหกรรม ในขณะที่ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยให้ผลเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำกับบุคลากรส่งผลกระทบด้านต้นทุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยแตกต่างกัน พบคู่ที่มีคะแนนความคิดเห็นเฉลี่ยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์กับกลุ่มอัญมณีและเครื่องประดับ แม้ว่าองค์กรส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้มีการวางนโยบายเพื่อแก้ปัญหาปัจจัยด้านบุคลากร เนื่องจากประสบการณ์ที่ผ่านมาทำให้หลายองค์กรหันมาใส่ใจปัจจัยด้านบุคลากรมากยิ่งขึ้น สามารถแก้ไขได้ด้วยการทำงานหมุนเวียนกัน การเพิ่มทักษะพนักงานให้มีความรู้หลากหลาย และมีความชำนาญ ช่วยให้สามารถทำงานแทนกันได้หากขาดบุคลากร กรณีศึกษาปัจจัยบุคลากรร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำพบว่า ช่วยให้เวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น ลดต้นทุนการว่าจ้าง แต่ต้องอาศัยความชำนาญและทักษะของบุคลากรสำหรับการสร้างต้นแบบ สอดคล้องกับการศึกษาของของ O'Reilly et al. (1989) และ Turner and Kalman (2015)

2) ปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมหรือยอมรับเทคโนโลยีใหม่ของการพิมพ์ 3 มิติในอนาคตบนกรอบแนวคิดการแพร่กระจายเทคโนโลยี (Diffusion of Innovation)

ผลการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์ข้อมูลแบบวิธีสถิติเชิงบรรยายด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อตอบสมมติฐานทั้ง 2 วิธีแสดงให้เห็นว่า ผู้บริหารหรือผู้นำที่มีวิสัยทัศน์การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีส่งผลให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ดีขึ้น โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน จากการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยเพื่อนำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ สำหรับการนำเทคโนโลยีเพิ่มเติมหรือเพื่อปรับปรุงในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่าส่วนใหญ่มีความต้องการทดลองนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ โดยเชื่อว่าการส่งผลให้พัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อย่างเร็วขึ้น นอกจากนี้ยังพบปัจจัยที่มีส่วนสำคัญที่สุดอันดับแรกต่อการยอมรับนวัตกรรม คือ ผู้บริหารและผู้นำ ซึ่งผู้บริหารและผู้นำควรมีคุณสมบัติอันประกอบด้วยภาวะความเป็นผู้นำ มีวิสัยทัศน์ที่ก้าวไกล สามารถกำหนดนโยบายการบริหาร หรือการนำองค์กรไปยังทิศทางเพื่อมุ่งสู่ความสำเร็จ สอดคล้องกับสมมติฐาน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงต้องเริ่มต้นจากพื้นฐานของผู้นำการวางรากฐานเพื่อนำการเปลี่ยนแปลงบางอย่างไปสู่โอกาสใหม่สอดคล้องกับโมเดลการบริหารการเปลี่ยนแปลงเพื่อความสำเร็จของ Kotter and Cohen (2012) เรื่องความคิดและทัศนคติของผู้บริหารและผู้นำมีอิทธิพลต่อความสำเร็จขององค์กร สอดคล้องกับการศึกษาของ House (1976), Bass (1985) และ Jassawalla & Sashittal (2000) ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยแสดงให้เห็นว่าทางเลือกเทคโนโลยีส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน การนำนวัตกรรมเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ นอกจากวิสัยทัศน์ของผู้บริหารแล้ว ส่วนหนึ่งของการพิจารณาตัดสินใจเลือกนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีต้องมาจากคุณสมบัติเฉพาะของนวัตกรรมนั้น นั่นคือประโยชน์และคุณค่าที่ควรได้รับจากนวัตกรรม/เทคโนโลยี รองลงมาคือประสิทธิภาพและความสามารถของเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee, Lee, & Park (2009) ที่ศึกษาถึงความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายในการเลือกรับเทคโนโลยีโดยมุ่งเน้นการพิจารณาเป้าหมายทางเลือกที่มีความซับซ้อนและต้องใช้การลงทุนสูงสุด ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบความคิดเห็นเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กัน เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระดับความคิดเห็นที่มีต่อปัจจัยความซับซ้อนด้านการออกแบบ (Design Complexity) พบว่าไม่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์เนื้อหาพบผู้สนับสนุนปัจจัยด้านความซับซ้อนของการออกแบบ

โดยผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติและผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความซับซ้อนด้านการออกแบบส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และเป็นส่วนหนึ่งของการยอมรับนวัตกรรม โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นต่อปัจจัยไม่แตกต่างกัน การค้นหานวัตกรรมใหม่หรือเทคโนโลยีใหม่เพื่อปรับปรุงกระบวนการออกแบบและสร้างต้นแบบต้องมีคุณลักษณะสามารถแก้ไขปัญหาด้านการสร้างต้นแบบที่ซับซ้อนได้อย่างสะดวก ง่ายและรวดเร็ว สอดคล้องกับการศึกษาของ Pimmler and Eppinger (1994) และ Suh (1999) กรณีนำเครื่องมือหรือซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาความซับซ้อนเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีความเหมาะสม เนื่องจากสร้างต้นแบบจากการออกแบบและร่างแบบที่มีความซับซ้อนมากเหล่านั้นได้ ผลการวิเคราะห์เนื้อหาความซับซ้อนด้านการออกแบบและเทคนิค (Technical/Process Complexity) แสดงให้เห็นว่าความซับซ้อนด้านเทคนิค/กระบวนการ ส่งผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การนำนวัตกรรมเข้ามาเพิ่มเติมในกระบวนการทำงานเพื่อปรับปรุงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม โดยศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ พบว่าความซับซ้อนด้านเทคนิคและกระบวนการเป็นส่วนหนึ่งของการยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ซึ่งสามารถลดความซับซ้อนด้านการสร้างต้นแบบ สอดคล้องกับวรรณกรรมของ Robbins (1990) และ Thompson (2003) แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Kumar (1998) และ Kiyotaa and Okazaki (2005) เรื่องการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีควรต้องพิจารณาปัจจัยด้านการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับองค์กร

4.3 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลา ผลกระทบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต้นทุน และการศึกษาปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำในอนาคต สามารถดำเนินการสรุปผลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1) ผลกระทบต่ออุตสาหกรรมในประเทศไทยที่อาจเปลี่ยนแปลงด้านเวลาและต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อมีการนำการพิมพ์ 3 มิติเข้ามาใช้ในกระบวนการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลาจากกลุ่มตัวอย่างการวิจัยเชิงปริมาณแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยการสื่อสารส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านเวลามากที่สุด โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ยรวม 4.47) กรณีมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำเข้าร่วมกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาคอุตสาหกรรมยังคงให้น้ำหนักปัจจัยการสื่อสารส่งผลกระทบต่อเวลาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ แต่เป็นลักษณะการสื่อสารดีขึ้นเมื่อนำชิ้นงานที่สร้างด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำเป็นสื่อกลางในการสื่อสารร่วมกัน เนื่องจากการเห็นรูปร่างต้นแบบที่มีความชัดเจนช่วยให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงด้านเครื่องมือ เครื่องจักร ด้วยเทคโนโลยีใหม่มีผลต่อกระบวนการทำงาน

การวิเคราะห์ผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากการวิจัยเชิงปริมาณ โดยภาคอุตสาหกรรมในการศึกษาครั้งนี้ให้ความเสี่ยงและความผิดพลาดเป็นสาเหตุให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น โดยแต่ละอุตสาหกรรมมีความคิดเห็นไม่แตกต่างกัน กรณีมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำเข้าร่วมกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาคอุตสาหกรรมมองว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีความเหมาะสมต่อการสร้างต้นแบบในองค์กร โดยเป็นการสร้างต้นแบบเร็ว (Rapid Prototype) ซึ่งมีความแตกต่างจากการสร้างต้นแบบรูปแบบเดิม การสร้างต้นแบบภายในองค์กรช่วยลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการสร้างต้นแบบ เสริมสร้างศักยภาพของบุคลากรให้มีความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ และสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์ภาพรวมของผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากการวิจัยเชิงคุณภาพ แสดงความคิดเห็นไปในแนวทางเห็นด้วยกับปัจจัยการทำงานข้ามสายงาน การสื่อสาร กรณีการทำงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ การสัมผัสชิ้นงานต้นแบบทำให้บุคลากรผู้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และลูกค้า สามารถสร้างความเข้าใจได้ตรงกัน ส่งผลให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น ช่วยลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และลดความเสี่ยง

2) ปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมหรือยอมรับเทคโนโลยีใหม่ของการพิมพ์ 3 มิติในอนาคตบนกรอบแนวคิดการแพร่กระจายเทคโนโลยี (Diffusion of Innovation)

ผลการศึกษาด้วยการวิจัยเชิงปริมาณแสดงให้เห็นว่าองค์กรส่วนใหญ่มีความต้องการทดลองนวัตกรรมใหม่ (ค่าเฉลี่ยรวม 4.40) เมื่อภาคอุตสาหกรรมได้รับรู้และเห็นประสิทธิภาพการสร้างต้นแบบ ความต้องการอยากทดลองนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีค่าเฉลี่ยรวมมากที่สุดเช่นกัน สำหรับการขับเคลื่อนองค์กรด้วยเทคโนโลยีไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากขาดวิสัยทัศน์ของผู้บริหารขององค์กร กลุ่มตัวอย่างจากภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เห็นด้วยกับปัจจัยด้านผู้บริหารผู้นำ (แสดงสัดส่วนดังภาพที่ 3) ซึ่งผู้บริหารเป็นผู้มีอำนาจต่อการพิจารณาเลือกนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี ซึ่งพิจารณาจากการรับรู้ถึงประโยชน์และคุณค่าของนวัตกรรมและเทคโนโลยี รวมถึงการรับรู้ประสิทธิภาพและความสามารถของเทคโนโลยี กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำช่วยให้เห็นมุมมองการนำนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น ความซับซ้อนของการสร้างต้นแบบและการออกแบบ ก่อให้เกิดความสร้างสรรค์สำหรับการสร้างงานและการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ภาพรวมของผู้บริหารจากการวิจัยเชิงคุณภาพ แสดงความคิดเห็นไปในแนวทางเห็นด้วยกับการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสร้างต้นแบบ โดยมองว่า การสร้างต้นแบบเบื้องต้นแม้ว่าจะได้รับต้นแบบที่ไม่แข็งแรงมาก แต่การสัมผัสชิ้นงานเบื้องต้นได้ก่อนช่วยลดความเสี่ยงหรือข้อผิดพลาดอื่นซึ่งอาจเกิดขึ้นระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำไม่ได้ก่อให้เกิดความเสียหายแต่ยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกับการทำงาน โดยเฉพาะการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์

5. บทสรุป ประโยชน์ของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Discussion)

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการนำเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติสร้างต้นแบบ วิวัฒนาการที่ผ่านมาของการสร้างต้นแบบมีการปรับเปลี่ยนให้เข้ากับยุคสมัยพร้อมกับความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครื่องสร้างต้นแบบในอดีต อาทิเช่น เครื่องฉีดขึ้นรูป เครื่องตัดเลเซอร์ ยังคงมีข้อจำกัดเรื่องของเวลาการขึ้นรูปและของเสียจากการสร้างต้นแบบ เปรียบเสมือนการสูญเสียต้นทุน วิวัฒนาการการสร้างต้นแบบมีการปรับเปลี่ยนเพื่อตอบสนองความต้องการของงานด้านต้นแบบจนกลายเป็นเครื่องพิมพ์ 3 มิติในปัจจุบัน ซึ่งมีข้อดีเนื่องจากสามารถสร้างต้นแบบโดยไม่มีเศษวัสดุคงเหลือ ใช้เวลาน้อยลง และหมดปัญหาด้านข้อจำกัดของราคา และมีแนวโน้มว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติจะถูกพัฒนานำไปใช้กับการสร้างต้นแบบในอุตสาหกรรมอื่น อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร และด้านการแพทย์ ซึ่งมีการใช้วัสดุเฉพาะทางเพื่อสร้างต้นแบบ

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทย ตามกรอบแนวคิด Stage Gate Model ของ Robert G. Cooper เพื่อให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง โดยการปรับปรุงกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการนำนวัตกรรม/เทคโนโลยีประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับองค์กร วัดได้จากการสำรวจข้อมูลในการวิจัย

ครั้งนี้พบว่าองค์กรส่วนใหญ่มีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ วิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ การทบทวนและศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลและส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาทิเช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ล่าช้ามีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยภายในองค์กร สำหรับการแก้ไขปัญหาในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลง เช่น การนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ เข้ามาปรับปรุงกระบวนการอยู่เสมอสอดคล้องกับแนวคิดของ Schumpter (1961) และการศึกษาของ Utterback (1996), Damanpour and Aravind (2012) และ Schilling (2013) อาทิเช่น การสร้างต้นแบบจากเครื่องสร้างต้นแบบ การสร้างต้นแบบเร็วถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขององค์กร เพื่อให้องค์กรสามารถขับเคลื่อนอย่างต่อเนื่องและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติที่ได้รับความสนใจและกำลังแพร่หลายในปัจจุบันทำการศึกษาถึงแนวโน้มและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติและเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีโอกาสแพร่กระจายเข้าไปสู่อุตสาหกรรมอื่น รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้จากบุคคลทั่วไปเพื่อสร้างต้นแบบและสรรสร้างงาน แม้ว่าปัจจุบันวิวัฒนาการของการพิมพ์ 3 มิติเมื่อเทียบกับวงจรชีวิตอุตสาหกรรม (Industrial Life Cycle) อยู่ในขั้นอิ่มตัวหรือเติบโตเต็มที่ เนื่องจากผู้พัฒนาหน้าใหม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและพยายามขยายการพัฒนาเครื่องพิมพ์ 3 มิติให้สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายไม่เพียงแต่ใช้ในอุตสาหกรรมเท่านั้น ปัจจุบันเครื่องพิมพ์ 3 มิติได้ถูกนำไปประยุกต์ด้านการศึกษา ทั้งนี้เป็นเพราะบุคคลทั่วไปและเยาวชนให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้น ผลการศึกษาปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสอดคล้องกับลักษณะการยอมรับนวัตกรรมของ (Rogers, 2003) ซึ่งพิสูจน์ให้เห็นแล้วว่าการแพร่กระจายของเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำในประเทศไทยนั้นต้องอาศัยเวลา การนำเสนอประโยชน์และคุณค่าที่พึงได้รับจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติเพื่อให้คนในสังคมเกิดการยอมรับเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์อื่น

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลการวิจัยอันเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางให้ภาคอุตสาหกรรม สำหรับการพิจารณานำนวัตกรรมเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำร่วมกับการทำงานด้านการสร้างต้นแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขององค์กร บทสรุปสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถตอบวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้

5.1 ผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมของประเทศไทยที่อาจเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบด้านเวลา ส่งผลกระทบด้านต้นทุน (ค่าใช้จ่าย) ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เมื่อมีการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำทำงานร่วมกับกระบวนการออกแบบและสร้างต้นแบบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลกระทบที่มีความสำคัญและส่งผลอย่างมากต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทยคือ ผลกระทบด้านเวลา กรณีศึกษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการสร้างต้นแบบเร็ว (Rapid Prototype) ช่วยให้เกิดการสื่อสารที่ชัดเจนระหว่างผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วยผู้เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ผู้บริหาร ฝ่ายการตลาด ซัพพลายเออร์ และลูกค้า ช่วยลดปัญหาการสื่อสารผิดพลาด เนื่องจากการสัมผัสชิ้นงานและเห็นรายละเอียดของชิ้นงานช่วยให้สามารถแก้ไข ปรับปรุงในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความสมบูรณ์ก่อนการผลิตผลิตภัณฑ์จริง (Final Product) การทำงานข้ามสายงานร่วมกับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น ดังนั้นการทำงานข้ามสายงานควบคู่กับการสื่อสารผ่านต้นแบบเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ลดความผิดพลาดการพัฒนาผลิตภัณฑ์

แม้ว่าความไม่ต่อเนื่องสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีสาเหตุจากปัจจัยด้านบุคลากร โดยเฉพาะการขาดบุคลากรซึ่งส่งผลกระทบทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เห็นว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสามารถลดปัญหาด้าน

บุคลากร เนื่องจากการสร้างต้นแบบด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติสร้างผลลัพธ์ให้ได้รับต้นแบบเร็วและมีความแม่นยำมากกว่าการสร้างต้นแบบจากฝีมือแรงงาน และมีความแตกต่างจากการสร้างต้นแบบรูปแบบเดิม เมื่อมีการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำร่วมกับการทำงานในองค์กร องค์กรจำเป็นต้องเพิ่มทักษะ ความชำนาญการสร้างต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำให้บุคลากรเพื่อประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และต่อยอดให้เกิดความคิดสร้างสรรค์สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ผลกระทบที่ส่งผลต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมด้านต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือ ความเสี่ยง และค่าใช้จ่าย การสร้างต้นแบบเพื่อใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นได้ โดยเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำมีราคาเหมาะสมสำหรับการทำงานในองค์กรขนาดเล็กและองค์กรขนาดใหญ่ โดยภาคอุตสาหกรรมเห็นว่าหากสามารถประเมินความเสี่ยงได้ในช่วงระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์

5.2 ปัจจัยที่นำไปสู่การยอมรับนวัตกรรมหรือยอมรับเทคโนโลยีใหม่ของการพิมพ์ 3 มิติในอนาคตบนกรอบแนวคิดการแพร่กระจายเทคโนโลยี (Diffusion of Innovation)

ผลการศึกษาสามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ ประกอบด้วย ผู้บริหาร โดยวิสัยทัศน์ของผู้บริหารมีส่วนสนับสนุนให้เกิดการยอมรับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ไม่เพียงแต่เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติเท่านั้น แต่การนำเทคโนโลยีใหม่หรือนวัตกรรมใหม่มาใช้ร่วมกับการทำงานเปรียบเสมือนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการทำงาน ดังนั้นต้องผ่านการพิจารณาเบื้องต้นถึงความคุ้มค่าของการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ในองค์กร สอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายและการยอมรับนวัตกรรมของศาสตราจารย์ Rogers และแสดงให้เห็นว่าภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทยมีความต้องการทดลองเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ เนื่องจากราคามีความเหมาะสมและคาดว่าสามารถแก้ปัญหาด้านเวลาและต้นทุนของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ โดยการสร้างต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสามารถสร้างต้นแบบที่มีความซับซ้อน สอดคล้องกับแนวคิดของ Suh (1999) และ Thompson (2003)

5.3 ประโยชน์ของงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญและคาดว่าส่งผลกระทบต่อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เมื่อมีการสร้างต้นแบบ (Prototype) จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำเพื่อทดสอบแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยศึกษาปัจจัยการทำงานข้ามสายงาน ปัจจัยการสื่อสาร ปัจจัยด้านบุคลากร ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านความเสี่ยง ผลของการศึกษายืนยันถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมด้านการลดเวลา การลดต้นทุน ซึ่งในทางปฏิบัติอาจมีปัจจัยอื่นๆ อีกที่มีความสำคัญและส่งผลกระทบต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยต่อยอดในอนาคต อีกทั้งผลการศึกษาด้านการยอมรับนวัตกรรมแสดงให้เห็นเป็นที่ประจักษ์แล้วว่าปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการยอมรับนวัตกรรม ซึ่งนอกเหนือจากผู้บริหารแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและน่าศึกษา แม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะมีข้อจำกัดในเรื่องขององค์กรในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย อาจจะมีบางส่วนที่ไม่เคยรู้จักเครื่องพิมพ์ 3 มิติและไม่เคยมีการสร้างต้นแบบเร็ว (Rapid Prototype) ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ดังนั้นข้อมูลบางอย่างนั้นยากแก่การเข้าถึงและเป็นความลับขององค์กร การขอข้อมูลจะเน้นไปที่ความเข้าใจในตัวเทคโนโลยี การแสดงความคิดเห็นส่วนตัว และมุมมองในการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้เสียมากกว่า ที่สำคัญการศึกษาครั้งนี้เสนอให้เห็นแนวทางการศึกษาเพื่อประโยชน์ในการศึกษาต่อไปในอนาคต โดยมีข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ ดังนี้ 1) ควรมุ่งเน้นศึกษาปัจจัยการ

ยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำในอุตสาหกรรมเพียงหนึ่งเดียว เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำสามารถแก้ปัญหาผลกระทบด้านนั้น 2) ควรมีการมุ่งเน้นไปยังอุตสาหกรรมหลักที่มีการสร้างต้นแบบอย่างแท้จริง เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ฯลฯ โดยเปรียบเทียบระหว่าง 2 อุตสาหกรรมเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักและความสำคัญของปัจจัย ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการยอมรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติสำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจ สำหรับข้อเสนอแนะเชิงบริหารผู้วิจัยเสนอแนะว่าภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยควรมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยการนำเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำร่วมกับการทำงานด้านการสร้างต้นแบบเพื่อลดปัญหา และเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้องค์กร นอกจากนี้ควรนำเสนอเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำเข้าสู่ระบบการศึกษา โดยได้รับการสนับสนุนจากบทบาทภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อยกระดับและส่งเสริมคุณภาพการศึกษา อาทิเช่น การสร้างสื่อการเรียนการสอนด้วยการสร้างชิ้นงานต้นแบบจากนวัตกรรม/เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ การเพิ่มเติมหลักสูตรการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างต้นแบบเร็ว โดยใช้เทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติและเครื่องพิมพ์ 3 มิติต้นทุนต่ำ เพื่อเสริมสร้างทักษะและจินตนาการให้กับเยาวชนและนักศึกษา และควรมีการศึกษากลไกและปัจจัยการผลักดันผลิตภัณฑ์เครื่องพิมพ์ 3 มิติไปสู่ประโยชน์เชิงพาณิชย์ในอนาคตต่อไป

References

Afonso, P., Nunes, M., Paisana, A., & Braga, A. (2008). The influence of time-to-market and target costing in the new product development success. *Journal of Production Economics,* 559-568.

Bass, B. M. (1985). *Leadership and performance beyond expectations.* New York: Free Press.

Burgelman, R. A., Christensen, C. M., & Wheelwright, S. C. (2009). *Strategic Management of Technology and Innovation.* Boston: McGraw-Hill.

Cooper, R. G. (1980). Project NewProd: Factors in New Product Success. *European Journal of Marketing, 14*(5/6), 277-292.

Cooper, R. G. (1994). Third-Generation New Product Processes. *Journal of Product Innovation Management, 11*(1), 3-14.

Cooper, R. G., Edgett, S. J., & Kleinschmidt, E. J. (2005). Benchmarking Best NPD Practices-3: The NPD Process & Key Idea-to-Launch Activities. *Research Technology Management, 47,* 43-55.

Cooper, R. G., & Kleinschmidt. (1986). An Investigation into the New Product Process: Steps, Deficiencies, and Impact. J. *Product Innovation Management, 3,* 71-85.

Cooper, R. G., & Kleinschmidt, E. J. (1993). Major new products: What distinguishes the winners in the chemical industry? *Journal of Product Innovation Management, 10,* 90-111.

Crawford, M. C. (1986). Evaluating new products: A system, not an act. *Business Horizons, 29,* 48-55.

Cusumano, M. A., & Elenkov, D. (1994). Linking international technology transfer with strategy and management: a literature commentary. *Research Policy, 23,* 195-215.

Damanpour, F. (1991). Organizational Innovation: A Meta-Analysis of Effects of Determinants and Moderators. *The Academy of Management Journal, 34*(3), 555-590. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/256406

De Brentani, U. (1986). Do firms need a custom-designed new product screening model? *Journal of Product Innovation Management,* 108-119.

Drucker, P. F. (1985). *Innovation and Entrepreneurship: Practice and Principles:* Harper & Row.

Ebrahim, N. A., Ahmed, S., Abdul Rashid, S. H., & Taha, Z. (2011). Managing Communication in New Product Development Process: Virtual R&D Teams and Information Technology. *United Kingdom-Malaysia-Ireland Engineering Science Conference,* 495-502.

Eisenhardt, K. M., & Tabrizi, B. N. (1995). Accelerating Adaptive Processes: Product Innovation in the Global Computer Industry. *Administrative Science Quarterly, 40*(1), 84-110.

Gagne, M. L., & Discenza, R. (1995). Target costing. *Journal of Business & Industrial Marketing, 10*(1), 16-22.

Gerwin, D., & Barrowman, N. J. (2002). An evaluation of research on integrated product development. *Management Science, 48,* 938-953.

Golding, D. (1993). Product Development. *Assembly Automation, 13,* 28-30.

Green, S. G., Welsh, A. M., & Dehler, G. E. (1996). Transferring technology into R&D: a comparison of acquired and in-house product development projects. *Journal of Engineering and Technology Management,* 125-144.

Griffin, A. (1997). *Drivers of NPD success: the 1997 PDMA report.* Chicago.

Gupta, A., & Souder, W. (1998). Key Drivers of Reduced Cycle Time. *Research Technology Management, 41,* 38-43.

Handfield, B. R. (1993). A resource dependence perspective of just-in-time purchasing. *Journal of Operations Management,* 289-311.

Hise, R. T., O'Neal, L., Parasuraman, A., & McNeal, J. U. (1990). Marketing/R&D Interaction in New Product Development: Implications for New Product Success Rates. *Journal of Product Innovation Management,* 7, 142-155.

Hopkinson, N., & Dickens, P. (2001). Rapid prototyping for direct manufacture. *Rapid Prototyping Journal, 7*(4), 197-202.

House, R. J. (1976). A 1976 Theory of Charismatic Leadership. *Working Paper Series 76-06,* 38

Hubbe, M. A. (2007). APPROPRIATE TECHNOLOGY IN AN AGE OF RENEWABLES. "Appropriate technology for sustainability," *Bio Resources, 2*(2), 146-147.

Hughes, T. P. (1987). The evolution of large technological systems. The social construction of technological systems: *New directions in the sociology and history of technology,* 51-82.

Jarrett, E. L. (2000). The Role of Risk in Business Decision-Making, or How To Stop Worrying and Love the Bombs. *Research-Technology Management, 43,* 44-46.

Jassawalla, A. R., & Sashittal, H. C. (2000). Strategies of Effective New Product Team Leaders. *California Management Review, 42*(2), 34-51.

Jones, J. C. (1970). *Design Methods: Seeds of Human Futures.* London: Wiley-Interscience.

Katz, M. (1986). An Analysis of Cooperative Research and Development. *The RAND Journal of Economics, 17*(4), 527-543.

Katz, E., Levin, M. L., & Hamilton, H. (1963). Traditions of Research on the Diffusion of Innovation. *American Sociological Review, 28,* 237-252.

Kiyota, K., & Okazaki, T. (2005). Foreign technology acquisition policy and firm performance in Japan, 1957-1970: Micro-aspects of industrial policy. *International Journal of Industrial Organization, 23*(7-8), 563-586.

Kotter P.J & Cohen S.D (2012). *The Heart of Change.* Boston, Massachusetts: Harvard Business Review Press.

Kuczmarski, T. D. (1988). *Managing New Products: Competing Through Excellence:* Prentice Hall

Kumar, N. (1998). Technology Generation and Technology Transfers in the World Economy: Recent Trends and Implications for Developing Countries. *Science, Technology and Society, 3*(2), 265-306.

Lee, H., Lee, S., & Park, Y. (2009). Selection of technology acquisition mode using the analytic network process. *Mathematical and Computer Modelling,* 1274-1282.

Mclvor, R., Humphreys, P., & Huang, G. (2000). Electronic commerce: re-engineering the buyer-supplier interface. *Business Process Management Journal, 6*(2), 122-138.

Merrow, E. W. (1989). *An Analysis of cost Improvement in Chemical Process Technologies.* Santa Monica, California: The Rand Corporation.

Meyer, C. (1993). Fast Cycle Time: How To Align Purpose, Strategy, and Structure for Speed. *Product Innovation Management.*

Monczka, R. M., & Trent, R. J. (1997). *Purchasing and Sourcing 1997: Trends and Implications.* Center for Advanced Purchasing Studies: Tempe Arizona.

National Innovation Agency. (2004). *Innovation Management for Executives (IMEs), First Edition.* Bangkok: National Innovation Agency, Ministry of Science and Technology.

O'Connor, G. C. (1998). Market learning and radical innovation: A cross case comparison of eight radical innovation projects. *Journal of Product Innovation Management, 15,* 151-166.

O'Reilly, C., Caldwell, D., & Barnett, W. (1989). Work Group Demography, Social Integration, and Turnover. *Administrative Science Quarterly, 34,* 21-37.

Paasivaara, M., & Lassenius, C. (2001). Communication in New Product Development Networks-A Case Study. *In 8th International Product Development Management Conference, Enschede Netherlands, 11-12.6.2001,* 711-725.

Pimmler, T. U., & Eppinger, S. D. (1994). Integration Analysis of Product Decompositions. *ASME Design Theory and Methodology Conference,* Minneapolis, 1-10.

Porter, M. E. (1980). *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors.* Americas: New York: Free Press.

Primo, A. M., & Amundson, S. D. (2002). An exploratory study of the effects of supplier relationships on new product development. *Journal of Operations Management, 20,* 33-52.

Robbins, S. P. (1990). *Organization theory.* Englewoods Cliffs: Prentice Hall.

Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of Innovations: Third Edition.* New York: The Free Press.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations: Fifth Edition.* New York: The Free Press.

Rogers, E. M., & Shoemaker, F. F. (1971). *Communication of Innovations: A Cross-Cultural Approach:* Free Press.

Schilling, M. A. (2013). *Strategic Management of Technological Innovation:* McGraw-Hill Education.

Schumpeter, J. A. (1961). *The Theory of Economic Development. An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle.* Oxford University Press.

Sherman, J. D., Souder, W. E., & Jenssen, S. A. (2000). Differential Effects of the Primary Forms of Cross Functional Integration on Product Development Cycle Time. *Journal of Product Innovation Management,* 257-267.

Suh, N. P. (1999). A Theory of Complexity, Periodicity and the Design Axioms. *Research in Engineering Design,* 116-131.

Swink, M., & Song, M. (2007). Effects of marketing-manufacturing integration on new product development time and competitive advantage. *Journal of Operations Management,* 203-217.

Thompson, J. D. (2003). *Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory.* New Jersey, United States of America: McGraw Hill.

Turner, P. & Kalman, D. (2015) "Make your people before making your products: How to maximize the potential of an inclusive workforce", *Human Resource Management International Digest, 23*(1), 28-31.

Utterback, J. M. (1996). *Mastering the Dynamics of Innovation:* Harvard Business School Press.

Wang, K.-J., & Lee, Y.-H. (2011). The Impact of New Product Strategy on Product Performance and Evaluative Criteria. *British Journal of Arts and Social Sciences, 1,* 106-117.

Weick, K. E. (1989). Theory Construction as Disciplined Imagination. *Academy of Management Review, 14*(4), 516-531.

Wiersema, M. F., & Bantel, K. A. (1992). Top Management Team Demography and Corporate Strategic Change. *Academy of Management Journal, 35,* 91-121.

Wonglimpiyarat, J., & Yuberk, N. (2005). In support of innovation management and Roger's Innovation Diffusion theory. *Gorvernment Information Quarterly, 22,* 411-422.

Zirger B. J. and Hartley J. L.(1996), "The effect of acceleration techniques on product development time," in *IEEE Transactions on Engineering Management, 43*(2), 143-152.